

Vol. 112 N°1

ISSN 2545-8655

ANALES DE LA ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA



Enero – Junio
2025

Anales de la Asociación Química Argentina

Editada desde 1913

Editor en Jefe

Dr. Alberto Lazarowski

Vidirectora Ejecutiva

Dra. Marisa Repetto

Comité Editorial

Dra. Alicia Fernández Cirelli

Dra. Alicia B. Pomilio

Dr. Angel Alonso

Dr. Alberto L. Capparelli

Dra. Norma B. D'Accorso

Dr. Arturo Vitale

Comité Asesor de Dirección de la Revista

Dr. Alan Talevi

Dr. Pablo Duchowicz

Comité Académico Asesor

Dra. Aida Ben Altabef - Universidad Nacional de Tucumán - INQUINOA- CONICET

Dr. Ernesto Calvo – INQUIMAE (UBA-CONICET)

Dr. José Luis Crudo -Jefe Div. Radiofarmacia Básica y aplicada - CNEA

Dr. Carlos O. Della Védova – CEQUINOR (UNLP-CONICET)

Dra. Rosa Erra-Balsells – CIHIDECAR (UBA-CONICET)

Dra. Susana A. Larrondo - UNIDEF-MINDEF-CONICET

Dra. Marta Litter – CNEA-CONICET

Dra. Alicia Penissi – Instituto de Histología y Embriología “Dr. Mario H. Burgos”

Dr. Gustavo Romanelli - Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas

Dr. Rolando Spanevello – Instituto de Química de Rosario (UNR – CONICET)

Dr. Roberto J. J. Williams – INTEMA (UNMdP – CONICET)

Comité Científico Internacional

Prof. Sylvio Canuto - Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Brasil

Prof. Juan M. Díez Tascón - Instituto Nacional del Carbón, INCAR-CSIC, Oviedo, España

Prof. José Elguero - Instituto de Química Médica, Cons. Sup. de Inv. Cient., Madrid, España

Prof. Ivan Gutman - Physical Chemistry, University of Kragujevac, Kragujevac, Serbia

Prof. Arsenio Muñoz de la Peña - Universidad de Extremadura, Badajoz, España

Prof. Emeritus Francisco Tomás Vert - University of Valencia, España

Asistente Editorial

Dr. Arturo A. Vitale

e-mail: anales@aqa.org.ar

Registro de Propiedad Intelectual N° 164.756

Asociación Química Argentina

Sánchez de Bustamante 1749, 1° A

C1425DUH – Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Teléfono: +54 11 5264 4760

<https://www.aqa.org.ar/>

Contenido

Vol. 112, N°1, Enero – Junio de 2025

Editorial.....	pp. 7-7
<i>Sandra Analía Hernández</i>	
Estudio de conceptos químicos mediante sus aplicaciones biológicas....	pp. 8-16
<i>Dulce Nepullén Velázquez, María de Lourdes Gultemirian</i>	
El sistema de escritura china y la tabla periódica de los elementos, una experiencia intercultural.....	pp. 17-25
<i>Andrea de los Ángeles Blengini</i>	
Aportes de la epistemología a la enseñanza de la tabla periódica: ¿un criterio químico para la clasificación de los elementos?.....	pp. 26-34
<i>Rodolfo Vergne</i>	
Integración teoría-práctica: en busca de aprendizajes significativos enfocados en la vida profesional.....	pp. 35-43
<i>Cintia Jimena Fernández, Natalia Andrea Gómez, Claudia Elizabeth Domini, Mariano Garrido</i>	
Potenciando la metodología de la clase invertida a través del uso de material audiovisual: estrategias de educación para estudiantes del siglo XXI.....	pp. 44-53
<i>Virginia Aldabalde, Margarita Brovetto, Guillermo Bragunde, Ivana Núñez, Mariana Pazos, Alejandro Peixoto, Williams Porcal</i>	
Experiencia de nivel universitario en el uso de dos herramientas computacionales de modelado de calidad de aire.....	pp. 54-63
<i>Facundo Manuel Carrizo, Giuliana Munafó, Yamila Soledad Grassi, Mónica Fátima Díaz</i>	
Olimpiadas cromatográficas: integrando la IA en el diseño de actividades lúdicas para la enseñanza de la Farmacognosia.....	pp. 64-73
<i>Jerónimo Ulloa, Vanina Catalano, Ingrid Cufre, Adriana Ouviaña, Malen Saint Martin, Verónica Tarcaya, Catalina van Baren, Flavia Redko</i>	

Accesibilidad en espacios universitarios.....	pp. 74-80
<i>Matías Pila, Javier Carreras, Maricel Caputo, Elías López, Daniela Caichug Rivera, Sergio Laurella</i>	
Una asignatura para la formación en competencias de comunicación y divulgación en másteres de ciencias y de ingenierías: estructura y resultados.....	pp. 81-92
<i>Gabriel Pinto Cañón, Victoria Alcázar Montero</i>	
Cromatografía gaseosa con detector ECD para principiantes: un paso a paso.....	pp. 93-102
<i>Yamila Belén Díaz, Marina Belén Catalano, Facundo Atilio Vallejos, Giselle Anahí Berenstein</i>	
Diseño, caracterización e inmovilización de un material polimérico como práctica de la enseñanza de la química del estado sólido para la carrera de Licenciatura en Química.....	pp. 103-112
<i>Oswaldo José Rosas Rivas, Carlos Alberto López, María Celeste Bernini, Germán Ernesto Gómez</i>	
Puesta en valor de una planta piloto de ingeniería química. Etapa inicial	pp. 113-120
<i>Nancy Saldís, Marcelo Gómez, Claudia Carreño, Carina Colasanto, Susana Martínez, Melina Abregú, Borja Salinas</i>	
Trabajos prácticos de laboratorio y desempeño académico: un estudio comparativo en la asignatura Química General e Inorgánica.....	pp. 121-130
<i>David Possetto, Gabriela Marzari, Fernando Fungo</i>	
Algunas características del estado estacionario del complejo enzima-sustrato.....	pp. 131-140
<i>Nicolás A Garrone, Dara Dobler, Analía Isabel Coralizzi, Eduardo N. Cozza Buccaro</i>	
Prácticas de enseñanza universitaria de química general en diversos contextos: estudio de cohortes 2018 al 2024.....	pp. 141-149
<i>Lucía Odetti, Clarisa Medina, Lucio Eisenack, Sofía Pontoni, Germán Hugo Sánchez</i>	

Los trabajos incluidos en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores. Ni la Asociación Química Argentina, ni quien ha compilado y editado este número de Anales se hacen responsable por las opiniones, resultados o interpretaciones expresadas en los mismos.

Prof. Dra. Sandra A. Hernández, compiladora y editora invitada.

Content

Vol. 112, N°1, January - June 2025

Editorial.....	pp. 7-7
<i>Sandra Analía Hernández</i>	
Study of chemical concepts through their biological applications.....	pp. 8-16
<i>Dulce Nepullén Velázquez, María de Lourdes Gultemirian</i>	
The Chinese writing system and the periodic table of the elements, an intercultural experience.....	pp. 17-25
<i>Andrea de los Ángeles Blengini</i>	
Contributions of epistemology to the teaching of the periodic table: a chemical criterion for the classification of the elements?.....	pp. 26-34
<i>Rodolfo Vergne</i>	
Theory-practice integration: in search of meaningful learning focused on professional life.....	pp. 35-43
<i>Cintia Jimena Fernández, Natalia Andrea Gómez, Claudia Elizabeth Domini, Mariano Garrido</i>	
Enhancing the methodology of the flipped classroom through the use of audiovisual material: education strategies for students of the 21st century.....	pp. 44-53
<i>Virginia Aldabalde, Margarita Brovetto, Guillermo Bragunde, Ivana Núñez, Mariana Pazos, Alejandro Peixoto, Williams Porcal</i>	
University-level experience using two computational air quality modeling tools.....	pp. 54-63
<i>Facundo Manuel Carrizo, Giuliana Munafò, Yamila Soledad Grassi, Mónica Fátima Díaz</i>	
Chromatographic Olympiads: integrating AI into the design of recreational activities for the teaching of Pharmacognosy.....	pp. 64-73
<i>Jerónimo Ulloa, Vanina Catalano, Ingrid Cufre, Adriana Ouviaña, Malen Saint Martin, Verónica Tarcaya, Catalina van Baren, Flavia Redko</i>	

Accessibility in university spaces.....	pp. 74-80
<i>Matías Pila, Javier Carreras, Maricel Caputo, Elías López, Daniela Caichug Rivera, Sergio Laurella</i>	
A subject for training in communication and dissemination skills in science and engineering master's degrees: structure and results.....	pp. 81-92
<i>Gabriel Pinto Cañón, Victoria Alcázar Montero</i>	
Gas chromatography with ECD detector for beginners: a step-by-step guide.....	pp. 93-102
<i>Yamila Belén Diaz, Marina Belén Catalano, Facundo Atilio Vallejos, Giselle Anahí Berenstein</i>	
Design, characterization and immobilization of a polymeric material as a practice for teaching solid-state chemistry for the Bachelor's degree in Chemistry.....	pp. 103-112
<i>Oswaldo José Rosas Rivas, Carlos Alberto López, María Celeste Bernini, Germán Ernesto Gómez</i>	
Enhancement of a chemical engineering pilot plant. Initial stage.....	pp. 113-120
<i>Nancy Saldís, Marcelo Gómez, Claudia Carreño, Carina Colasanto, Susana Martínez, Melina Abregú, Borja Salinas</i>	
Practical laboratory work and academic performance: comparative study in the subject General and Inorganic Chemistry.....	pp. 121-130
<i>David Possetto, Gabriela Marzari, Fernando Fungo</i>	
Some characteristics of the steady state of the enzyme-substrate complex.....	pp. 131-140
<i>Nicolás A Garrone, Dara Dobler, Analía Isabel Coralizzi, Eduardo N. Cozza Buccaro</i>	
University teaching practices of General Chemistry in various contexts: cohort study 2018 to 2024.....	pp. 141-149
<i>Lucía Odetti, Clarisa Medina, Lucio Eisenack, Sofía Pontoni, Germán Hugo Sánchez</i>	

The works included in this publication are the sole responsibility of their authors. Neither the Argentine Chemical Association, nor the person who has compiled and edited this issue of Annals, is responsible for the opinions, results, or interpretations expressed therein.

Prof. Dra. Sandra A. Hernández, compiler and guest editor






Editorial

Estimados Lectores de Anales de la Asociación Química Argentina:

Es un honor para mí compartirles, en esta edición, los trabajos distinguidos por el comité científico que arbitrara las XIII Jornadas Nacionales y X Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica - JEQUSSST 2024, llevadas a cabo, en modalidad virtual, del 29 al 31 de octubre de 2024.

Desde 1994, la División Educación Química de la Asociación Química Argentina promueve espacios de intercambio académico, reconociendo la importancia de la formación continua de docentes e investigadores, tanto en ejercicio como en formación. En esta edición, al cumplirse 30 años de trayectoria, profesionales y estudiantes de todos los niveles educativos —de Argentina y del exterior— se sumaron a la propuesta de compartir ideas, recursos, experiencias e investigaciones vinculadas a la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Químicas y otras disciplinas afines, desde una perspectiva interdisciplinaria.

Los 15 trabajos distinguidos, seleccionados entre los 140 presentados, representan los cinco bloques temáticos propuestos para el encuentro:

-  Bloque 1: Enseñanza, aprendizaje y evaluación de temas de Química
-  Bloque 2: Educación en Química mediada por tecnologías
-  Bloque 3: Accesibilidad y educación inclusiva en la enseñanza de la Química.
-  Bloque 4: Formación Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica
-  Bloque 5: Resultados de proyectos de investigación y de extensión en Química.

Como Editora Invitada, deseo expresar mi sincero agradecimiento al Comité Editorial por haber brindado este valioso espacio para la difusión de investigaciones y prácticas innovadoras en el campo de la educación en Química. Extiendo un especial reconocimiento a los autores por sus comprometidas contribuciones, y a los revisores por sus valiosas sugerencias y aportes, que enriquecieron significativamente la calidad y claridad de las presentaciones incluidas.

Prof. Dra. Sandra A. Hernández
Responsable División Educación Química AQA
Editora Invitada

ESTUDIO DE CONCEPTOS QUÍMICOS MEDIANTE SUS APLICACIONES BIOLÓGICAS

Dulce Nepullén Velázquez¹, María de Lourdes Gultemirian^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo (IML), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

²Instituto de Biodiversidad Neotropical CONICET - Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Autoras correspondientes: dulcevelazquez@csnat.unt.edu.ar, lgultemirian@csnat.unt.edu.ar

Resumen

La materia Química General se encuentra en el primer año de la curricula de las carreras de Licenciatura en Ciencias Biológicas y Profesorado en Ciencias Biológicas y la misma se dicta durante el segundo cuatrimestre del año lectivo. Con la finalidad de que los alumnos puedan relacionar aspectos de su carrera con la química se elaboró una práctica de laboratorio en la cual se enlazaron conceptos de electroquímica con la fisiología de los peces eléctricos. Siendo la pila de Daniell la protagonista en el desarrollo del práctico, los estudiantes observaron los aspectos teóricos de su funcionamiento en clases previas. A su vez, cuentan con los conocimientos básicos necesarios de cómo operan los diferentes organismos vivos, para de esta forma poder realizar una analogía entre las celdas galvánicas y los electrocitos (células que generan electricidad). En esta práctica de laboratorio no solamente se buscó un mejor entendimiento de los principios químicos, sino un mayor entusiasmo hacia la materia ahondando en la naturaleza, para de esta forma comprender que los procesos redox, aunque no se vean a simple vista, son los responsables de las singularidades que se encuentran en la naturaleza como en este caso, lo son, los peces que generan corrientes eléctricas.

Palabras clave: electroquímica; peces eléctricos; pila de Daniell; química general; laboratorio.

STUDY OF CHEMICAL CONCEPTS THROUGH THEIR BIOLOGICAL APPLICATIONS

Abstract

General Chemistry is in the first year of the curriculum of the bachelor's degree in Biological Sciences and Teaching in Biological Sciences and it is taught during the second semester of the school year. For students to be able to relate aspects of their career to chemistry, a laboratory practice was developed in which electrochemistry concepts were linked with the physiology of electric fish. With Daniell's battery being the protagonist in the development of the practical one, the students observed the theoretical aspects of its operation in previous classes. At the same time, they have the necessary basic knowledge of how different living organisms operate, to make an analogy between galvanic cells and electrocytes (cells that generate electricity). In this laboratory practice, not only a better understanding of chemical principles was sought, but also a greater enthusiasm for matter by delving into nature, in order to understand that redox processes, although they are not seen with the naked eye, are responsible for the singularities found in nature as in this case, they are, the fish that generate electric currents.

Keywords: electrochemistry; electric fish; Daniell's stack; general chemistry; laboratory.

1. Introducción

Diferentes investigaciones han demostrado que la enseñanza de la química, especialmente en los primeros años de la universidad, suele presentar dificultades debido a la naturaleza abstracta de los conceptos y a la desconexión con la realidad de los estudiantes (Barraqué, Sampaolesi, Briand y Vetere, 2021). Para afrontar estas dificultades, se han desarrollado propuestas innovadoras que implementan metodologías de aprendizaje activo y propuestas de enseñanza en contexto, conocidas en el ámbito anglosajón como *learning-based context* (Getu, Mebrahitu y Yohannes, 2024). La enseñanza en contexto busca conectar los contenidos de aprendizaje con situaciones de la vida real, como la salud, el ambiente o el desarrollo tecnológico, para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos a situaciones prácticas y comprender la relevancia de la química en su entorno (Lacolla, 2024). Este enfoque se encuentra en consonancia con los aportes que oportunamente efectuó Rinaudo (2014), quien propone una serie de condiciones que deben reunir los contextos poderosos para el aprendizaje, entre las que destaca el diseño de tareas académicas de calidad que sean significativas y relevantes para la formación profesional; de modo tal que los estudiantes puedan advertir la conexión entre la tarea, las demandas de su futura profesión y sus metas personales.

En este contexto, las prácticas de laboratorio se construyen como herramientas fundamentales para consolidar los conceptos teóricos y fomentar una comprensión más profunda de los fenómenos químicos.

En el ámbito de las ciencias biológicas, la electroquímica desempeña un papel crucial en la comprensión de procesos vitales como la respiración celular, la fotosíntesis y la transmisión de impulsos nerviosos. Sin embargo, estos conceptos pueden resultar abstractos para los estudiantes si se presentan únicamente de forma teórica. Es por ello que la realización de prácticas de laboratorio, como la que desarrollamos en el presente trabajo, se convierte en una estrategia didáctica de gran valor.

Al vincular los conocimientos teóricos de la electroquímica con experiencias prácticas, los estudiantes pueden establecer conexiones significativas entre el mundo microscópico de los átomos y las moléculas, y los procesos biológicos a gran escala. Además, el trabajo en el laboratorio promueve el desarrollo de habilidades prácticas, como la manipulación de instrumentos, la toma de datos y el análisis de resultados, que son esenciales para la formación de futuros investigadores.

En este trabajo, presentamos la propuesta didáctica realizada con estudiantes de primer año de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Ciencias Biológicas, basada en la realización de una práctica de laboratorio de electroquímica, tomando como base el funcionamiento de la

pila de Daniell y los conocidos peces eléctricos, buscando generar una analogía entre el funcionamiento de una pila y las células que generan electricidad en los ya nombrados organismos acuáticos. A través de esta experiencia, se busca no solo fortalecer los conocimientos teóricos de los estudiantes, sino también despertar su interés por la química y mostrarles la relevancia de esta disciplina para el estudio de los seres vivos.

Son objetivos de este trabajo, analizar conceptos químicos que están implicados en procesos biológicos para mejorar el aprendizaje de alumnos en carreras de ciencias naturales.

2. Marco teórico

Tanto los peces eléctricos como la pila de Daniell son sistemas biológicos y químicos, respectivamente, que comparten el principio fundamental de generar una diferencia de potencial a través de la separación de cargas. Aunque sus componentes y mecanismos específicos son diferentes, ambos sistemas pueden ser vistos como "baterías" que convierten energía química en energía eléctrica.

Actualmente, las especies de peces constituyen la mitad del árbol taxonómico de los vertebrados. Exhiben una asombrosa diversidad. Sus largos varían entre milímetros y metros, sus pesos entre gramos y toneladas. Habitan desde las alturas del Titicaca a las profundidades de las fosas oceánicas, en aguas dulces y saladas, debajo de los hielos polares y en las cálidas aguas tropicales. Los hay herbívoros y carnívoros (Caputi, 1999). En esta gran variedad de organismos acuáticos se encuentran los peces eléctricos, también conocidos como peces electrógenos, los cuales no solamente han sido un objeto de fascinación a lo largo de la historia sino, también, un catalizador para el avance científico y tecnológico, inspirando la invención de dispositivos como la batería eléctrica. Su capacidad de generar electricidad ha sido estudiada desde hace siglos, y su funcionamiento ha servido como modelo para comprender los principios básicos de la electroquímica. Estos organismos generan corriente eléctrica a través de órganos especializados compuestos por células llamadas electrocitos. Al igual que las baterías químicas, los electrocitos almacenan energía eléctrica y la liberan cuando es necesario. Esta capacidad les permite comunicarse, navegar y capturar presas en su entorno acuático (MNHM, 2020).

La primera batería eléctrica, inventada por Alessandro Volta, fue inspirada directamente en la naturaleza. Volta observó que los órganos eléctricos de los peces funcionaban de manera similar a una pila de discos metálicos intercalados con capas húmedas (Wu, 2007). De esta forma, Volta describió su invento como una "pila artificial" que imitaba el órgano eléctrico del pez torpedo. En la pila de Volta (FIGURA 1a), las placas metálicas de diferentes materiales generan una diferencia de potencial eléctrico, similar a lo que ocurre en los electrocitos.

Cuando se conectan las placas mediante un conductor externo, se produce un flujo de electrones, es decir, una corriente eléctrica. En los peces eléctricos (FIGURA 1b), los electrocitos se organizan en columnas, formando un órgano eléctrico. Cada electrocito funciona como una pequeña batería, generando una pequeña diferencia de potencial. Al estar conectados en serie, miles de electrocitos pueden producir descargas eléctricas de alta intensidad.

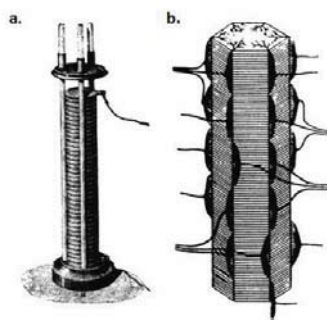


FIGURA 1. *a. Pila creada por Alessandro Volta, b. órgano eléctrico natural del pez torpedo (Wu, 2017).*

Asociando el funcionamiento de los electrocitos con la pila de Volta, podemos hacer una analogía con la pila de Daniell, la cual es una celda galvánica sencilla que consta de dos semiceldas: una de cobre y otra de zinc. Al conectar las dos semiceldas mediante un conductor externo, se establece un flujo de electrones desde el electrodo de zinc (ánodo) hacia el electrodo de cobre (cátodo). La pila de Daniell es un modelo útil para introducir los conceptos básicos de la electroquímica y para comprender cómo se genera una corriente eléctrica a partir de una reacción química (Chang, 2013). Por este motivo, como sucede en los peces eléctricos, cuanto mayor es su tamaño mayor es el número de células generadoras de electricidad que poseen y, por lo tanto, mayor será el potencial. Es así, que las anguilas eléctricas, una especie que se encuentra en Argentina, pueden alcanzar hasta 1,80 m de longitud y generar cargas de hasta 650 voltios, y otras especies de menor tamaño, como el llamado vulgarmente fraile o cura que habita en las costas de la provincia de Buenos Aires genera cargas de hasta 50 voltios (García, 2000). Es así, que la pila de Daniell sirve como analogía para explicar procesos biológicos que se dan en los peces electrógenos, cuanto mayor cantidad de electrocitos posean los peces, mayor será la carga que generan, situación que se replicará al unir varias pilas de Daniell consiguiendo una mayor diferencia de potencial.

3. Metodología

Para la realización de esta práctica de laboratorio se efectuó una revisión de la literatura científica para armar una base sólida en los conceptos de electroquímica, reacciones redox, funcionamiento de la pila de Daniell y fisiología de los peces electrógenos. Posteriormente, se recurrió al armado de un circuito eléctrico sencillo, el cual consistió en el ensamblaje de un pequeño foco led de color con cables de cobre con pinzas cocodrilo en los extremos; para una mejor propuesta didáctica se utilizaron impresiones de imágenes de peces eléctricos que cubrieran el circuito.

También, se construyeron uniones de cables que contaban con pinzas cocodrilos en sus extremos y se prepararon soluciones de sulfato de cobre y sulfato de zinc, ambas a concentraciones 1 M. Y, por último, se cortaron placas de aproximadamente 5 x 3 cm de zinc y de cobre. Estos materiales, junto con otros elementos de laboratorio estándar, permitieron construir una celda electroquímica (FIGURA 2), que sirvió como modelo para comprender el funcionamiento de los órganos eléctricos de los peces.

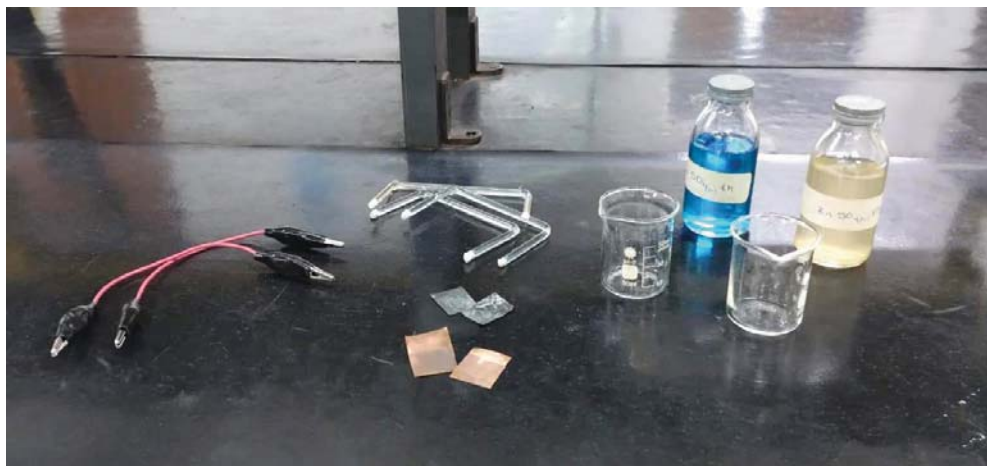


FIGURA 2. Elementos preparados para la realización de la práctica de laboratorio: uniones con pinzas cocodrilo en los extremos, puentes salinos, placas de zinc y cobre, vasos de precipitación y soluciones de sulfato de cobre y zinc 1 M.

Para verificar el correcto funcionamiento del circuito, se realizó una prueba previa con todos los componentes conectados (FIGURA 3). Posteriormente, se ensamblaron tres celdas de Daniell en serie. Considerando que cada celda genera teóricamente 1,1 V (Chang, 2013) y que el LED requiere 2 V para encender, se estimó que tres celdas proporcionarían un voltaje suficiente de 3,3 V en cuanto a su valor teórico. De esta forma, se compensarían las pérdidas propias de cualquier circuito, asegurando una mayor intensidad lumínica del LED.

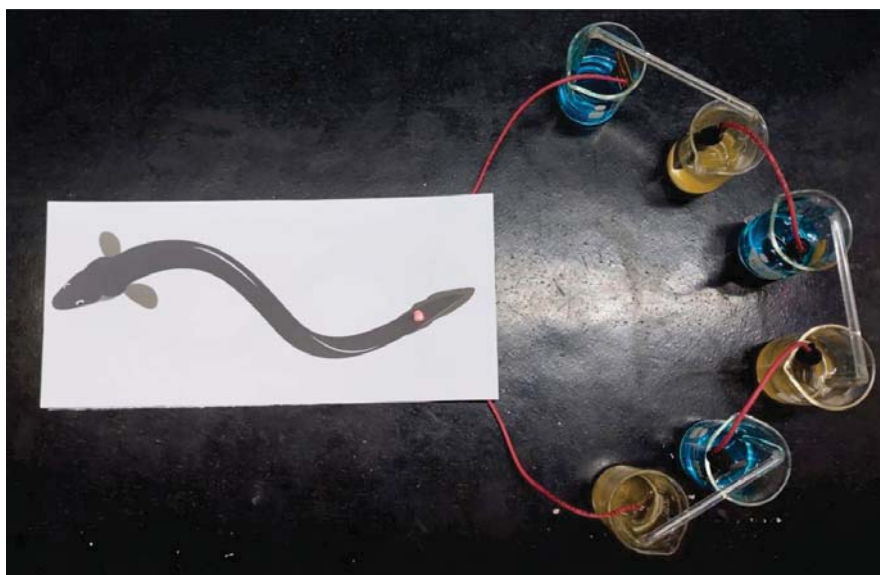


FIGURA 3. Ensamblaje de las pilas de Daniell con el circuito eléctrico.

A continuación, se elaboró el práctico de laboratorio para los alumnos, el mismo contó con una introducción teórica y la lista de materiales y soluciones a utilizar; a su vez se proponen en el mismo dos experiencias: a) el armado del dispositivo de pez utilizando una sola celda electrolítica, b) el armado del dispositivo de pez utilizando tres celdas electrolíticas, como se muestra en la FIGURA 4.

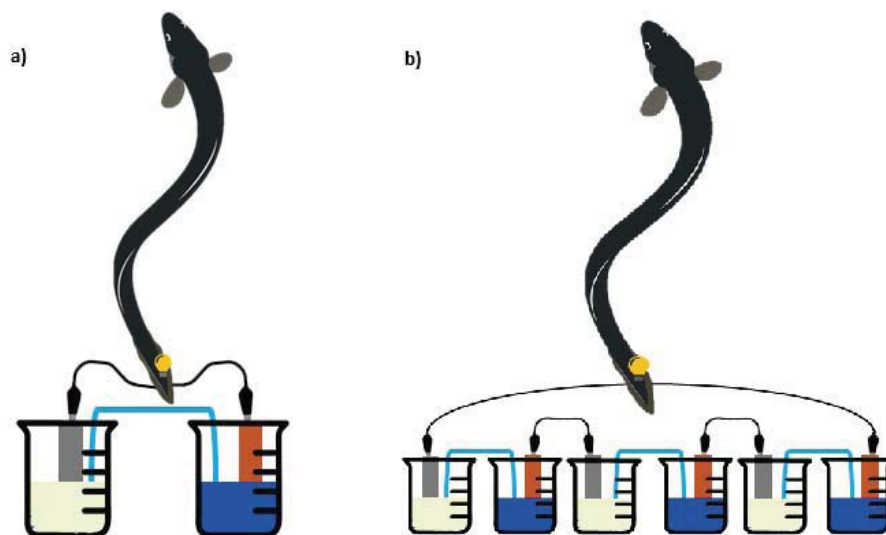


FIGURA 4. a) Diagrama del dispositivo utilizando una sola celda electrolítica; b) Diagrama del dispositivo utilizando tres celdas electrolíticas.

En base a estas indicaciones los alumnos observaron en la primera experiencia (a) que el foco del dispositivo no encendía, sin embargo, al conectar tres pilas de Daniell en simultáneo sí encendía (FIGURA 5).

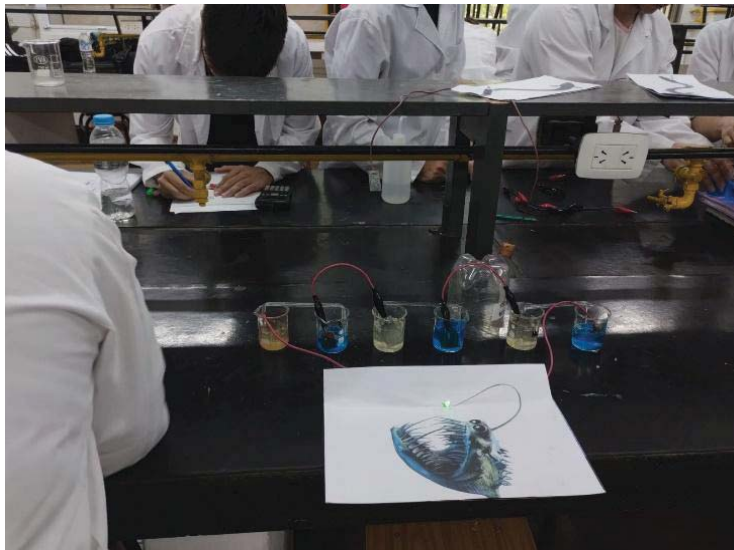


FIGURA 5. *Alumnos completando el informe de laboratorio luego de concluir la segunda experiencia.*

Luego de realizar ambas experiencias los alumnos debían completar el informe de laboratorio donde respondían unas series de consignas y preguntas, entre las cuales se encontraba:

- i) Escriba las reacciones que ocurren en el ánodo y el cátodo de la pila de Daniell
- ii) Explique cuál es la función del puente salino.
- iii) ¿Qué observa al conectar la pila de Daniell mediante el dispositivo en forma de pez?
¿Y en la medición con el tester?
- iv) ¿Qué sucede al conectar en simultáneo varias pilas de Daniell?
- v) ¿Qué relación encuentra entre la parte química de la pila y el funcionamiento de la célula?

Una vez concluida esta parte, se compartía colectivamente la interpretación de lo que se había observado dando un cierre a la experiencia realizada.

4. Resultados

Los resultados obtenidos en esta práctica evidenciaron un mayor nivel de comprensión por parte de los estudiantes respecto a los conceptos de electroquímica en comparación con años

anteriores. El entusiasmo demostrado por los estudiantes al realizar una práctica que conectaba conocimientos previos de otras materias fue notable.

Además, se pudo apreciar que este enfoque promovió la participación activa de los estudiantes a través de debates, análisis de casos y trabajo colaborativo, lo que facilitó un aprendizaje más significativo y motivador. Un ejemplo de cómo se puede llevar a la práctica la enseñanza en contexto y las metodologías activas es el diseño de una práctica de laboratorio donde se vinculan conceptos de electroquímica con la fisiología de los peces eléctricos, utilizando la pila de Daniell como modelo experimental. De esta manera, los estudiantes pudieron construir un puente entre los conceptos abstractos y su aplicación en la naturaleza, promoviendo un aprendizaje más significativo y estimulando su interés por la química.

Actualmente se están procesando datos para ver si el número de alumnos que aprueba este tema es mayor a los años anteriores donde no había una aplicación concreta de los conceptos químicos con los conceptos biológicos.

5. Conclusiones

Las conclusiones que obtuvimos de la realización de la siguiente práctica de laboratorio fueron las siguientes:

- La posibilidad de crear nuevos laboratorios fusionando conceptos teóricos de química inorgánica con aspectos de la biología de forma tal que se genera un mayor interés desde los alumnos.
- La presencia del entusiasmo dentro de las prácticas de laboratorio permite tanto a docentes como alumnos una mejor fluidez de la actividad.
- El despertar curiosidad en ambas partes, ya que no solo los alumnos se encuentran más interesados por los que se está enseñando, sino que el docente se hace participe en ese aprendizaje al abrirse paso a que los alumnos le expliquen conceptos que son más propios de las carreras que ellos están cursando.
- La experiencia positiva que se obtuvo abre paso a la creación de una suma de nuevos laboratorios abocados a otros temas, en los que se sigan sumando conceptos biológicos a las prácticas de laboratorio clásicas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Mag. María Luisa Bossolasco por su enriquecedor aporte desde la pedagogía. Sus contribuciones a este trabajo han permitido poner en palabras aquello que observamos en las aulas.

Referencias

- Barraqué, F., Sampaolesi, S., Briand, L. y Vetere, V. (2021). La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química*, 32(1), 58-73. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760>
- Caputi, A. A. (1999). Aprendiendo neurobiología con los peces eléctricos. *Actas de Fisiología*, 5, 109-157.
- García, M. L. (2000). *Los peces eléctricos: extraños poseedores de "baterías orgánicas"*. Museo, 3(14), 41-48. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49423/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Getu, G., Mebrahitu, G., & Yohannes, G. (2024). Effects of Context-Based Teaching Chemistry on Students' Achievement: A Systematic Review. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(2), 190–197. DOI: <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i2.6458>
- Lacolla, L. (2024). Enseñanza de las Ciencias en contexto. Reflexiones y ejemplos de Enseñanza de Química con enfoque Química-Tecnología-Sociedad (QTS). *Educación Química*, 35(1). DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85824>
- Museo Nacional de Historia Natural Chile (MNHN). 2020. Peces excepcionales II: Los peces eléctricos. Disponible en línea en: <https://www.mnhn.gob.cl/noticias/peces-excepcionales-ii-los-peces-electricos>
- Química/Raymond Chang, Kenneth A. Goldsby; revisión técnica, Rodolfo Álvarez Manzo, Silvia Ponce López - 11ª ed. - México D.F.: McGraw-Hill Education, 2013 - 1 v. (pag. var.): il.; 27
- Rinaudo, M. C. (2014). Estudios sobre los contextos de aprendizaje: arenas y fronteras. (pp. 163-206). En: Paoloni, P.; Rinaudo, M.; González, C. Cuestiones en Psicología Educacional. Perspectivas teóricas y metodológicas orientadas a la mejora de la práctica educativa. Cuadernos de Educación. La Laguna: Sociedad Latina de Comunicación Social. <https://www.cuadernosartesanos.org/educacion.html>
- Wiyarsi, A., Pratomo, H. & Priyambodo, E. (2020). Vocational high school students' chemical literacy on context-based learning: a case of petroleum topic. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 147-161. DOI: <https://doi.org/10.36681/>
- Wu, C. H. (2007). El pez eléctrico y el descubrimiento de la electricidad animal. *Elementos: Ciencia y cultura*, 14, 49-62. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29406508.pdf>

EL SISTEMA DE ESCRITURA CHINA Y LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS, UNA EXPERIENCIA INTERCULTURAL

Andrea de los Ángeles Blengini

Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), Comodoro Rivadavia. Chubut. Argentina.

Autora correspondiente: andreablengini192@gmail.com

Resumen

La enseñanza de la química en secundaria enfrenta el reto de hacer accesibles conceptos abstractos, como los elementos de la tabla periódica. En este trabajo se presenta una experiencia educativa que integra el sistema de escritura chino con la tabla periódica. Mediante el uso como herramientas pedagógicas de materiales visuales y juegos interactivos. La actividad se realizó con estudiantes de 4° año de nivel secundario, quienes exploraron las relaciones entre los caracteres chinos y los símbolos de los elementos. Se usaron tarjetas de colores y juegos en línea para fomentar el aprendizaje colaborativo. Los estudiantes identificaron patrones en los caracteres y símbolos químicos, lo que facilitó la comprensión del tema desde una perspectiva intercultural. La experiencia resaltó la importancia de una enseñanza integradora y visual, aunque se registró la limitación de tiempo para profundizar en algunos conceptos. La iniciativa promueve una visión multicultural del conocimiento científico y fomenta el aprendizaje significativo en química.

Palabras clave: enseñanza de la química; Tabla periódica; caracteres chinos; interculturalidad; aprendizaje colaborativo.

THE CHINESE WRITING SYSTEM AND THE PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS, AN INTERCULTURAL EXPERIENCE

Abstract

Teaching chemistry in secondary school faces the challenge of making abstract concepts, such as the elements of the periodic table accessible. This paper presents an educational experience that integrates the Chinese writing system with the periodic table. Using visual materials and interactive games as pedagogical tools. The activity was carried out with 4th year high school students, who explored the relationships between Chinese characters and the symbols of the elements. Colored cards and online games were used to encourage collaborative learning. Students identified patterns in chemical characters and symbols, which facilitated understanding of the topic from an intercultural perspective. The experience highlighted the importance of integrative and visual teaching, although there was a limited time to delve into some concepts. The initiative promotes a multicultural view of scientific knowledge and fosters meaningful learning in chemistry.

Keywords: chemistry teaching; Periodic table; Chinese characters; interculturality; collaborative learning.

1. Introducción

La enseñanza de la química en niveles secundarios presenta el desafío constante de hacer comprensibles conceptos abstractos, como la naturaleza de los elementos de la tabla periódica y sus propiedades. En este contexto, la incorporación de enfoques innovadores y metodologías interculturales puede ofrecer nuevas oportunidades de aprendizaje significativo. Reconocemos que el lenguaje químico presenta diferentes niveles, cada uno con su dificultad asociada (Galagovsky y Bekerman, 2009), que es indispensable conocerlo para poder comprender la química como lenguaje especializado, y que adquirirlo puede compararse al aprendizaje de una lengua extranjera (Pardo, 2016). Según el RENAPER (Ministerio del Interior de Argentina, 2022, p.24), los migrantes chinos censados en 2022 ascienden a 51361, este dato no contempla la migración por vías no legales. Como resultado de esta migración, las aulas argentinas han comenzado a mostrar lentamente una población culturalmente más diversa, con un componente asiático hasta ahora poco frecuente. Estos datos se tuvieron en cuenta al elegir el idioma chino como base para el desarrollo del trabajo. Como sugiere Lee (Lee, 2001), la diversidad cultural en las aulas estimula la indagación docente sobre cómo incluir los aspectos interculturales en la enseñanza de las ciencias. Partiendo de esta pregunta, este trabajo presenta una experiencia educativa con el objetivo de explorar una relación entre el sistema de escritura chino y la tabla periódica de los elementos como herramienta pedagógica para el aprendizaje de los estudiantes.

A través de la integración de materiales visuales, juegos interactivos y analogías, la actividad buscó no solo motivar el interés por la química, sino también fomentar la comprensión concreta de cómo los nombres y símbolos de los elementos pueden entenderse desde diferentes perspectivas culturales, de manera particular se trabajó con el uso de caracteres chinos, abordando tanto su estructura como su simbolismo, para establecer paralelismos con los elementos químicos.

Esta inserción innovadora de la lengua y cultura china en el aula de química permitió a los estudiantes vincular conceptos complejos de manera accesible, visual y colaborativa. A lo largo de esta experiencia, se buscó transformar los saberes previos de los estudiantes, promoviendo una visión más amplia y multicultural del conocimiento científico.

2. Indagación de saberes previos

La charla titulada “El sistema de escritura china y la tabla periódica de los elementos” se llevó a cabo el día 5 de julio de 2024 en un colegio secundario (ver agradecimientos), con un grupo de 21 estudiantes de 4to año del nivel secundario, ninguno de ellos de nacionalidad o ascendencia china, por invitación de la docente de química del curso.

Para la charla, el colegio prestó un espacio físico adecuado provisto de proyector, pantalla y conexión wifi. El espacio físico permitió que los estudiantes pudieran agruparse de forma libre, incluso sentarse en el piso en el caso de uno de los grupos.

Luego de presentar el tema de la charla y su agenda, se realizaron una serie de preguntas sobre el título y sobre las expectativas que tenían los estudiantes en relación con el contenido que se iba a abordar. Las preguntas realizadas fueron:

- ¿Tienen algún conocimiento sobre el idioma chino?
- ¿Conocen cuál es su sistema de escritura?
- ¿Cómo creen que es la tabla periódica que emplean los estudiantes en China?
- ¿Qué relación creen que existe entre la química y el idioma chino?

Algunos de los estudiantes manifestaron cierto conocimiento sobre las características del idioma chino. En sus palabras expresaron que se escribe usando “dibujos”, que cada “dibujo” representa una palabra y que es necesario conocer una cierta cantidad básica (entre 3000 y 12000) para poder hablar y escribir fluido el idioma.

Con respecto a la relación entre el idioma chino, la química y la tabla periódica, los estudiantes coincidieron en que nunca habían considerado si existía alguna relación entre ellos.

2.1. Materiales y métodos

Los materiales empleados en la disertación consistieron en:

- Presentación desarrollada en la plataforma *Canva* (<https://www.canva.com/>).
- Tarjetas físicas en cartulina elaboradas con asistencia de un generador de sellos gratuito (<https://www.purpleculture.net/chinese-seal-generator/>).
- Juego online empleando la plataforma *Blooket* (<https://www.blooket.com/>).

2.1.1. Presentación en Canva

La presentación para la disertación se empleó como guía para los momentos de la charla. Se ofreció a los estudiantes una agenda antes de comenzar, con el objetivo de presentar el tema.

2.1.2. Tarjetas físicas.

Las tarjetas físicas se realizaron en cartulina de colores. Cada color corresponde a un criterio de agrupación de los elementos.

TABLA I. Lista de colores y correspondencia con la tabla periódica.

Color del fondo	Tipo de elementos	Color del fondo	Tipo de elementos
Amarillo	Metales alcalinos	Fondo celeste	No metales
Naranja	Metales alcalinotérreos	Fondo verde claro	Halógenos
Celeste	Metales del bloque p y semimetales	Fondo rojo	Gases nobles o inertes
Azul	Metales de transición.		

En la FIGURA 1 se puede observar un ejemplo de tarjeta. Cada tarjeta cuenta con información del lado anverso y del reverso. En el anverso se encuentra el carácter del nombre del elemento y el número atómico en la esquina superior izquierda. En el reverso se encuentra el pinyin (pronunciación del carácter) correspondiente.



FIGURA 1. Ejemplos de tarjeta empleada en el juego. Corresponde al elemento potasio. El nombre del elemento en el reverso está escrito empleando el sistema pinyin, en el cual los tonos se representan con diferentes acentos, en este caso [^v] indica que se usa el tercer tono. Foto y tarjetas realizadas por esta autora.

2.1.3. Juego en línea

Se eligió la plataforma *Blooket* para la elaboración del juego debido a la simpleza de la edición, la posibilidad de múltiples participantes simultáneos en forma gratuita y las diferentes alternativas en los modos de juego que presenta. De los modos disponibles, se eligió la modalidad clásica, que permite presentar un cuestionario de opciones múltiples con respuestas por tiempo y un ranking basado en la elección de la respuesta correcta y la velocidad de respuesta.

3. Los caracteres chinos

Teniendo en cuenta que el idioma chino no es enseñado en las escuelas argentinas como segunda lengua, como parte de la conexión intercultural, se explicó cómo se generan los caracteres chinos, empleando la clasificación en 4 grupos:

- *Pictogramas*: la forma de sus trazos recuerda al objeto que representan. Por ejemplo, 人 (rén) es el carácter para persona, su trazado representa a una persona caminando de costado.
- *Ideogramas*: representan ideas o conceptos abstractos. Por ejemplo, 三 (sān) representa la idea de tres, y es el carácter para ese número.
- *Componentes asociativos*: son el resultado de la combinación de radicales para crear un nuevo carácter con un nuevo significado, generalmente asociado a los caracteres que le dan origen. Por ejemplo, 坐 (zuò), el carácter para el verbo sentarse, muestra dos personas, 人 (rén), sobre la tierra 土 (tǔ).
- *Compuestos semántico-fonéticos*: están formados por un radical semántico y por un radical fonético. Por ejemplo, 锂 (lǐ), el carácter para el elemento litio, muestra el radical 金 (jīn), cumpliendo la función semántica indicando que se trata de un metal, y el radical 里 (lǐ), que le aporta la pronunciación (Xu et al., 2014).

En la FIGURA 2 se puede observar un resumen de las formas de generación de los caracteres con sus respectivos ejemplos explicados anteriormente.

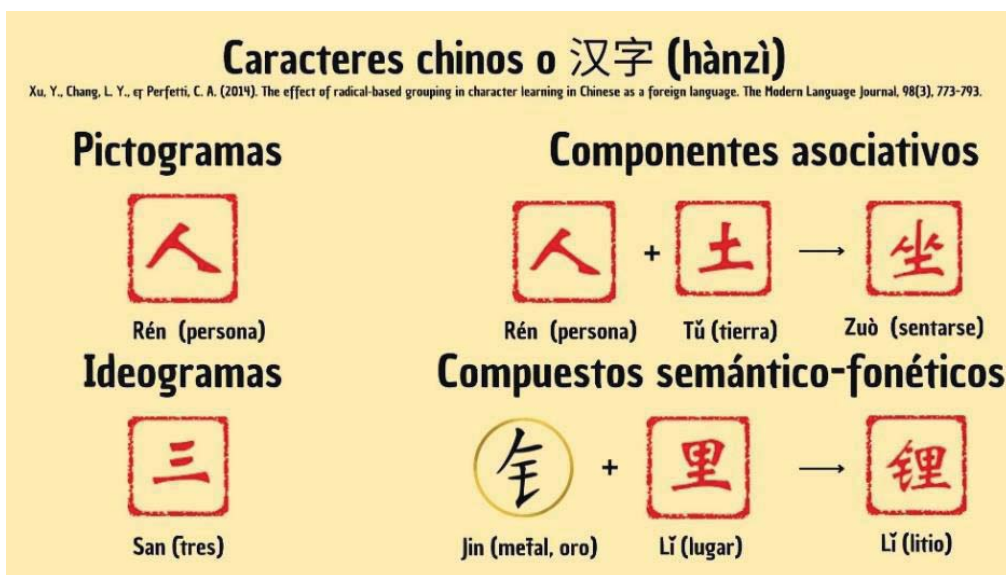


FIGURA 2. Ejemplos de los caracteres chinos de acuerdo con su forma de generación. Gráfico propio.

4. La experiencia docente

Luego de la introducción e indagación de los saberes previos, la propuesta fue dividida en tres bloques con diferentes momentos y actividades. Con el objetivo de motivar a los participantes y que la experiencia fuera lo más interactiva posible, se tomó la decisión de comenzar y terminar con un juego.

4.1. Primer bloque: Juguemos un poco.

Se explicitaron a los estudiantes las instrucciones para comenzar a jugar y una vez constituidos los grupos, se les entregó un conjunto de 7 tarjetas seleccionadas por la docente para que las observaran y analizaran en grupo.

A continuación, se presentan las instrucciones dadas.

Instrucciones:

- *Reúnete en un grupo con 4 compañeros más.*
- *Elijan quien pasa a recibir el conjunto de tarjetas.*
- *Observen las tarjetas con atención y debatan:*
- *¿Qué datos les brindan las tarjetas?*
- *¿Tienen algo en común? ¿Qué?*

Se les permitieron 10 minutos de observación y de debate en el grupo. Se les pidió que no recurrieran al uso del celular, pero sí se les indicó que podían tener a mano la tabla periódica. Durante el tiempo que duró el debate dentro de cada grupo se observó un alto nivel de participación y de discusión de las ideas. Algunos grupos hicieron registros informales en hojas de papel, mientras otros prefirieron trabajar solo oralmente.

Pasado el tiempo, se pusieron en común los detalles que cada grupo detectó en las tarjetas. Se listan a continuación:

- Las tarjetas del mismo color están relacionadas entre sí.
- Los números representan el número atómico.
- Hay tarjetas que tienen dibujitos parecidos.
- Las palabras escritas en del lado de atrás del dibujo tienen acentos diferentes.

4.2. Segundo bloque: los caracteres chinos y los nombres de los elementos químicos.

Cuando todos los grupos compartieron sus observaciones, se presentaron algunos caracteres y se les pidió que indicaran cuáles eran los “dibujitos” que tenían en común. Se les explicó entonces que el conjunto de “dibujitos” se llama caracter, que los caracteres están formados

por radicales y que los radicales están formados por trazos, una especie de analogía a la conformación de las moléculas (formadas por átomos, formadas a su vez por partículas subatómicas). Se indicó también que el orden de los trazos al escribir es importante y que hay radicales que presentan una forma abreviada cuando están combinados con otros, como en el caso de 水 (shuǐ - agua, líquido) y 金 (jīn - oro, metal).

Como parte de la presentación, se les pidió que buscaran en la tabla periódica en chino (versión física y versión digital provistas) los caracteres que cada grupo tenía, para que lo identificaran con el elemento correspondiente, algo que algunos estudiantes ya habían hecho cuando asociaron el número en las tarjetas con el número atómico.

Identificados los radicales y los elementos de la tabla periódica, se explicó su significado y la información que los primeros aportan sobre el elemento químico que nombran (Chang, 2018; Suter, 1963). Más adelante se recuperó esta idea para comparar con el origen de los nombres de los elementos en occidente.

En la FIGURA 3 pueden verse los caracteres de algunos de los elementos químicos que fueron usados para explicar que radical es el que indica el estado físico del elemento que nombra.



FIGURA 3. Ejemplos de nombres de elementos químicos en chino y los radicales semánticos que indican su estado de agregación (sólido, líquido o gas) o el tipo de elemento (metal). Gráfico propio.

Cuando todos identificaron sus elementos, se les pidió que leyeran el anverso de la tarjeta. Se explicó la característica tonal del idioma chino, y se les enseñó cómo interpretar los distintos acentos para poder producir los fonemas adecuados.

Como última instancia del segundo bloque, se hizo la siguiente pregunta:

¿Por qué es importante usar los mismos símbolos para los elementos químicos?

Las respuestas recogidas fueron:

- Para hablar con otra persona de distinta nacionalidad e idioma y poder entendernos.
- Para poder escribir las fórmulas químicas.

Se complementaron estas ideas explicando brevemente cuáles son los lenguajes usados en la química, para lo cual se usó como base el artículo de Galagovsky y Bekerman (2009). Para completar la idea y hacerla accesible a los participantes, se usó una analogía entre la escritura de ecuaciones químicas y las oraciones. Se comparó a las letras del abecedario con los elementos de la tabla periódica en el uso de la construcción de palabras y fórmulas químicas respectivamente. Se explicó que, así como usamos las palabras y signos de puntuación para armar oraciones, en química se utilizan las fórmulas químicas y otros signos y símbolos en la construcción de ecuaciones químicas.

Se cerró el bloque con un juego en la plataforma *Blooket* en la cual los grupos formados para la actividad del primer bloque compitieron entre sí respondiendo preguntas de opción múltiple para verificar lo aprendido durante la charla.

5. Discusión y conclusiones

La experiencia docente presentada reveló una serie de elementos significativos para la enseñanza de la química a través de una perspectiva intercultural. La combinación de actividades lúdicas, visuales y conceptuales permitió a los estudiantes vincular dos campos aparentemente distantes —la lengua china y la química— a través de una analogía que facilitó el entendimiento de la tabla periódica. Esta conexión no solo despertó la curiosidad de los participantes, sino que también les proporcionó una manera diferente de abordar el estudio de los elementos químicos.

Un aspecto destacable es la utilidad del recurso de las tarjetas físicas, que con colores y símbolos claros lograron captar la atención y fomentar la participación activa de los estudiantes. Este enfoque permitió que los grupos discutieran y colaboraran, creando un ambiente constructivo para el aprendizaje. Sin embargo, una de las limitaciones de la actividad fue el tiempo reducido para debatir con mayor profundidad la relación entre los radicales chinos y los nombres de los elementos en química, lo cual podría desarrollarse en futuras actividades.

Los estudiantes lograron identificar patrones en los caracteres chinos y los elementos de la tabla periódica, lo que en principio refleja el éxito en la aplicación de la analogía entre la escritura china y la simbología química tradicional. Las actividades interactivas fomentaron el

aprendizaje colaborativo y facilitaron la comprensión de conceptos complejos de una manera accesible y amena. A futuro, una mayor profundización en los aspectos interculturales y científicos presentados en la charla podría ayudar a mejorar los resultados educativos y abrir nuevas oportunidades para integrar diferentes disciplinas en el aula.

Agradecimientos

Se agradece a la Esp. Bioq. Mercedes Barquín por la invitación a dar la charla en el Colegio Dean Funes de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. Al Colegio Dean Funes y su equipo, por abrir las puertas de su institución y brindar el soporte tecnológico necesario para llevar adelante la charla. Al Dr. Alfio Zambon, por su apoyo, sus correcciones y su constante aporte para poner en práctica y por escrito las ideas.

Referencias

- Galagovsky, L., & Bekerman, D. (2009). La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen08/ART11_Vol8_N3.pdf
- Chang, H. (2018). What's in a name: a comparison of Chinese and Japanese approaches to the translation of chemical elements. *ChemTexts*, 4(3), 12. <https://doi.org/10.1007/s40828-018-0065-0>
- Dirección Nacional de Población, Registro Nacional de las Personas (2022). *Caracterización de la migración internacional en Argentina a partir de los registros administrativos del RENAPER*, Ministerio del Interior de Argentina, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/12/caracterizacion_de_la_migracion_internacional_en_argentina_a_partir_de_los_registros_administrativos_del_renaper_dnp.pdf
- Lee, O. (2001). Culture and language in science education: What do we know and what do we need to know? *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(5), 499-501.
- Pardo, J. Q. (2016). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua? *Educación química*, 27(2), 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.10.002>
- Suter, R. (1963). Naming chemical elements in Chinese. *Journal of Chemical Education*, 40(1), 44. <https://doi.org/10.1021/ed040p44>
- Xu, Y., Chang, L. Y., & Perfetti, C. A. (2014). The effect of radical-based grouping in character learning in Chinese as a foreign language. *The Modern Language Journal*, 98(3), 773-793. <https://doi.org/10.1111/modl.12122>

APORTES DE LA EPISTEMOLOGÍA A LA ENSEÑANZA DE LA TABLA PERIÓDICA: ¿UN CRITERIO QUÍMICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS?

Rodolfo Vergne

Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), Mendoza, Argentina.

Autor correspondiente: rvergne@fcai.uncu.edu.ar

Resumen

La tabla periódica es un ícono de la química como ciencia que ofrece información sobre el comportamiento y propiedades de los elementos. En la actualidad su enseñanza se presenta sin consideraciones de su historia y sus problemas teóricos y epistemológicos. Hay dos criterios para clasificar los elementos, el primario es el número atómico, aceptado unánimemente; y el secundario, las configuraciones electrónicas externas, aceptado mayoritariamente pero no de modo unánime. El problema es que la tabla estándar que se enseña termina siendo una tabla de configuraciones electrónicas donde prevalece un punto de vista reduccionista de la química con respecto a la física. En este trabajo proponemos como objetivo un criterio secundario químico, la electronegatividad. Metodológicamente se analiza distintas propuestas de electronegatividad. A pesar de que hay cientos de modelos y escalas de electronegatividad, muchos incompatibles entre sí, pero empíricamente equivalentes, buscamos como resultado una escala que permita incluir todos los elementos en la clasificación y reconstruir todos los grupos de la tabla periódica estándar sin apelar a las configuraciones electrónicas. El propósito final es poder interpelar a los alumnos que la representación de la periodicidad química no depende exclusivamente de la mecánica cuántica, sino que puede haber otro criterio legítimamente válido.

Palabras clave: *tabla periódica; electronegatividad; Pauling; Mulliken; Allred y Rochow; FSGO; polarizabilidad.*

CONTRIBUTIONS OF EPISTEMOLOGY TO THE TEACHING OF THE PERIODIC TABLE: A CHEMICAL CRITERION FOR THE CLASSIFICATION OF THE ELEMENTS?

Abstract

The periodic table is an icon of chemistry as a science that offers information about the behavior and properties of the elements. At present, its teaching is presented without consideration of its history and its theoretical and epistemological problems. There are two criteria for classifying the elements, the primary is the atomic number, which is unanimously accepted; and the secondary, the external electronic configurations, accepted mostly but not unanimously. The problem is that the standard table that is taught ends up being a table of electronic configurations where a reductionist view of chemistry with respect to physics prevails. In this paper we propose as an objective a secondary chemical criterion, electronegativity. Methodologically, different proposals of electronegativity are analyzed. Although there are hundreds of models and scales of electronegativity, many of which are incompatible with each other, but empirically equivalent, we are looking for a scale that allows us to include all the elements in the classification and to reconstruct all the groups of the standard periodic table without resorting to electronic configurations. The final purpose is to be able to challenge students that the representation of chemical periodicity does not depend exclusively on quantum mechanics, but that there may be another legitimately valid criterion.

Keywords: *periodic table; electronegativity; Pauling; Mulliken; Allred and Rochow; FSGO; polarizability.*

1. Introducción

La tabla periódica ordena y clasifica los elementos químicos de acuerdo con algunas propiedades que se adoptan como criterios de clasificación. En particular, las tablas periódicas se construyen a partir de dos criterios: el primario o dimensión horizontal, que da lugar a los períodos, y el secundario o dimensión vertical, que permite agrupar elementos químicamente similares. El criterio primario aceptado de manera unívoca está dado por el número atómico, mientras que el criterio secundario generalmente aceptado -aunque no de forma unánime- lo brinda el número de electrones en su último nivel energético, expresado a través de la configuración electrónica externa del elemento.

El objetivo será proponer una representación del sistema periódico que pueda constituirse en una alternativa a la tabla periódica estándar, de longitud media o 18 columnas (en adelante, TPE). Mantendremos el número atómico como criterio primario de clasificación, pero como criterio secundario utilizaremos la electronegatividad (EN). Asimismo, mostraremos cómo mediante el uso exclusivo de esta propiedad periódica de la química es posible incluir todos los elementos en la clasificación y reconstruir todos los grupos de la TPE sin apelar en ningún momento a las configuraciones electrónicas. El propósito final es que este trabajo pueda tener aplicaciones para la didáctica de la química al comparar la representación de un sistema periódico según un criterio físico y un criterio químico, de manera de poder interpelar a los alumnos que la representación de la periodicidad química no depende exclusivamente de la mecánica cuántica, sino que puede haber otro criterio legítimamente válido.

2. Tres modelos clásicos de electronegatividad

La electronegatividad (EN) se ha constituido gradualmente en una herramienta indispensable en cada campo teórico y experimental de la química, encontrando aplicaciones también en otros campos como física, ingeniería y biología. El hecho de que la EN no pueda medirse directamente sino sólo indirectamente a través de otras propiedades, ha dado lugar a una proliferación de modelos muy diversos y, junto con ello, a una incomprensión respecto de lo que la noción misma de EN implica.

En términos generales, es posible agruparlos en modelos termoquímicos, modelos espectroscópicos o geométricos, y modelos cuánticos (Ruthenberg y Martínez González 2017). Los valores numéricos de los múltiples modelos existentes generan una escala de EN en la que

se muestra, en general, un mismo ordenamiento de todos los elementos de la tabla periódica. Esta propiedad periódica muestra que la EN aumenta de izquierda a derecha a lo largo de un periodo y generalmente disminuye en un grupo de arriba hacia abajo.

Sin embargo, eso no generó una mejor comprensión respecto de la intensión y la extensión del concepto. En relación con su intensión, la EN ha sido definida de diversos modos ya sea como una propiedad, una capacidad, un poder de atracción, un poder de expulsión o como el resultante de una tensión entre propiedades del átomo. Asimismo, la extensión, es decir, la referencia del concepto tampoco es clara: ¿es el átomo, la molécula, un grupo, un ion o bien la especie química?

A continuación, presentaremos y analizaremos tres modelos especificando los problemas que presentan. Lo particularmente inquietante en relación con los modelos es que los mismos brindan descripciones diferentes, y en algunos casos incompatibles, de la EN. Siendo que, según la literatura estándar (Frigg 2002, Giere 2004, Frigg y Hartmann 2006, Contessa 2007), los modelos científicos generan algún tipo de conocimiento en tanto y en cuanto representan al sistema que pretenden estudiar, en los casos de modelos incompatibles se hace difícil entender qué y cómo aprendemos de ellos (Morrison 2011).

2.1. El enfoque termoquímico: el modelo de Pauling

El origen del término ‘electronegatividad’ puede encontrarse en los trabajos de Avogadro y Berzelius en las primeras décadas de 1800. En 1932 fue el premio Nobel Linus Pauling (1901–1994) el primero en cuantificar una escala de electronegatividad sobre la base de un enfoque termoquímico utilizando los calores de disociación o formación de sustancias heteronucleares. Su punto de partida es un enlace covalente de una molécula en el cual no hay transferencia de electrones. De este modo entonces, Pauling generaba la primera escala de EN sobre la base de la diferencia de energías para atraer los electrones de enlace que se comparten entre las dos sustancias A y B. El formalismo muestra la diferencia entre las electronegatividades del átomo A y del átomo B que integran una molécula heteronuclear AB. La unidad es una unidad de energía, el electrón Volt. Lo que muestra la ecuación es una diferencia de electronegatividades. Para obtener el valor absoluto es necesario postular a un elemento como valor de referencia. Para ello, Pauling adoptó el elemento hidrógeno con un valor de $\chi = 0$. Posteriormente, para evitar valores negativos de χ para la mayoría de los metales, dicho valor se modificó a $\chi = 2,1$. Posteriormente se actualizó las EN de 69 elementos a partir de datos termodinámicos más adecuados y el hidrógeno adoptó un valor final de 2,20.

Los valores de electronegatividad de Pauling para los elementos fueron aceptados rápidamente por la comunidad química. Al mismo tiempo, Pauling definía entonces los valores de EN como *“números que representan el poder [que poseen los elementos] de atraer electrones en un enlace covalente, por medio del cual se puede estimar la cantidad de carácter iónico parcial del enlace”* (Pauling 1950, p.236). La definición de Pauling dejaba naturalmente sin valores de EN a los elementos pertenecientes a la familia de los gases nobles.

2.2. El enfoque espectroscópico: el modelo de Mulliken

El siguiente intento de cuantificación fue llevado a cabo por el premio Nobel Robert Mulliken (1896–1986), quien dos años más tarde diseñó una escala sobre un dominio geométrico o espectroscópico (Mulliken 1934). A diferencia de Pauling, Mulliken construyó su escala utilizando dos propiedades atómicas: la energía de ionización (I) y la afinidad electrónica (A). Su punto de partida fueron dos sistemas neutros X e Y que tienen iguales valores de EN. De acuerdo con esta nueva conceptualización, afirmaba: *“dos átomos univalentes tienen la misma electronegatividad si la suma (o promedio) del potencial de ionización más la afinidad electrónica es la misma para cada uno”* (Mulliken 1934, p.783). Mulliken establecía así una escala de electronegatividades atómicas (es decir, ‘absolutas’) ya que no dependía de un valor arbitrario de referencia, como sucedía en la escala de Pauling. Teniendo en cuenta las propiedades atómicas empleadas, intuitivamente este enfoque describe la tensión de un átomo entre su tendencia a ganar o a perder electrones. Mulliken denomina a esta tendencia ‘electroafinidad’. Dado que el potencial de ionización (I) y la afinidad electrónica (A) son propiedades atómicas, en consecuencia, la electronegatividad es también una propiedad del átomo.

La escala de Mulliken tuvo una amplia aceptación ya que empleaba un formalismo muy sencillo y razonable. No coincide numéricamente con la escala de Pauling, pero sí coinciden en la periodicidad que manifiesta la electronegatividad: cuando se ordena en una tabla cada valor, crece a lo largo de un periodo y disminuye a lo largo del grupo.

2.3. El enfoque espectroscópico: el modelo de Allred-Rochow

Algunos años más tarde, varios autores proponían definir la EN como la relación entre la carga nuclear efectiva, el radio atómico y el número de electrones de valencia. La idea era reconciliar la EN termoquímica con estas escalas denominadas ‘geométricas de electronegatividad’. Uno de los pioneros fue Walter Gordy (1946), quien examinó la

posibilidad de definir la EN de un átomo neutro en una molécula. La ‘electronegatividad geométrica’ relaciona la disposición geométrica del núcleo con los electrones de valencia.

En la misma dirección, otro modelo ampliamente conocido y muy citado es el que propusieran Louis Allred y Eugene Rochow (1958). Este modelo tiene la misma base que el de Gordy, aunque la diferencia radica en la forma en que se obtienen los valores de Z . Estas dos escalas fueron las primeras en introducir el concepto de ‘fuerza’ para la cuantificación de electronegatividades. En particular, Allred y Rochow afirmaron que el uso de la fuerza electrostática era consistente con la definición de Pauling, ya que medía la tendencia a atraer electrones.

Al cuantificar se respeta la periodicidad: los valores aumentan en los períodos y disminuyen en los grupos.

3. Modelos incompatibles de electronegatividad

Si retomamos el análisis de los tres modelos clásicos de EN presentados, advertiremos que los mismos presentan suponen fuertes diferencias procedimentales, conceptuales y categoriales (Accorinti y Labarca 2020).

Respecto a las diferencias procedimentales podemos afirmar que mientras que los modelos de Mulliken y de Allred-Rochow definen EN desde un dominio espectroscópico, Pauling desarrolla su modelo sobre la base de procedimientos termoquímicos.

Respecto a las diferencias conceptuales, mientras que Pauling y Allred-Rochow definen la EN en la misma dirección, como un poder de atracción de electrones, en el modelo de Mulliken, por el contrario, se la conceptualiza como la tensión existente en un átomo entre la tendencia a ganar y perder electrones.

Respecto a las diferencias categoriales, La propiedad que instancia la EN es una propiedad categorialmente diferente en cada uno de los modelos reseñados. Mientras que el modelo de Pauling supone que la EN es una propiedad extrínseca que no pertenece a los átomos aislados sino a la molécula como un todo, los modelos de Mulliken y Allred-Rochow suponen que la EN se constituye como una propiedad intrínseca que se define para cada átomo aislado en función de ciertas propiedades características de los átomos mismos.

Lo que esto evidencia por el momento es la incomprensión que actualmente se tiene del significado o sentido de la EN. Como afirma Mullay “*aún en estos días no hay una respuesta definitiva a la pregunta ¿qué es la electronegatividad? ¿por qué la electronegatividad es tan útil para los químicos? y ¿por qué existe hace tanto tiempo?*” (Mullay 1987, p.2).

Algunos químicos se daban cuenta que había algunos problemas. Salvaron las apariencias, sin ningún tipo de conocimiento filosófico, armando correlaciones entre escalas para vincular una escala con otras, las ecuaciones permiten tener valores equivalentes, pero deja de lado los problemas conceptuales, inconsistencias en las definiciones, distintos dominios y diferencias categoriales.

4. La elección de un modelo de electronegatividad

Hasta aquí hemos analizado los tres modelos clásicos de electronegatividad que suelen utilizarse habitualmente en la práctica y enseñanza de la química. Hemos mostrado las fuertes diferencias conceptuales existentes entre ellos, así como la problemática vinculada a la existencia de modelos empíricamente exitosos pero incompatibles entre sí. Pero estos tres modelos clásicos no son los únicos. En la actualidad hay cientos de escalas de EN con diferentes definiciones, unidades e incompletas (no todos los elementos tienen valores, como los gases nobles). La existencia de modelos incompatibles dificulta la tarea de poder traducir la información que brindan en información sobre el sistema. Ello significa que no es posible especificar cuál es el modelo correcto o cómo es el sistema que pretendemos describir. Dado que la reflexión filosófica sobre este tópico es muy reciente, es de esperar que investigaciones posteriores arrojen luz sobre una noción central y, a su vez, profundamente compleja del mundo químico.

A la luz de lo expuesto, ante la presencia de cientos de escalas de electronegatividad incompatibles entre sí, pero empíricamente equivalentes, es decir, los valores aumentan a la derecha en los períodos y disminuyen hacia abajo en los grupos, elegiremos entonces una escala de EN acorde a nuestros objetivos, a saber:

- a) que todos los elementos posean valores de EN;
- b) la posición del hidrógeno en la tabla debe ser químicamente consistente; y
- c) que el modelo elegido tenga poder predictivo.

Frente a las limitaciones de las escalas de EN, apelaremos a un modelo de EN basado en el método FSGO (Floating Spherical Gaussian Orbital) y que surgiera en el ámbito de la química cuántica. A partir del mismo, Gary Simons y colaboradores (1976), construyeron la primera escala de EN ab initio. Dicho método en relación con la polarizabilidad (Tandon et al. 2021) da lugar al modelo de EN que hemos seleccionado para su análisis. La FIGURA 1 muestra los valores obtenidos por el método FSGO-polarizabilidad representados en una tabla periódica estándar de 18 columnas de Tandon et al. 2021 al que se le ha modificado la ubicación del hidrógeno del grupo 1 al grupo 17 por razones de mayor compatibilidad químicas.

El modelo propuesto permite calcular electronegatividades atómicas para elementos con $Z = 1-120$, entre ellos, los gases nobles. En esta escala empírica, la EN es una propiedad adimensional al igual que la escala de Simons et al. (1976). Al apreciar la variación de electronegatividades, la tendencia periódica se mantiene, en general, tanto dentro de los periodos como de los grupos de la tabla.

													17	18			
1	2											13	14	15	16	1	2
													H	He	7.370		
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
1.000	1.459											1.083	2.489	3.028	3.495	4.000	4.472
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
0.999	1.187											1.261	1.465	1.725	1.931	2.204	2.512
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
0.982	1.001	1.100	1.092	1.128	1.141	1.202	1.234	1.280	1.329	1.353	1.446	1.521	1.428	1.597	1.622	1.863	2.065
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
0.924	0.972	1.000	1.067	1.097	1.128	1.155	1.183	1.212	1.692	1.280	1.358	1.218	1.296	1.391	1.455	1.539	1.660
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Ra
0.908	0.938		1.085	1.175	1.202	1.266	1.288	1.339	1.485	1.520	1.321	1.348	1.339	1.380			1.502
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
0.924	0.947		1.067	1.403	1.428	1.455	1.485	1.519	1.356	1.356	1.643	1.620	1.576	1.188	-	1.166	1.259
119	120																
Uue	Ubn																
0.993	1.003																
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
0.962	0.968	0.961	0.966	0.971	0.976	0.981	1.003	0.992	0.999	1.005	1.012	1.019	1.025	1.027			
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			
0.969	0.961	1.008	1.038	1.011	1.034	1.035	1.019	1.044	1.049	1.056	1.065	1.073	1.071	0.924			

FIGURA 1. *Tabla periódica de electronegatividades atómicas sobre la base del modelo FSGO-polarizabilidad. (Fuente: diseño propio).*

5. Conclusiones

Como hemos señalado, la tabla periódica objeto de análisis ordena los elementos tomando como base el número atómico como criterio principal y la electronegatividad como criterio secundario. Esta representación del sistema periódico permite reflejar todas las relaciones contenidas en los grupos de la TPE sin recurrir a las configuraciones electrónicas.

Frente a los alcances y limitaciones que manifiestan los criterios secundarios principales (configuraciones electrónicas, electronegatividad, etc.), asumiremos en consonancia con algunos autores que todos ellos tienen el mismo estatus epistémico, sin privilegios ontológicos (cfr. Labarca y Srivaths 2016). Una relación ‘democrática’ entre ellos evita el enfoque reduccionista moderno, según el cual el sistema periódico es sólo una tabla de configuraciones electrónicas. Esto implica, a su vez, recuperar la idea tradicional de la tabla periódica como un ícono genuino del mundo químico no reducido a la mecánica cuántica.

De modo entonces que las principales características y virtudes conceptuales de la tabla presentada se resumen a continuación:

- (1) Se resta importancia al papel predominante de las configuraciones electrónicas en la representación del sistema periódico, favoreciendo un enfoque químico;

- (2) El hidrógeno integra la familia de los halógenos, a diferencia de la TPE;
- (3) El helio encabeza el grupo de los gases nobles;
- (4) El hidrógeno y el helio se mantienen juntos en el período 1, lo que no ocurren en la TPE;
- (5) Permite la visualización de la ontología química (EN) y la ontología de partículas (mecánica cuántica), las que a menudo se consideran irreconciliables, no forzando a elegir una ontología;
- (6) La visualización de ambas ontologías, a su vez, permite conservar información química (EN) y física (configuraciones electrónicas);
- (7) La tabla tiene poder predictivo, ya que permite calcular las electronegatividades de elementos aún no sintetizados (119 y 120);
- (8) Es una tabla genuinamente química, al emplear como criterio secundario de clasificación la electronegatividad.

El criterio químico de clasificación de los elementos presentado aquí puede constituir un aporte a la imposibilidad de reducción de la tabla periódica a la mecánica cuántica. Este enfoque pluralista abre la posibilidad de un estudio más detallado acerca de la naturaleza del sistema periódico, en conexión directa con los problemas didácticos que presenta la temática (cfr. por ejemplo, Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo 2009).

La enseñanza del sistema periódico tomando en cuenta su historia y su filosofía mejora la actitud del estudiante para el conocimiento y desarrollo de la química. La historia y la filosofía de la química nos brindan una imagen más real de la química al revelar, explicar o dilucidar diferentes aspectos de la práctica científica. En este sentido, el análisis revela que la realidad implica más de un dominio y una amplia variedad y diversidad de constructos científicos. Los estudios metacientíficos pueden ayudarnos también a comprender el tipo de conocimiento construido por la ciencia y, en consecuencia, el tipo de enseñanza que debería alentarse a impartir a los futuros científicos.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Martín Labarca quien dirigió la tesis de doctorado de Epistemología e Historia de la Ciencia de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Se agradece también a la Universidad Nacional de Cuyo que financió el proyecto L01 “*El sistema periódico: problemas históricos, filosóficos y pedagógicos*”, además de las becas de posgrado.

Referencias

- Accorinti, H. y Labarca, M. (2020). Commentary on the models of electronegativity, *Journal of Chemical Education*, (97), 3474-3477. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00512>
- Allred, A. L. y Rochow, E. G. (1958). A scale of electronegativity based on electrostatic force, *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, (5), 264-268. [https://doi.org/10.1016/0022-1902\(58\)80003-2](https://doi.org/10.1016/0022-1902(58)80003-2)

- Contessa, G. (2007). *Representing reality: The ontology of scientific models and their representational function*, London, London School of Economics. <http://etheses.lse.ac.uk/id/eprint/2151>
- Frigg, R. (2002). Models and representation: why structures are not enough. Dietsch, P. (ed.) *Measurement in Physics and Economics Project Discussion Paper Series*, London School of Economics.
- Frigg, R. y Hartmann, S. (2020). Models in Science. En E.N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2024/entries/models-science>
- Giere, R. (2004). How models are used to represent physical reality, *Philosophy of Science*, (71), 742-752. <https://doi.org/10.1086/425063>
- Gordy, W. (1946). A new method of determining electronegativity from other atomic properties, *Physical Review*, (69), 604-607. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.69.604>
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2009). Physical construction of the chemical atom: Is it convenient to go all the way back?, *Science & Education*, 18 (3-4), 443-455. <https://doi.org/10.1007/s11191-008-9156-4>
- Mullay, J. (1987). Estimation of atomic and group electronegativities, *Structure and Bonding*, (66), 1-25. <https://doi.org/10.1007/BFb0>
- Mulliken, R. (1934). A new electronaffinity scale; together with data on valence states and on valence ionization potentials and electron affinities, *Journal of Chemical Physics*, (2), 782-793. <https://doi.org/10.1063/1.1749394>
- Pauling, L. (1932). The nature of the chemical bond. IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms, *Journal of American Chemical Society*, (54), 3570-3582. <https://doi.org/10.1021/ja01348a011>
- Pauling, L. (1950). *College Chemistry: An Introductory Textbook of General Chemistry*. 2nd edition, San Francisco, W. H. Freeman y Company.
- Ruthenberg, K y Martínez González, J. (2017). Electronegativity and its multiple faces: persistence and measurement, *Foundations of Chemistry*, (19), 61-75. <https://doi.org/10.1007/s10698-017-9278-3>
- Simons, G., Zandler, M., y Talaty, E. (1976). Nonempirical electronegativity scale, *Journal of the American Chemical Society*, 98(24), 7869-7870. <https://doi.org/10.1021/ja00440a093>
- Tandon, H.; Labarca, M. y Chakraborty, T. (2021). A scale of atomic electronegativity based on Floating Spherical Gaussian Orbital Approach, *Chemistry Select - Chemistry Europe*, (6), 5622-5627. <http://dx.doi.org/10.1002/slct.202101142>

INTEGRACIÓN TEORÍA-PRÁCTICA: EN BUSCA DE APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS ENFOCADOS EN LA VIDA PROFESIONAL

Cintia Jimena Fernández, Natalia Andrea Gómez, Claudia Elizabeth Domini,
Mariano Garrido

INQUISUR, Departamento de Química, Universidad Nacional Del Sur (UNS)-CONICET, Av. Alem 1253, Bahía Blanca 8000, Argentina.

Autores corresponsales: cintia.fernandez@uns.edu.ar, natalia.gomez@uns.edu.ar, cdomini@criba.edu.ar, mgarrido@uns.edu.ar

Resumen

El presente trabajo plantea la organización de la asignatura Principios de Química Analítica y Quimiometría, de manera de establecer una estrategia de enseñanza tendiente a integrar la teoría y la práctica incorporando, de manera secuencial, las capacidades (saberes, habilidades y destrezas) a desarrollar en la materia, que se vinculan directamente con su futuro desempeño profesional. Se busca, de este modo, que los estudiantes transiten diferentes situaciones relacionadas con el trabajo típico de un químico analítico, a fin de que encuentren sentido en la realización de las prácticas y éstas, a su vez, sean un medio para lograr aprendizajes significativos.

Palabras clave: *integración teoría-práctica; química analítica; quimiometría; práctica de laboratorio; competencias.*

THEORY-PRACTICE INTEGRATION: IN SEARCH OF MEANINGFUL LEARNING FOCUSED ON PROFESSIONAL LIFE

Abstract

This paper proposes the organization of the subject Principles of Analytical Chemistry and Chemometrics, to establish a teaching strategy aimed at integrating theory and practice incorporating, in a sequential way, the capacities (knowledge, skills and abilities) to be developed in the subject, which are directly linked to their future professional performance. In this way, the aim is for students to go through different situations related to the typical work of an analytical chemist, so that they find meaning in the realization of the practices and these, in turn, are a means to achieve significant learning.

Keywords: *theory-practice integration; analytical chemistry; chemometrics; laboratory practice; Competences.*

1. Introducción

1.1. Marco teórico

La asignatura Principios de Química Analítica y Quimiometría es un espacio curricular situado en el segundo año del plan de estudio de la Licenciatura en Química de la Universidad

Nacional del Sur. El plan de estudios es nuevo y aún no han transcurrido dos años desde su implementación. El plan de estudios anterior estaba organizado en asignaturas netamente teóricas seguidas de materias prácticas, en una estructura guiada por un enfoque científico-tecnológico. Este enfoque se origina en las ideas positivistas de fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, que entienden a la ciencia como el gran motor del desarrollo tecnológico y social. En este marco, la relación teoría-práctica implica un modelo “de ciencia aplicada” según el cual el conocimiento debe guiar las decisiones de la práctica, dejando a ésta a la espera de los mandatos de la teoría. Este saber, de tipo instrumental, es quien establece el control sobre la práctica en una relación teoría-práctica unidireccional (C. Alvarez Alvarez, 2012). La desvinculación entre la teoría y la práctica se ha visto plasmada en esquemas de asignaturas teóricas dictadas por un profesor, generalmente diferente al docente que se encarga de las asignaturas prácticas subsiguientes. La evaluación de las asignaturas teóricas puede involucrar situaciones problemáticas que los estudiantes tienen que resolver en base a la teoría enseñada y, supuestamente, aprendida, pero en ningún momento se enseña cómo se aplica la teoría a situaciones concretas del desempeño profesional (S. Avolio & S. Paley, 2023).

En contraposición a este modelo, y a partir de las investigaciones de varios autores con un enfoque constructivista del aprendizaje (Ausubel et al., 1983; Barbier, 1999; Schön, 1998) surge la propuesta de integración entre la teoría y la práctica, en una relación dialógica entre ellas, entre el conocimiento disponible y los componentes de la situación real (Schön, 1998). De esta manera, la teoría surge como respuesta a la resolución de problemas concretos, sirve para analizar situaciones, fenómenos, objetos, permite elaborar explicaciones de diferente complejidad sobre los hechos observados. Al mismo tiempo, la práctica se fundamenta en el saber teórico que se encuentra al servicio de la resolución de situaciones concretas, se constituye en un espacio de generación de conocimiento y contraste de los saberes previos, implica la conjugación de saberes y de juicios prácticos (S. Avolio & S. Paley, 2023). En este enfoque, el sujeto que aprende “no solo posee los saberes, sino que es capaz de movilizarlos y utilizarlos en el momento y de la forma adecuada para resolver una situación o problema de la práctica profesional” (S. Avolio & S. Paley, 2023).

La presente propuesta de trabajo apunta a la realización de una práctica integrada con la teoría, en la que los conceptos necesarios van surgiendo de la necesidad de resolver problemas concretos, similares a los que se encontrarían en el desempeño de la profesión, a través del trabajo colaborativo para buscar soluciones a las problemáticas planteadas, sin la utilización de guías o recetas preconcebidas. Se espera que esta modalidad de trabajo pueda contribuir a la formación integral de todas las dimensiones de la persona que ejercerá como profesional, tal

como enuncia la Organización Internacional del Trabajo (OTI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (Delors et al., 1997; Martens & Ducci, 1996). Así, se pretende reforzar la *dimensión ontológica*, que implica el “saber ser” profesional, la *dimensión pragmática*, constituida en un “saber hacer” que empodere a las personas para que resuelvan autónomamente sus problemas o desafíos, la *dimensión pedagógica* que se refleja en el “aprender a aprender” que pone en juego estrategias metacognitivas para seguir aprendiendo durante toda la vida, y la *dimensión democrática*, que se basa en el “aprender a convivir”, para desarrollar la disposición a participar ciudadanamente, poniendo en valor la diversidad y el respeto por el otro (Ganga et al., 2018).

1.2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar la organización de la asignatura Principios de Química Analítica y Quimiometría, que pretende ser un andamiaje para facilitar aprendizajes significativos en los estudiantes de Licenciatura en Química. El planteo está basado en el enfoque de educación por competencias, y se centra en la utilización de situaciones (reales o simuladas) propias del futuro contexto profesional. Esta organización de la asignatura apunta al desarrollo de determinadas competencias, que implican que los estudiantes: sean capaces de movilizar conocimientos y habilidades previas para la construcción de nuevos saberes teórico-prácticos, aprendan a sistematizar información de forma crítica, planifiquen el trabajo en el laboratorio, optimizando y organizando los tiempos de trabajo a fin de cumplir con plazos establecidos, interaccionen de forma efectiva con sus pares en un marco de respeto a las opiniones diversas, desarrollen habilidades en el laboratorio de química analítica, adopten una actitud crítica frente a sus resultados y generen espacios de reflexión sobre las prácticas realizadas.

2. Metodología

2.1. Características de la asignatura

La asignatura Principios de Química Analítica y Quimiometría es un espacio curricular en el que los estudiantes comienzan a familiarizarse con la Química Analítica como ciencia metrológica, vinculada fundamentalmente a la resolución de problemas analíticos derivados de planteos socioeconómicos o culturales que se suscitan en el entorno profesional. Asimismo, se busca tomar conciencia de que la información que deben brindar debe ser de calidad, para poder contribuir a la resolución de esos problemas. Dado que es la primera asignatura de Química Analítica con la que se enfrentan, es importante que comiencen a desarrollar un léxico

apropiado, que se familiaricen con el material de laboratorio, que aprendan a aplicar métodos clásicos (titulaciones y gravimetrías). Además, en la segunda parte de la asignatura, se aprenden los fundamentos del tratamiento estadístico de los datos obtenidos (visualizar, explorar, comparar) para determinar si los resultados tienen la calidad necesaria como para ser informados. Así, estos futuros Licenciados en Química comienzan a formar un ‘criterio químico’ (entendido como la capacidad de tomar decisiones apropiadas) basado en la calidad analítica y la honestidad, que los respaldará a la hora de tomar decisiones o brindar un resultado en su práctica profesional.

2.2. Propuesta pedagógica

La propuesta consiste en estructurar las actividades a partir del planteo de diferentes problemas, similares a los que se encontrarían en la futura vida profesional del Químico. De esta manera, en la búsqueda de la resolución del problema, surgirán los conceptos teóricos, la necesidad de desarrollar habilidades, la capacidad de buscar información relevante, etc.

A continuación, se presenta, a modo de ejemplo, uno de los problemas disparadores y se detallan las actividades, los conceptos previos o nuevos que deben ponerse en juego para resolver cada paso y las capacidades a desarrollar, las que se espera que contribuyan a generar competencias al final de la asignatura.

2.2.1. Planteo de la situación problemática

La municipalidad de Bahía Blanca ha realizado un dragado del arroyo Napostá, que atraviesa la ciudad. Se supone que los sedimentos pueden ser sumideros de metales y se sospecha que la acumulación de los sedimentos del dragado a orillas del arroyo ha generado zonas de suelos ricos en calcio y magnesio, a diferencia de otras zonas en las que estos metales se mantienen a niveles más bajos. La acumulación de estos dos metales podría ocasionar problemas en el crecimiento de las plantas. ¿Podrías determinar si existe verdaderamente una diferencia entre las concentraciones de calcio y magnesio entre las zonas de acumulación de sedimentos y aquellas otras donde se mantiene el suelo original de la orilla del arroyo?

2.2.2. Saberes a profundizar

El rol de la Química Analítica en la resolución de problemas sociales; conceptos de muestra, analito, método analítico, técnica analítica; importancia de un buen muestreo y el concepto de representatividad; estrategias de muestreo específicas para suelos y sedimentos; conceptos relacionados a reacciones de equilibrio; equilibrios de formación de complejos; equilibrios

ácido-base y soluciones reguladoras; valoraciones por formación de complejos; concepto de patrón primario y patrón secundario; conceptos de media aritmética como medida de tendencia central de datos y de desviación estándar como medida de dispersión; conceptos de propagación de errores, test t para comparación de dos medias con varianzas iguales o diferentes.

2.2.3. Actividades propuestas

Se trabajará en grupos de dos o tres estudiantes, según el número de personas:

1- Búsqueda de información relacionada con el problema planteado (tarea en casa): Se orientará a la búsqueda sobre técnicas de muestreo de suelos y sedimentos, técnicas analíticas clásicas para determinar calcio y magnesio en muestras de suelo (valoración complexométrica), toma, tratamiento y conservación de la muestra, reactivos necesarios, consideraciones de seguridad de los reactivos a utilizar. (tarea docente: orientación en la búsqueda).

2- Discusión de los resultados de la búsqueda de información (tarea en clase). Ser realizará la puesta en común para todos los grupos acerca de lo investigado y la discusión de las estrategias más apropiadas. Se dará libertad a los estudiantes a proponer diferentes estrategias o a consensuar estrategias en común entre los diferentes grupos. Los temas a discutir incluirán: muestreo más adecuado, valoraciones complexométricas, importancia de las constantes de equilibrio de los complejos formados entre los metales y el EDTA y entre los metales y los indicadores, importancia del pH como condición operacional, concentraciones apropiadas de reactivos según el contenido supuesto de calcio y magnesio en las muestras. (tarea docente: moderar la discusión, promover el debate, aclarar dudas sobre la pertinencia de las propuestas, clarificar, explicar y remarcar la importancia de algunos conceptos).

3- Toma de muestras (salida de campo): Se reunirán los elementos necesarios para el muestreo y se procederá a la toma de las muestras de suelos y sedimentos del dragado. (tarea docente: explicación y demostración de la manera correcta de llevar a cabo el muestreo y la conservación de las muestras para su transporte al laboratorio).

4- Acondicionamiento de la muestra y preparación de reactivos (tarea en el laboratorio): se realizará el cuarteo de las muestras de suelo y sedimento con el objeto de contar con un tamaño de muestra razonable. Se llevará a cabo la preparación de la muestra de suelo a fin de obtener un extracto del mismo. Se prepararán los reactivos necesarios para la titulación complexométrica, teniendo en cuenta las consideraciones de seguridad de los mismos (solución de EDTA patrón secundario a estandarizar, solución de calcio patrón primario a utilizar en la estandarización de EDTA, solución reguladora de pH 10,0, indicadores metalocrómicos negro

de Eriocromo T (NET) y murexida). Se hará hincapié en el correcto etiquetado y almacenamiento de reactivos. (tarea docente: asistir a la preparación de muestras y reactivos).

5- Determinación de calcio y magnesio (tarea en el laboratorio): Se desarrollarán las titulaciones complexométricas para la determinación conjunta de calcio y magnesio utilizando NET como indicador y de calcio utilizando murexida, para luego determinar la concentración de magnesio por diferencia. Se solicitará llevar un registro de las operaciones realizadas. (tarea docente: demostrar el correcto uso de la bureta y su manipulación, asistir a los estudiantes en la realización de las valoraciones)

6- Tratamiento de datos (tarea en clase): Se realizarán los cálculos y obtención de resultados. Se utilizará la aplicación de hoja de cálculo como soporte. Se llevarán a cabo las correspondientes comparaciones estadísticas entre los resultados obtenidos para las muestras de suelo y de sedimentos del dragado (tarea docente: introducir los conceptos de media aritmética y varianza, introducir los conceptos de test de hipótesis, particularmente el test F de Fischer para comparación de varianzas y el test t para comparación de medias con varianzas iguales o distintas, explicar el uso de la hoja de cálculo).

7- Elaboración de informe (tarea en casa): se elaborará un informe simple, donde se vuelque todo el trabajo realizado y sus conclusiones personales acerca de los resultados obtenidos, con fecha límite de entrega. (tarea docente: brindar las pautas para la realización del informe, corrección y devolución de informe)

2.2.4. Capacidades que se espera desarrollar en cada actividad

En la TABLA I se detallan las capacidades que se espera que los estudiantes trabajen en cada una de las actividades propuestas.

TABLA I. *Capacidades a adquirir en las distintas actividades propuestas*

Actividad	Capacidades (conocimientos, habilidades, destrezas)
1- Búsqueda de información relacionada con el problema planteado	Habilidades relacionadas con la búsqueda de información en distintas fuentes (libros, internet, artículos científicos), sistematización de la información.
2- Discusión de los resultados de la búsqueda de información	Capacidades de expresión oral, uso de vocabulario específico, discusión respetuosa de las ideas de los otros, capacidad de argumentar y defender sus ideas.
3- Toma de muestras	Adquisición de saberes relacionados al muestreo de suelos, habilidad para el uso de herramientas para el muestreo de suelos.
4- Acondicionamiento de la muestra y preparación de reactivos	Conocimiento acerca del método de cuarteo y la preparación de extractos de suelos, habilidad para la preparación de disoluciones, conocimientos relativos a sustancias patrón primarias y secundarias, uso de material volumétrico y de balanzas adecuadas para cada una. Preparación de soluciones reguladoras. Organización de las tareas del laboratorio

<i>Continuación TABLA I. Capacidades a adquirir en las distintas actividades propuestas</i>	
Actividad	Capacidades (conocimientos, habilidades, destrezas)
5- Determinación de calcio y magnesio	Adquisición de destreza en la realización de titulaciones. Planificación del trabajo en el laboratorio. Registro de actividades de laboratorio
6- Tratamiento de datos	Conocimiento acerca de parámetros de tendencia central y de dispersión, aplicación de pruebas de hipótesis para la varianza y para la media. Expresión correcta de los resultados analíticos
7- Elaboración de informe	Habilidad de comunicación escrita. Capacidad para elaboración de conclusiones. Responsabilidad a la hora de cumplir con los plazos establecidos

2.3. Instrumento de relevamiento

A fin de evaluar la propuesta, se implementó una encuesta a los estudiantes, para que comentaran acerca de su experiencia en la asignatura: Las preguntas fueron las siguientes:

1. Con relación a la dinámica de realización de trabajos prácticos, ¿En las materias que cursaste anteriormente y que tenían desarrollo de actividades de laboratorio, contabas con una guía, indicando detalladamente la técnica práctica para el desarrollo de dicha actividad?
Si/No
2. De acuerdo con tu experiencia y criterio, la modalidad implementada en el desarrollo de esta asignatura: a) Es útil, b) No me parece útil, c) No encuentro diferencias con respecto a otras modalidades de trabajo
3. Enumerá ventajas y desventajas de la modalidad de trabajo: Respuesta libre
4. ¿Qué cambios sugerís para enriquecer el cursado de esta asignatura? Respuesta libre

3. Resultados

La implementación de esta modalidad de trabajo se aplicó por primera vez en 2023 y se continuó en 2024. En total, en los dos años han cursado la asignatura 25 estudiantes. La experiencia, desde el punto de vista de los docentes, ha sido favorable, con porcentajes de aprobación superiores al 80%. El plantel docente estuvo conformado por profesor, jefe de trabajos prácticos y ayudante graduado, que se encontraron simultáneamente presentes en todas las clases. Como resultado de la evaluación continua de los estudiantes se advirtió una mayor independencia en el trabajo, facilidad para realizar cálculos complejos de preparaciones de muestras y reactivos, utilización acertada de conceptos teóricos y con léxico apropiado en las intervenciones tanto orales como escritas.

El relevamiento producto de la encuesta arrojó los siguientes resultados: para la primera pregunta, el 100 % respondió que había cursado asignaturas previas con actividad de laboratorio utilizando una guía de trabajos prácticos con protocolos de actuación detallados.

Respecto a la segunda pregunta, relacionada con la utilidad de la modalidad utilizada, el 91,7% respondió que le resultó útil, mientras que el 8,3% restante contestó que no encontró diferencias con otras modalidades de trabajo.

En cuanto a las respuestas brindadas a la tercera pregunta, las respuestas se pueden resumir en las siguientes ventajas: “siempre es bueno ver y dar una charla antes de comenzar la práctica para mejorar y organizar las cosas”, “ayuda a los alumnos a manejarse por sí solos en el laboratorio y en la búsqueda de información”, “En un futuro si aplico para una empresa es muy posible que me evalúen como me desarrollo yo misma en el laboratorio y esto me ayuda a prepararme”, “esta modalidad ayuda a que investigues y lleguemos al laboratorio sabiendo lo que vamos a hacer, sabiendo que cosas vamos a utilizar y con qué objetivos”, “nos prepara para los trabajos que realizaremos en toda nuestra carrera”, “llego a entender mejor lo que hacemos y aprendemos a pensar solos”, “nos ayuda a desarrollar un criterio propio, una independencia y sentido de la responsabilidad mucho mayor a la hora de trabajar en el laboratorio”, “La dinámica de trabajo aplicada es útil para aprender a desarrollar criterios que van a ser de utilidad para mi vida profesional del futuro”, “Me parece útil para poder aprender a investigar correctamente las actividades a desarrollar en el laboratorio ya que el día de mañana no nos van a indicar detalladamente lo que debemos hacer sino que tenemos que elegir nosotros la mejor opción”. Entre las desventajas relevadas podemos citar: “lleva más tiempo y puede haber cosas que no quedan del todo claro” y “es posible que algunas veces sea necesario que desde la cátedra proporcionen un poco más de información de cara a que podamos investigar y preparar el laboratorio”.

Respecto a los cambios sugeridos, se pueden citar los siguientes: “me gustaría contar con un poco más de tiempo para revisar las actividades con comodidad”, “realizar las puestas en común en clases previas a los trabajos de laboratorio”, “sería útil subir antes del laboratorio una breve indicación sobre la información a buscar”, “que todos los laboratorios tengan previamente una hoja con materiales disponibles”, “explicación previa de cálculos de titulaciones, gravimetrías para el laboratorio”. Se aprecia que la mayor parte de los cambios sugeridos surge de la costumbre de recibir la información.

4. Conclusiones

El presente trabajo posibilitó la organización de la asignatura de forma tal de integrar la teoría y la práctica en actividades propuestas en el marco de la futura vida profesional del Químico, más precisamente del Químico Analítico. Según la evaluación de los estudiantes y los resultados de la encuesta, se aprecia que la implementación de esta modalidad fue

beneficiosa para el aprendizaje significativo de los estudiantes y que ayudó al desarrollo capacidades que refuerzan fundamentalmente el saber ser, el saber hacer y el aprender a aprender característicos de profesionales competentes.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional del Sur por la financiación de los proyectos PGI 24/Q123 y 24/Q099 en el marco de los cuales se realizó este trabajo.

Referencias

- Álvarez Álvarez, C (2012). ¿Qué sabemos de la relación entre la teoría y la práctica en la educación? *Revista iberoamericana de educación*, 60(2), 12. <https://rieoei.org/RIE/article/view/1326>
- Avolio, S., & Paley, S. (2023). Enfoque de formación basada en competencias: análisis de experiencias de formación docente en el nivel superior. *RAES-Revista Argentina de Educación Superior*, 15(27), 109-126.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas
- Barbier, J. M. (1999). *Prácticas de formación: evaluación y análisis*. Ediciones Novedades Educativas. Universidad de Buenos Aires.
- Delors, J., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., ... & Nanzhao, Z. (1997). La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno. UNESCO.
- Ganga, F., González, A., & Smith, C. (2018). Enfoque por competencias en la Educación Superior: algunos fundamentos teóricos y empíricos. O., Leyva, F., Ganga y A., Hernández (Eds.), México: *La formación por competencias en la educación superior: alcances y limitaciones desde referentes de México*, 45-64.
- Mertens, L., & Ducci, M. A. (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos*. <https://hdl.handle.net/11404/3627>
- Schön, D. (1998). El profesional reflexivo, como piensan los profesionales cuando actúan. Paidós.

POTENCIANDO LA METODOLOGÍA DE LA CLASE INVERTIDA A TRAVÉS DEL USO DE MATERIAL AUDIOVISUAL: ESTRATEGIAS DE EDUCACIÓN PARA ESTUDIANTES DEL SIGLO XXI

Virginia Aldabalde*, Margarita Brovett*, Guillermo Bragunde, Ivana Núñez,
Mariana Pazos, Alejandro Peixoto, Williams Porcal

Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, Universidad de la República Oriental del Uruguay (UdelaR), Montevideo, Uruguay

*Autoras corresponsales: valdabal@fq.edu.uy, mbrovett@fq.edu.uy

Resumen

La educación tradicional, donde el estudiante es un receptor pasivo, está siendo reemplazada por metodologías innovadoras que fomentan la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje. La integración de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha facilitado el desarrollo de estas nuevas metodologías, como la clase invertida (flipped classroom), que permite a los estudiantes aprender a su propio ritmo mediante recursos audiovisuales y actividades interactivas. El objetivo principal de implementar esta metodología en un curso de grado Química Orgánica, fue mejorar la experiencia de aprendizaje en un contexto masivo. Se buscó hacer más activas las instancias presenciales y crear recursos educativos colaborativos. Durante el año 2022, se compararon dos modalidades de enseñanza: la tradicional clase magistral y la clase invertida. Los estudiantes que participaron en la clase invertida mostraron un mejor desempeño en las evaluaciones, con un 89% de ellos exonerando el curso, en comparación con un 44% en la modalidad tradicional. Las encuestas realizadas a estudiantes y docentes reflejaron una buena aceptación de la nueva metodología, destacando la interacción y el acceso a recursos digitales como sus principales fortalezas.

Palabras clave: *clase invertida; recurso audiovisual; química orgánica; metodología activa; gamificación.*

ENHANCING THE METHODOLOGY OF THE FLIPPED CLASSROOM THROUGH THE USE OF AUDIOVISUAL MATERIAL: EDUCATION STRATEGIES FOR STUDENTS OF THE 21ST CENTURY

Abstract

Traditional education, where the student is a passive recipient, is being replaced by innovative methodologies that encourage the active participation of the student in their learning process. The integration of Information and Communication Technologies (ICT) has facilitated the development of these new methodologies, such as the flipped classroom, which allows students to learn at their own pace through audiovisual resources and interactive activities. The main objective of implementing this methodology in an Organic Chemistry degree course was to improve the learning experience in a mass context. The aim was to make face-to-face instances more active and create collaborative educational resources. During 2022, two teaching modalities were compared: the traditional master class and the flipped classroom. Students who participated in the flipped classroom performed better on assessments, with 89% of them exempting the course, compared to 44% in the traditional modality. The surveys carried out with students and teachers reflected a good acceptance of the new methodology, highlighting interaction and access to digital resources as its main strengths.

Keywords: *flipped class; audiovisual resource; organic chemistry; active methodology; gamification.*

1. Introducción

El modelo de clase tradicional, donde el estudiante es un actor pasivo, está siendo sustituido por metodologías de enseñanza innovadoras que motiven al estudiante, siendo este participe de su formación. La implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el aula ha permitido el surgimiento de nuevas metodologías de enseñanza. Se ha registrado que es mucho más eficaz, para ayudar a incorporar nuevos conocimientos, presentar a los estudiantes el material a través de recursos audiovisuales y/o de gamificación.(Lasry, Mazur, and Watkins, 2008; Tharayil et al., 2018). La incorporación de estos recursos de enseñanza, implica diseñar actividades formativas que busquen la motivación por aprender, mejoren las habilidades de comunicación, el sentido de la responsabilidad y estimulen el análisis crítico en los estudiantes (Ruiz-Palmero, 2017).

Este aprendizaje activo está basado en un paradigma constructivista desde el que se busca generar espacios donde el estudiante pueda, por ejemplo, visualizar el recurso audiovisual más de una vez fuera del espacio presencial de clase, incorporar los conocimientos y evacuar dudas o generar cuestionamientos que luego lleve a la clase presencial.

En este marco surge la metodología de enseñanza conocida como clase invertida, introducida por Bergmann y Sams en 2007, la cual combina la enseñanza virtual y presencial, situando al estudiante como protagonista de su aprendizaje. Esta metodología se estructura en tres espacios: individual, grupal y post-grupal (Bergmann and Sams, 2011, 2012; Furse, 2013; Lage, Platt and Treglia, 2000; Teo et al., 2014).

En el espacio individual, los estudiantes acceden a materiales digitales y realizan actividades para preparar la clase. En el espacio grupal, se trabaja en aula con el docente como guía, fomentando la colaboración y el análisis crítico. Finalmente, el espacio post-grupal refuerza los conocimientos adquiridos mediante actividades en línea.

Esta metodología centrada en el estudiante y guiada por el docente, permite potenciar diversos aspectos del aprendizaje como son: la retención del conocimiento y las tareas cognitivas más complejas y ricas (según la taxonomía de Bloom) como ser analizar, evaluar, crear (Ravishankar, Epps and Ambikairajah, 2017). Atheron (2013) indica que “mientras más activo sea el papel del alumnado más retención de conocimiento se produce”.(Ruiz-palmero, 2017) Todo ello mediante experiencias interactivas que desafían al estudiante a pensar de manera creativa en el aula para conseguir un desarrollo cognitivo crítico.

2. Marco teórico

La clase invertida es una de las alternativas más innovadoras en la actualidad para situar al estudiante, como protagonista de su aprendizaje. Esta metodología fue aplicada a la química por primera vez en el 2007 por profesores de Química en Colorado (EE. UU), quienes mostraron cómo es posible combinar lo mejor de la enseñanza virtual con lo mejor de la enseñanza presencial, sintonizando armónicamente ambas metodologías (Ruiz-Palmero, 2017).

Si bien hoy en día existen algunos reportes de esta metodología aplicada a cursos universitarios de química y en particular en cursos del área orgánica, tanto teóricos como experimentales, aun es incipiente su utilización en esta área del conocimiento. (Fernández-Labrada et al., 2021; Mooring, Mitchell, and Burrows 2016; Olaizola 2014) La misma presenta tres espacios diferentes de trabajo: un espacio individual, un espacio grupal y un espacio post-grupal.

El espacio individual es la base del espacio grupal y busca preparar al estudiante para aprovechar de la mejor manera posible la presencialidad. Implica 1) seleccionar o producir el material digital, 2) crear actividades que aseguren el visionado/lectura y permitan diagnosticar la comprensión del material digital y 3) distribuir el material digital. Aquí el docente cumple un rol central, actuando como productor de contenidos digitales educativos, distribuidor de esos mismos materiales y evaluador del aprendizaje de los estudiantes.

El espacio grupal es importante en esta propuesta educativa, se da en forma presencial y tiene a los estudiantes como protagonistas de su propio proceso de aprendizaje. El docente, por su parte, asume un papel de guía en dicho proceso. Implica: 1) una introducción por parte del docente de los contenidos que los estudiantes han trabajado con el material digital y que seguirán trabajando en el aula, 2) actividad en el aula, etapa central de la clase invertida. Luego de haber trabajado con el material digital, los estudiantes profundizan la comprensión de los contenidos a través de actividades en el aula basadas en un aprendizaje activo y colaborativo, en donde se potencia además la corrección entre pares y la retroalimentación permanente entre los estudiantes, y con el docente y; finalmente 3) cierre, implica la puesta en común de la actividad realizada y el anuncio de la actividad post-grupal.

El espacio post-grupal busca afianzar los conocimientos adquiridos mediante actividades on line, así como presentar problemas más desafiantes y complejos respecto a los iniciales propuestos en el espacio individual.

Esta metodología, y el desarrollo de sus tres espacios cognitivos, se aplicaron a un curso teórico de Química Orgánica, unidad curricular común a carreras de grado de nivel terciario.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar y desarrollar la metodología de clase invertida en un curso obligatorio y masivo, buscando a través de esta modalidad innovadora situar al estudiante como protagonista de su aprendizaje.

3.2 Objetivos específicos

- a) Hacer más eficiente a nivel del aprendizaje las instancias presenciales del curso de Química Orgánica, como forma de subsanar las problemáticas derivadas de la masividad y los teóricos magistrales expositivos, características que dificultan un aprendizaje personalizado en el que se busca potenciar y facilitar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos.
- b) Crear de forma colaborativa recursos educativos múltiples (audiovisuales, multimediales, otros) que enriquezcan las plataformas virtuales de aprendizaje del curso.
- c) Evaluar la metodología de clase invertida aplicada a un curso de Química Orgánica, básico, teórico y troncal, común a diferentes carreras de nivel terciario; con el propósito de incorporar dicha metodología de forma permanente en el curso.

4. Metodología

La nueva propuesta de curso contó con una difusión dirigida a estudiantes, la cual se llevó a cabo a través de afiches y de la plataforma Moodle, aula virtual del curso (FIGURA 1). En ella se dio a conocer la dinámica de la modalidad, así como las pautas de trabajo, las diferencias entre la modalidad tradicional (libre) y la modalidad clase invertida (reglamentada), los objetivos de esta nueva propuesta, y las diferentes etapas de cada instancia en la modalidad de enseñanza “clase invertida”, así como la participación que se esperaba de parte de los estudiantes en cada una de las instancias propuestas por el equipo docente.

Durante el año 2022 el curso contó con una matrícula de 264 inscriptos, de los cuales 50 % cursaron la modalidad tradicional y el otro 50% cursó la nueva modalidad de clase invertida. Los estudiantes que cursaron esta nueva modalidad fueron distribuidos en 4 grupos de entre 30 a 35 estudiantes.

El desarrollo de la nueva modalidad de enseñanza implicó la elaboración de dos tipos de recursos digitales. Por un lado, videos tipo presentaciones de PowerPoint (PPT) con audio, con el contenido teórico correspondientes a cada uno de los temas del curso y, por otro lado, ejercicios en plataformas en línea para cada uno de los temas. Ambos recursos digitales se

encontraban disponibles para el estudiante a través de la plataforma Moodle y/o a través de plataforma de videos YouTube.

QO 102
PROYECTO
Potenciando la metodología de la **clase invertida** a través del uso de **material audiovisual**, estrategias de educación para estudiantes del siglo XXI.

QO 102 REGLAMENTADA
¿Te gustaría involucrarte en tu aprendizaje y potenciar tus conocimientos en Química Orgánica?
Conocé qué te proponemos en esta modalidad del curso.

¡NUEVO Y DIFERENTE!

- Un aprendizaje activo durante la clase, con el docente y tus compañeros.
- Adquirir los conocimientos de forma más personalizada.
- Compartir en clase tus dudas con el docente y tus compañeros.

MÁS INFORMACIÓN

Diferencias entre ambas modalidades

Modalidad libre CLÁSICA <small>Asistencia Libre.</small>	NUEVA Modalidad clase invertida REGLAMENTADA <small>Asistencia controlada. Uso de clases invertidas sin clase expositiva.</small>
➤ Dos teóricos semanales, solo disponibles en el aula virtual.	➤ Teóricos disponibles en aula virtual.
➤ No hay práctico de ejercicios. Hay foros de consulta: quincenales, libres.	➤ Prácticos de ejercicios dos veces a la semana, duración de la clase 1h 30m.
➤ Foros de consulta sincrónicos presenciales o por zoom.	➤ Grupos máximo de 50 estudiantes.
➤ Asistencia libre.	➤ Asistencia reglamentada (asistencia mínima al 80% de las clases).
➤ No tienes tareas adicionales.	➤ Entrega del 60% de las tareas.
➤ No hay puntos adicionales a los parciales.	➤ Se te otorgará un máximo de 6 pts. por las tareas, estos puntos se te sumarán al puntaje de tus parciales*.
➤ Dos parciales de 30 pts. cada uno.	➤ Dos parciales 30 pts. cada uno, más 3 pts. por tareas en el primer hemisemestre y 3 pts. por tareas en el segundo hemisemestre.

*Para que los puntos logrados sean asignados al final del semestre es requisito cumplir con el 80% de asistencia y el 60 % de las tareas totales.
REPROBACIÓN: menos de 18 pts. | APROBADA: 18 a 30 pts. | EXONERA: más de 30 pts.

FIGURA 1: Afiche de difusión de la nueva modalidad de enseñanza publicado a través de la plataforma Moodle en las dos modalidades de enseñanza del curso

La dinámica del curso tuvo las tres instancias propias de la modalidad clase invertida, el espacio individual *antes de asistir a clase*, el espacio grupal *en clase* y el espacio post-grupal *luego de la clase*.

En el *espacio individual* previo a la clase el estudiante contaba con el o los videos con el contenido teórico del tema a trabajar en clase y ejercicios en plataformas en línea que completaban el puzzle didáctico previo a la instancia de clase (FIGURA 2).

Enlace Carbono-Carbono y estrategia sintética

a. Video de YouTube para el tema Organometálicos

b. Ejercicio interactivo en la plataforma

FIGURA 2: Recursos de enseñanza para espacio individual.

Para el *espacio grupal* en clase el equipo docente seleccionó una serie de ejercicios de mayor complejidad a realizar en grupos de entre 5 a 8 estudiantes. La dinámica propuesta implicó la resolución grupal de los ejercicios y la puesta en comun (en pizarrón), por parte de los

estudiantes de los ejercicios. En este espacio grupal el docente actuó como guía en la resolución y comprensión de los ejercicios propuestos, así como también en la presentación de los ejercicios resueltos presentados por cada uno de los grupos.

Por último, en el *espacio post-grupal*, individual o grupal, los estudiantes tenían como tarea la elaboración propia de un ejercicio similar a los propuestos por el grupo docente en las plataformas en línea utilizadas. La entrega de este ejercicio fue evaluada y calificada por el equipo docente y por este trabajo cada estudiante recibió una calificación extra.

5. Resultados

En el marco de la evaluación curricular del curso, ambas modalidades de enseñanza contaron con la misma instancia de evaluación, dos pruebas parciales sumativas de 30 puntos cada una. Los resultados obtenidos por los estudiantes en cada modalidad mostraron diferencias significativas. Teniendo presente el sistema de aprobación y exoneración del curso, el cual implica: a) que para exonerar el curso la nota total entre ambos parciales debía ser mayor o igual a 31, b) que para aprobar el curso el puntaje debía estar entre 18 y 30 puntos, y c) que con un puntaje menor a 18 el estudiante se iba a examen; la evaluación de los resultados demostró un mejor desempeño de los estudiantes que cursaron la nueva modalidad en comparación con los que cursaron la modalidad tradicional (FIGURA 3).



FIGURA 3: Resultados obtenidos por ambos grupos de estudiantes (Modalidad Nueva y Modalidad Clásica o Tradicional) luego de las instancias de evaluación.

Por otro lado, al evaluar los resultados en el grupo de estudiantes de la nueva modalidad, sumando el puntaje de las calificaciones extras obtenidas en la elaboración de ejercicios (espacio post-grupal), los resultados mostraron un aumento sustancial en la exoneración del curso, llegando a un porcentaje del 89 % (FIGURA 4).



FIGURA 4: Resultados obtenidos por el grupo de estudiantes de la nueva modalidad entre parciales y calificación de tareas elaboradas en el espacio post-grupal.

Los resultados obtenidos en las instancias de evaluación muestran que los estudiantes que cursaron la nueva modalidad obtuvieron mejores resultados, teniendo casi un 50 % de estudiantes que exoneran el curso, y sólo un 11 % que se va a examen en comparación con la modalidad tradicional donde un 44 % de los estudiantes se van a examen. Al sumar las tareas del espacio post-grupal el porcentaje de estudiantes que van a examen en la nueva modalidad pasa de 11 % a 4 %. Estos resultados demuestran un mejor desempeño de este grupo de estudiantes, el cual puede relacionarse con el aprendizaje activo que se genera en el aula.

La metodología también fue evaluada mediante encuestas a estudiantes y docentes, las cuales buscaron conocer el grado de receptividad de la nueva propuesta, su aceptación e interés como nueva forma de dictado del curso en futuros años lectivos, así como mejoras en la aplicación de la metodología. A los estudiantes se les consultó sobre el uso de los recursos digitales utilizados, y sobre el trabajo en grupo y su interacción entre docente-estudiante y estudiante- estudiante. Los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a docentes y estudiantes se muestran a continuación (FIGURAS 5.a, 5.b y 5.c).

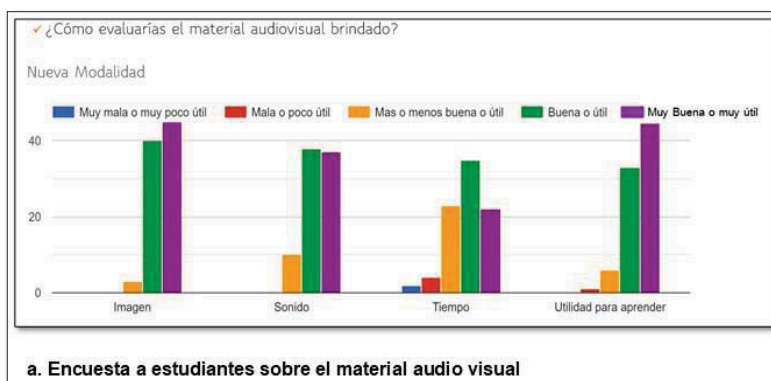


FIGURA 5.a) Encuesta realizada a estudiantes. Respuestas sobre el material audio visual utilizado

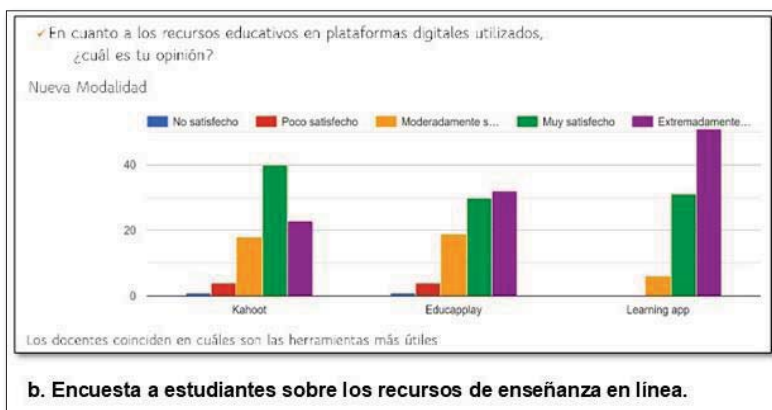


FIGURA 5.b) Encuesta realizada a estudiantes. Respuestas sobre los recursos de enseñanza en línea

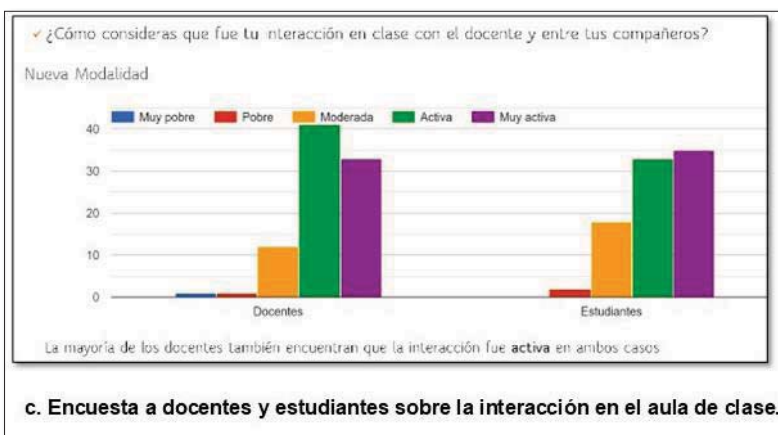


FIGURA 5.c) Encuesta realizada a docentes y a estudiantes. Respuestas sobre la interacción en el aula de clase.

Por último, mediante la encuesta a ambos grupos de estudiantes se recogieron comentarios sobre cada una de las modalidades de enseñanza (FIGURA 6).

✓ Espacio de comentarios y preguntas abiertas:

<p>Modalidad clásica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de más cupos en la nueva modalidad. ("Quienes trabajamos no podemos acceder a la modalidad nueva debido a los horarios, sería bueno que se tuviera en cuenta para el próximo año") • Más clases y/o videos de ejercicios prácticos • <u>Rever</u> el tema puntaje y mínimos para los que cursan nueva modalidad • Importancia de mantener videos y sumar resolución de ejercicios para los que no pueden concurrir. 	<p>Nueva modalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se destaca como comentario casi unánime la posibilidad de llevar la asignatura al día • Algunos estudiantes destacan la posibilidad de interacción entre docente-estudiantes y estudiante-estudiante • Algunos estudiantes destacan el hecho del tiempo de dedicación que les implica
--	---

FIGURA 6: Comentarios de estudiantes en ambas metodologías de enseñanza.

6. Conclusiones

De la evaluación del curso se logran identificar las fortalezas y debilidades de la nueva metodología de enseñanza frente a la metodología tradicional.

Fortalezas de la nueva metodología: a) la posibilidad de llevar la asignatura al día por parte de los estudiantes, b) la posibilidad de interacción entre docente-estudiantes y estudiante-estudiante, c) la posibilidad a través de los ejercicios interactivos en línea de reforzar conocimientos y preparar las instancias de evaluación, d) el espacio post-grupal, con tareas obligatorias como forma de afianzar, luego de la clase presencial, los conocimientos vistos, e) un aumento de los estudiantes que exoneran o aprueban el curso respecto a la modalidad tradicional.

Debilidades y posibles cambios en próximas instancias del curso: a) modificar el puntaje extra de las tareas solicitadas, así como rever los mínimos para cada uno de los parciales. Esto impediría aquellos casos de exoneración de la materia solo mediante la presentación al primer parcial y b) agregar cupos en la nueva modalidad, permitiendo que todo aquel estudiante que desee pueda cursar mediante esta metodología de enseñanza.

En conclusión, la implementación de la clase invertida en el curso de Química Orgánica ha demostrado ser positiva en varios aspectos, promoviendo principalmente un aprendizaje activo y mejorando los resultados académicos de los estudiantes. Los resultados de este estudio posicionan entonces a esta metodología de enseñanza como una alternativa a la metodología tradicional de clase magistral para los estudiantes.

Referencias

- Bergmann, J., & Sams, A. (2011). Flipped Your Classroom. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8).
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. https://www.rcboe.org/cms/lib/GA01903614/Centricity/Domain/15451/Flip_Your_Classroom.pdf.
- Fernández-Labrada, M. A., Rodríguez-Heredia, D., Pérez Matos, R., García Ulacia, I., & Salas Tort, D. (2021). Laboratorios invertidos: alternativa para el aprendizaje de Química Orgánica y Biológica. *Tecnología Química*, 41(2), 385-400. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v41n2/2224-6185-rtq-41-02-385.pdf>
- Furse, C. (2013). A Busy Professor's Guide to Sanely Flipping Your Classroom. *IEEE Antennas and Propagation Society, AP-S International Symposium (Digest)*: 2171-72.
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43. <https://doi.org/10.1080/00220480009596759>
- Nathaniel, L., Mazur, E. and Watkins, J. (2008). Peer Instruction: From Harvard to the Two-Year College. *American Journal of Physics* 76(11): 1066-69. <https://doi.org/10.1119/1.2978182>
- Reid Mooring, S., Mitchell, C. & Burrows, N. (2016). Evaluation of a Flipped, Large-Enrollment Organic Chemistry Course on Student Attitude and Achievement. *Journal of Chemical Education* 93(12): 1972-83. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.6b00367>

- Olaizola, A. (2014). La Clase Invertida: Usar Las TIC Para Dar La Vuelta a La Clase. *Actas X Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior*, Universidad de Buenos Aires: 1–10. https://www.academia.edu/8350587/La_clase_invertida_usar_las_TIC_para_dar_vuelta_la_clase_.
- Ravishankar, J., Epps, J., & Ambikairajah, E. (2017). A flipped mode teaching approach for large and advanced electrical engineering courses. *European Journal of Engineering Education*, 43(3), 413–426. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1383974>
- Sánchez Rodríguez, J., Ruiz Palmero, J., & Sánchez Vega, E. (2017). Flipped classroom. Claves para su puesta en práctica. *Edmetec*, 6(2), 336–358. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetec.v6i2.5832>
- Teo, Tang Wee et al. (2014). How Flip Teaching Supports Undergraduate Chemistry Laboratory Learning. *Chemistry Education Research and Practice* 15(4): 550–67. <http://dx.doi.org/10.1039/C4RP00003J>.
- Tharayil, S., Borrego, M., Prince, M., Nguyen, K. A., Shekhar, P., Finelli, C. J., & Waters, C. (2018). Strategies to mitigate student resistance to active learning. *International journal of STEM education*, 5, 1–16. <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-018-0102-y>

EXPERIENCIA DE NIVEL UNIVERSITARIO EN EL USO DE DOS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE MODELADO DE CALIDAD DE AIRE

Facundo Manuel Carrizo¹, Giuliana Munafó¹, Yamila Soledad Grassi^{2,3},
Mónica Fátima Díaz^{1,4}

¹Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI-UNS-CONICET), Bahía Blanca, Argentina

²Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina

³Instituto de Matemática de Bahía Blanca (INMABB-UNS- CONICET), Bahía Blanca, Argentina

⁴Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

Autores corresponsales: facundomanuelcarrizo@gmail.com, giuligiam123@gmail.com,
yamila.grassi@uns.edu.ar, mdiaz@plapiqui.edu.ar

Resumen

Hoy en día las herramientas computacionales son esenciales para la enseñanza, no solo sirven como instrumentos para futuros profesionales sino también para generar un mejor entendimiento de lo que se está enseñando. Este trabajo presenta la experiencia, tanto de docentes como de alumnos, en el empleo de dos softwares de modelado de calidad de aire, de diferente complejidad, en el marco de la cátedra de Contaminación Atmosférica y Control de Emisiones (3er año) de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional del Sur. Las dos herramientas brindan información sobre la dispersión de contaminantes en la atmósfera. En particular, Screen View (software libre) fue usado en horario de clase por su sencillez y accesibilidad, en cambio, AERMOD se empleó en un trabajo final de carrera (TFC) debido a su alta complejidad y costo. En este sentido, se destaca que el primero permitió comprender mejor el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera emitidos por fuentes fijas en una única clase de 2 horas. Mientras que, el uso de AERMOD requirió aproximadamente 16 horas de enseñanza para el desarrollo del TFC, pero obteniendo mayor precisión y detalle en los resultados, ajustado al trabajo que se realizaba con fuentes lineales.

Palabras clave: Educación para el desarrollo sostenible; contaminación atmosférica, modelado de calidad de aire; experiencia del alumno.

UNIVERSITY-LEVEL EXPERIENCE USING TWO COMPUTATIONAL AIR QUALITY MODELING TOOLS

Abstract

Nowadays, computational tools are essential for teaching, they not only serve as instruments for future professionals but also generate a better understanding of what is being taught. This paper presents the experience, both of teachers and students, in the use of two air quality modeling software of different complexities, within the framework of the Chair of Atmospheric Pollution and Emission Control (3rd year) of the Bachelor's Degree in Environmental Sciences of the National University of the South. The two tools provide information on the dispersion of pollutants in the atmosphere. Screen View (free software) was used in class hours due to its simplicity and accessibility, while AERMOD was used in a final degree project (TFC) due to its high complexity and cost. In this sense, it is highlighted that the

first allowed a better understanding of the behavior of pollutants in the atmosphere emitted by fixed sources in a single 2-hour class. On the other hand, the use of AERMOD required approximately 16 hours of teaching for the development of the TFC, but obtaining greater precision and detail in the results, adjusted to the work that was carried out with linear sources.

Keywords: *Education for sustainable development; air pollution, air quality modeling; student experience.*

1. Introducción

Las herramientas computacionales son hoy en día esenciales para la enseñanza de nivel universitario, no solo para formar profesionales íntegros sino también, para facilitar el aprendizaje y entendimiento de los fenómenos que se están enseñando. La meta 4.7 de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), asociado a asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, promueve la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS) (ONU, 2015). En este sentido, se fomenta que los alumnos puedan desarrollar una mentalidad crítica y que aprendan herramientas aplicadas en el seno de las universidades. En particular, este trabajo se aboca a compartir la experiencia de los alumnos avanzados de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional del Sur (UNS), relacionada al uso de herramientas computacionales aplicadas a modelado de calidad de aire.

Es sabido que la contaminación del aire es una problemática que enfrentan las ciudades a nivel mundial. El rápido crecimiento económico de los países en desarrollo genera un aumento de la industrialización y de la cantidad de vehículos, lo cual conlleva a elevar los niveles de contaminación atmosférica. Esta situación ha quedado evidenciada con el cierre estricto durante la pandemia de COVID-19, donde los países han visto descender los niveles de contaminación, principalmente por la reducción del tránsito vehicular en las ciudades (Navinya et al., 2022). Se debe destacar que la contaminación del aire también se encuentra relacionada con algunos de los ODS. Además, la concentración con la que un contaminante atmosférico llega a la población depende del grado de dispersión del mismo (De Visscher, 2013). En este sentido, cuando no existe la posibilidad de monitorear *in situ* el nivel de contaminación y/o se necesita evaluar una proyección a futuro, el modelado de calidad de aire resulta ser una herramienta que permite analizar si una determinada fuente de emisión crea o creará un problema para la comunidad. Un modelo de dispersión atmosférica es una simulación matemática que describe el transporte y la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la atmósfera, así como también pueden incluir el análisis de la transformación química en la atmósfera dependiendo de la complejidad del modelo (Farzaneh et al., 2010). Además, debe

tenerse en cuenta que no todos los factores que influyen en la dispersión atmosférica pueden incluirse en un modelo, es por ello que los resultados obtenidos son estimativos y deben validarse (De Visscher, 2013).

En base a todo lo expuesto, destacamos que resulta de gran importancia brindarles a los alumnos universitarios de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, diversas herramientas computacionales para su posterior desarrollo profesional. En el presente trabajo compartimos la experiencia de enseñanza de un software básico de modelado de calidad de aire dentro del aula, y la comparamos con la brindada para realizar una tesis final de grado en la cual se aplicó un software de mayor complejidad. Finalmente, incluimos la experiencia contada por los alumnos inspirados en algunas preguntas como: ¿qué opinaron del aspecto didáctico de la práctica? ¿Qué aprendieron? ¿Qué limitaciones encontraron?

2. Software para modelado de calidad de aire

En la actualidad, existe una gran variedad de modelos de calidad de aire, que van desde simples representaciones matemáticas hasta complejas herramientas basadas en la dinámica de fluidos computacionales (CFD). Estos modelos se emplean para estimar la concentración de un determinado contaminante en la atmósfera, en base a diversas variables que intervienen en el proceso (ver FIGURA 1), como son las meteorológicas, las topográficas, el comportamiento químico del contaminante, así como también características propias de la emisión (altura, cantidad, velocidad, temperatura, entre otras).

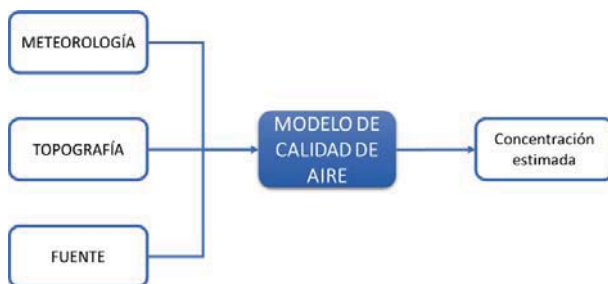


FIGURA 1. Esquema simple de las principales variables que intervienen en un modelo de calidad de aire. Elaboración propia.

Este tipo de herramienta es ampliamente usada para evaluar estrategias de control destinadas a reducir la contaminación del aire y analizar el diseño de políticas sustentables, así como también cumplir con los objetivos de calidad de aire (Grassi & Díaz, 2024). Entre todos los modelos de calidad de aire disponibles, los gaussianos son los más empleados debido a su sencillez y facilidad de uso (requieren poco esfuerzo computacional). La desventaja es que son

menos precisos después de los 10-20km, debido a la suposición de estado estacionario (variables meteorológicas y emisión constantes en un periodo de tiempo, normalmente una hora) (Farzaneh et al., 2010). A continuación, se presenta una breve descripción de los dos softwares analizados en este trabajo: Screen View y AERMOD View.

2.1. Modelo Screen View

SCREEN View es una interfaz amigable con el usuario del modelo SCREEN3 diseñado por la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (US-EPA). El software puede obtenerse de la página web oficial de la empresa Web Lakes de manera gratuita (<https://www.weblakes.com/software/freeware/screen-view/>). Este modelo puede utilizarse para estimar las concentraciones de un contaminante a nivel del suelo provenientes de una única fuente de emisión, considerando el peor caso detectado. SCREEN View puede modelar escenarios con terreno simple o complejo, considerando o no el impacto de edificios aledaños y dar resultados a distancias discretas o automatizadas. Además, este software posee entrada de datos intuitiva y brinda diagramas de distancia versus concentración. También, soporta fuentes de tipo: puntual, de área, de volumen y tipo llamarada (flare), a su vez permite analizar un amplio abanico de condiciones meteorológicas (Buitrago Torres & Rojas Gómez, 2017). El modelo SCREEN View permite analizar de manera sencilla el área de estudio pudiendo eliminar la necesidad de tener que realizar un modelado más complejo. Nota: el decreto reglamentario 1074/18, que regula calidad de aire en provincia de Buenos Aires, acepta el uso de este software para la obtención de la Licencia de Emisiones Gaseosas a la Atmósfera (LEGA), cuando hay una única fuente de emisión en una industria de categoría 1 o 2 (menor complejidad).

2.2. Modelo AERMOD View

AERMOD View es una interfaz amigable con el usuario del modelo de calidad de aire AERMOD desarrollado por la US-EPA. El software puede comprarse a través de la página web oficial de la empresa Web Lakes (<https://www.weblakes.com/software/air-dispersion/aermmod-view/>). Este modelo es más complejo que el anterior ya que requiere más y mejores datos de entrada, tanto meteorológicos, como de la fuente. Por ejemplo, requiere de información de la meteorología de superficie y el perfil vertical de temperaturas del lugar analizado. AERMOD View es un modelo de pluma en estado estacionario, que se basa en las estructuras turbulentas en la capa límite planetaria; es aplicable tanto para zonas rurales como urbanas, así como también se puede usar considerando terrenos planos o complejos. Además,

este software permite desarrollar un análisis de múltiples fuentes emitiendo en simultáneo, e incorpora más cantidad de tipos de fuentes incluyendo, a diferencia de SCREEN View, las fuentes de tipo lineales. Para llevar a cabo el modelo, el software cuenta con el programa principal (AERMOD) y dos preprocesadores: AERMET y AERMAP. AERMET calcula los parámetros de la capa límite con el fin de generar perfiles de las variables meteorológicas necesarias, para lo cual requiere del seteo de diversos parámetros, como ser la relación de Bowen, el albedo, entre otros. Por otro lado, AERMAP es un preprocesador de terreno diseñado para simplificar y estandarizar los datos de terrenos de AERMOD (Buitrago Torres & Rojas Gómez, 2017), el cual no es necesario de emplear si se trabaja en terreno plano. Finalmente, se debe destacar que este es el software recomendado por la US-EPA para emplear en regulaciones y controles de calidad de aire, pudiendo aplicarse para cualquier categoría de industria, en especial las de mayor complejidad.

3. Experiencias

3.1. La experiencia docente

Desde la cátedra de Contaminación Atmosférica y Control de Emisiones de la UNS, se realizan prácticas empleando software específico para estimar la calidad del aire en zonas linderas a industrias con emisiones provenientes de una fuente fija. La herramienta computacional empleada en clase es Screen View (libre), y aunque posee limitaciones como las mencionadas previamente, permite un acercamiento de los alumnos al modelado de calidad de aire de manera práctica y posible de desarrollar en el horario de clase de la cátedra (2 h reloj). De este modo, se puede realizar un estudio inicial y que los alumnos sean capaces de determinar los factores de mayor influencia que afectan la calidad del aire, lo que les permitirá, en un futuro, tomar decisiones más acertadas como profesionales. Desde la cátedra siempre se han intentado realizar experiencias reales que enriquezcan la formación de los alumnos, no solo mediante el uso de herramientas informáticas sino también mediante prácticas de campo, las cuales han sido previamente presentadas en diversos foros (González Martínez et al., 2022; Grassi et al., 2022b; Grassi et al., 2022c; Grassi et al., 2022d).

Por otro lado, en el marco del plan de estudio de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la UNS, los alumnos deben realizar un trabajo final de carrera (TFC) para cumplimentar con los requisitos para alcanzar el título de grado. Para ello, es necesario que realicen una pasantía en una empresa o tengan una experiencia de investigación que les permita desarrollar su TFC. Es en esta oportunidad donde es necesario emplear todo lo aprendido en las cursadas y sumarle complejidad, para lograr un trabajo lo más cercano a la realidad como profesionales. Para ello,

se propuso realizar un TFC en el cual se emplee el software AERMOD View (pago), con la finalidad de modelar y analizar la calidad de aire en una zona lindante a la UNS, debido al alto tránsito del lugar en horario pico del mediodía (Carrizo et al., 2024). Se debe tener en cuenta que el grupo de investigación en el cual el alumno desarrolló su TFC ya contaba con experiencia en este tipo de tareas (Grassi & Díaz, 2024; Grassi et al., 2022a). Este trabajo requirió no solo varios días de enseñanza del nuevo software y la adaptación del mismo a la ciudad de estudio (Bahía Blanca, Argentina), sino que también fue necesario que el alumno recolecte datos *in situ* para su desarrollo. Esta situación, claramente es muy difícil de realizar en los horarios de clase, ya que demanda no solo tiempo de aprendizaje y explicación personalizada, sino también recolección y análisis de datos de entrada del modelo, así como también una erogación de dinero para la adquisición del software. Sin embargo, genera un desafío personal y conocimiento agregado a los futuros profesionales.

3.2. La experiencia de los alumnos

Desde la experiencia estudiantil, la utilización del software Screen View en la Cátedra de Contaminación Atmosférica y Control de Emisiones durante el año 2023 resultó sumamente positiva. Aprender a utilizar esta herramienta de libre acceso, fue sencillo y ágil. Contando con los datos necesarios para operar el software, como el caudal másico de emisión de gases, la altura de la chimenea, el diámetro interno, la temperatura del gas, la velocidad de salida del gas de la chimenea y la temperatura del aire circundante, el desarrollo de la actividad y la interpretación de los resultados se convirtieron en una experiencia amena y enriquecedora para la futura vida profesional. Esta experiencia permitió comprender mejor el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera emitidos por fuentes fijas, especialmente las plumas de contaminantes provenientes de chimeneas industriales y cómo afectan la calidad del aire. Un aspecto destacable del software es que, tras solo una clase de 2 h, se pudo aprender a manejarlo y obtener conclusiones valiosas. Este programa proporciona resultados para el peor caso posible a nivel del suelo, estimando la máxima concentración de contaminantes a cualquier distancia de la fuente y a cualquier elevación del terreno (ver Fig. 2). Además, si el estudio lo requiere, se pueden obtener valores considerando la presencia de edificaciones cercanas a la fuente de emisión. Otro factor de gran utilidad es la capacidad del software para calcular estas concentraciones máximas a distancias determinadas, tanto a 1 h como a 8 h, lo que permite comparar los resultados con la legislación vigente en la localidad donde se esté realizando el análisis. El uso de Screen View también permitió observar cómo un pequeño cambio en un parámetro, como la altura de la chimenea, tipo de estabilidad atmosférica o velocidad de viento,

puede afectar significativamente la dispersión de los contaminantes. Esto ayudó a comprender de manera mucho más profunda el comportamiento de las plumas de contaminantes y la importancia de considerar múltiples variables para predecir su impacto en la calidad del aire.

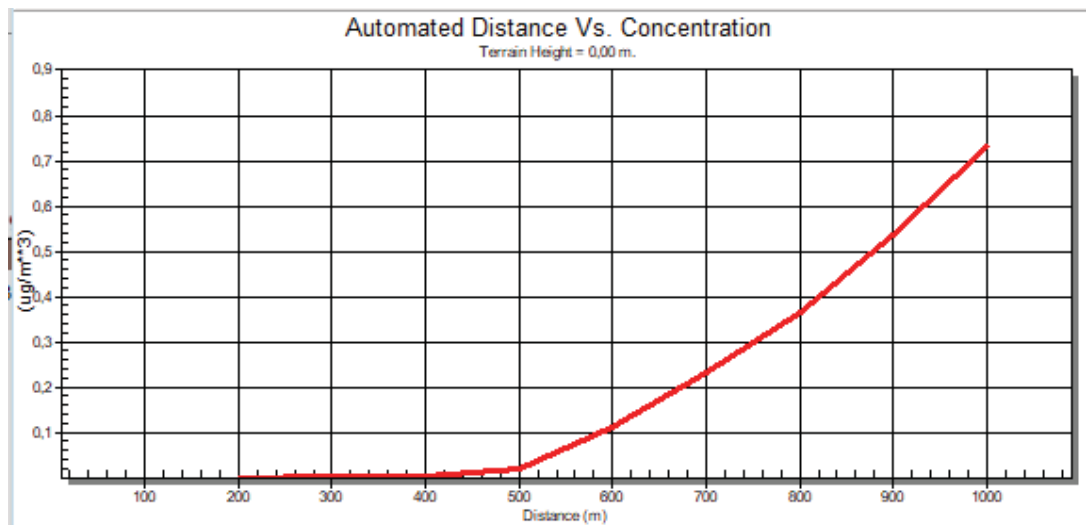


FIGURA 2. Salida típica del software Screen View para la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vs distancia a la fuente fija. Elaboración propia.

En el marco del desarrollo de un TFC de un alumno de la Licenciatura en Ciencias Ambientales, se utilizó el software AERMOD View para realizar el modelado de dispersión de emisiones provenientes de fuentes móviles que circulan por la zona del Complejo Alem de la UNS. Este es un software avanzado que cuenta con importantes funciones, por ejemplo, permite contemplar las emisiones de múltiples fuentes en un mismo modelado, a su vez estas fuentes pueden ser de distintos tipos: puntuales, volumétricas, lineales o de área. También, se genera como salida una gráfica que consta de un mapa de calor con geolocalización (exportable a Google Earth) en la que se pueden distinguir las diferentes concentraciones de los contaminantes en cuestión (ver Fig. 3). El aprendizaje de este software llevó aproximadamente 16 horas reloj, lo que incluye el entrenamiento personalizado y luego las consultas particulares. Uno de los objetivos del TFC fue modelar la contaminación atmosférica debida a fuentes móviles en la zona de Complejo Alem de UNS, para lo que fue necesario recolectar 8 meses (agosto 2023 - marzo 2024) de datos de movilidad urbana segmentada, a través de un conteo por visualización directa de filmaciones *in situ* en dos esquinas Alem y Córdoba, y Agustín Álvarez y Córdoba. Con la utilización del flujo vehicular, factores de emisión y dimensiones de las calles, se calcularon tasas de emisión que, junto con datos meteorológicos tomados de la base de datos de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), específicamente para Bahía Blanca en los

años 2023 y 2024, fueron los principales parámetros necesarios para proceder a la utilización de AERMOD View. El aprendizaje, además de días de explicaciones, requirió tiempo para el tratamiento de datos que se necesitaban para adaptar el procedimiento al área de estudio. También debemos considerar que, para poder modelar correctamente la dispersión de las emisiones, los datos meteorológicos se tuvieron que preprocesar en el software AERMET. Es común que se presenten diferentes problemáticas en el proceso de aprendizaje, por ejemplo, algunos de los valores meteorológicos necesarios no se encontraban disponibles en la base de datos, por lo que tuvieron que ser reemplazados por valores de días cercanos con condiciones meteorológicas similares y en horarios contiguos (de la misma base de datos). Todas estas cuestiones, además de que se trata de un software pago, sugieren que AERMOD View es una herramienta difícil para enseñar dentro del contenido de una materia como un tópico más, ya que debe ser desarrollada en varias clases (16 h reloj). Su utilización se adapta más a un curso de posgrado específico, uso en tesina o en algún módulo diferenciado.

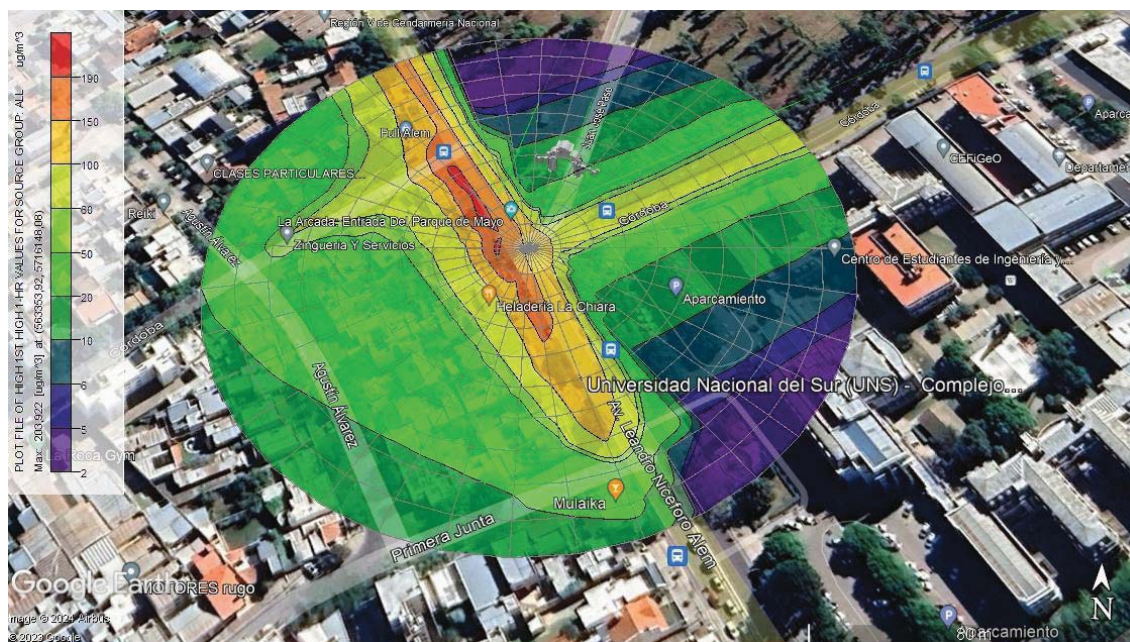


FIGURA 3. Salida típica del software AERMOD View, exportada a Google Earth, que presenta la dispersión de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el área de estudio, considerando múltiples fuentes lineales. Elaboración propia.

4. Conclusiones

La contaminación del aire es una problemática en las ciudades del mundo, es por ello que contar con herramientas computacionales que nos permitan estudiarla y proyectarla es de gran ayuda para la toma de decisiones basadas en datos. En esta situación, resulta esencial para el

desarrollo como futuros profesionales que, alumnos de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la UNS alcancen su título de grado, conociendo cómo se usan este tipo de softwares y cuáles son sus principales ventajas y desventajas.

Si bien ambos softwares presentados en este trabajo brindan información sobre la dispersión de contaminantes en la atmósfera, AERMOD (software pago) resulta muy complejo de enseñar en una materia de grado, en comparación con Screen View (software libre). Este último se puede desarrollar en forma completa y con varios ejemplos en una única clase de 2 h reloj. Teniendo en cuenta sus limitaciones, como por ejemplo que solo contempla una única fuente de emisiones, se recomienda a los alumnos que escalen sus conocimientos al uso de AERMOD. Esto se puede lograr con una iniciación en la investigación, una pasantía en alguna consultora/empresa, o con un curso de posgrado específico. De este modo, se completaría el nivel más solicitado por las industrias de alta complejidad.

Agradecimientos

Agradecemos especialmente por el financiamiento otorgado para realización de este trabajo al CONICET (proyecto PIP 11220210100683CO), y a la UNS, (proyecto PGI 24/M179). Además, agradecemos al Consejo Interuniversitario Nacional por las becas EVC CIN de iniciación a la investigación.

Referencias

- Buitrago Torres, D., y Rojas Gómez, D. (2017). *Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.* [Tesis de Grado. Universidad de La Salle, Colombia]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/476/
- Carrizo, F., Grassi, Y., y Díaz, M. (2024). *Estudio de la calidad de aire debido a fuentes móviles en puntos estratégicos de Bahía Blanca (Argentina) mediante el modelado de dispersión de gases.* V Jornadas Internacionales y VI Nacionales de Ambiente, Viedma, Argentina. *En prensa.*
- De Visscher, A. (2013). *Air dispersion modeling: foundations and applications.* John Wiley & Sons.
- Farzaneh, R., Vallamsundar, S., Jaikumar, R., Venugopal, M., Askariyeh, M., Johnson, J., Li, W., Chavez, M., y Ramirez, I. (2010). Evaluation of air quality models with near-road monitoring data: Technical Report. <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/56552>
- González Martínez, J., Mayer, A., Carrizo, F., Martín, F., Rial, J., Grassi, Y., y Díaz, M. (2022). *Medición manual de calidad de aire (CO y NO₂) en un punto del microcentro de Bahía Blanca (Argentina) en época de alto tránsito vehicular.* 2º Foro Ambiental, Bahía Blanca, Argentina. <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/7913>
- Grassi, Y., Brignole, N., y Díaz, M. (2022a). Pandemic impact on urban air pollution and mobility in a Latin American medium-size city. *International Journal of Environmental Studies*, 79(4), 624-650. <https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1941662>
- Grassi, Y., Rial, J., Martín, F., González, M., Ostertag Naumik, L., Pérez Garate, L., Quispe, C., Ríos, L., y Díaz, M. (2022b). *Experiencia de nivel universitario de medición de calidad de aire en el microcentro de la ciudad de Bahía Blanca.* XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica (Virtual). <https://www.aqa.org.ar/images/EducacionQuimica/Jornadas2022.pdf>
- Grassi, Y., Rial, J., Martín, F., y Díaz, M. (2022c). *Metodología de medición manual de CO y NO₂ en el aire urbano de Bahía Blanca, Argentina.* VIII Congreso Argentino de la Sociedad de

- Toxicología y Química Ambiental, Mar del Plata, Argentina. <https://setacargentina.setac.org/wp-content/uploads/2022/05/Libro-de-Resumenes-VIII-Congreso-Argentino-SETAC-2022.pdf>
- Grassi, Y., Rial, J., Sorichetti, A., Martin, F., y Díaz, M. (2022d). *Monitoreo de material particulado sedimentable en el aire circundante del predio Alem de la Universidad Nacional del Sur*. VIII Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental, Mar del Plata, Argentina. <https://setacargentina.setac.org/wp-content/uploads/2022/05/Libro-de-Resumenes-VIII-Congreso-Argentino-SETAC-2022.pdf>
- Grassi, Y., y Díaz, M. (2024). Urban air pollution evaluation in downtown streets of a medium-sized Latin American city using AERMOD dispersion model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, 521. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12699-8>
- Navinya, C., Yadav, S., Karri, R., y Phuleria, H. (2022). Air quality during COVID-19 lockdown and its implication toward sustainable development goals. En M. Dehghani, R. Karri y S. Roy (Eds.), *COVID-19 and the Sustainable Development Goals* (pp. 177-210). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91307-2.00008-0>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2015). *Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

OLIMPIADAS CROMATOGRÁFICAS: INTEGRANDO LA IA EN EL DISEÑO DE ACTIVIDADES LÚDICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FARMACOGNOSIA

Jerónimo Ulloa, Vanina Catalano, Ingrid Cufre, Adriana Ouviaña, Malen Saint Martin, Verónica Tarcaya, Catalina van Baren, Flavia Redko

Cátedra de Farmacognosia, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires (UBA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Autores corresponsales: julloa@ffyb.uba.ar, vcatalano@ffyb.uba.ar, icufre@ffyb.uba.ar, aouvi@ffyb.uba.ar, masaintma@gmail.com, vtarcaya@ffyb.uba.ar, cbaren@ffyb.uba.ar, fredko@ffyb.uba.ar

Resumen

La Fitoquímica, disciplina clave en la Farmacognosia, es la ciencia que estudia los compuestos químicos presentes en las plantas. El presente trabajo describe la organización de la actividad lúdica "Olimpiadas Cromatográficas" con el objetivo de integrar la inteligencia artificial (IA) en la planificación y motivar al alumnado en el estudio de la Fitoquímica. Inspirada en los valores olímpicos, la actividad buscó fomentar la excelencia académica, el trabajo en equipo y la reflexión crítica mediante un enfoque de gamificación. Se utilizaron herramientas de IA generativa para el diseño del reglamento, la creación de materiales y la evaluación de las competencias estudiantiles. La actividad se llevó a cabo en los trabajos prácticos (TPs) de Farmacognosia de la Universidad de Buenos Aires aplicando técnicas de cromatografía en el análisis de productos naturales. Cada TP se convirtió en una disciplina competitiva donde los grupos de estudiantes compitieron en dos instancias: una evaluación técnica y una votación pública. La IA también facilita la creación de contenido multimedia y la personalización de la experiencia para docentes y estudiantes. La actividad se propuso como una innovación educativa que integra tecnología, ludificación y aprendizaje activo, promoviendo tanto el conocimiento teórico como las habilidades prácticas esenciales en la Farmacognosia.

Palabras clave: *Farmacognosia; Fitoquímica, gamificación; olimpiadas; inteligencia artificial.*

CHROMATOGRAPHIC OLYMPIADS: INTEGRATING AI IN THE DESIGN OF RECREATIONAL ACTIVITIES FOR THE TEACHING OF PHARMACOGNOSY

Abstract

Phytochemistry, a key discipline in Pharmacognosy, is the science that studies the chemical compounds present in plants. This paper describes the organization of the recreational activity "Chromatographic Olympics" with the aim of integrating artificial intelligence (AI) in the planning and motivating students in the study of Phytochemistry. Inspired by the Olympic values, the activity sought to promote academic excellence, teamwork and critical reflection through a gamification approach. Generative AI tools were used for the design of the regulations, the creation of materials and the evaluation of student competencies. The activity was carried out in the practical works (TPs) of Pharmacognosy of the University of Buenos Aires applying chromatography techniques in the analysis of natural products. Each TP became a competitive discipline where groups of students competed in two instances: a technical evaluation and a public vote. AI also makes it easier to create multimedia content and personalize the experience for teachers and students. The activity was proposed as an

educational innovation that integrates technology, gamification and active learning, promoting both theoretical knowledge and essential practical skills in Pharmacognosy.

Keywords: *Pharmacognosy; Phytochemistry, gamification; Olympics; artificial intelligence.*

1. Introducción

Los Juegos Olímpicos de París 2024 nos inspiraron a desarrollar una actividad lúdica que fomentase los valores olímpicos en el alumnado de la materia Farmacognosia de la carrera de Farmacia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (FFYB-UBA). Estos valores invitan a esforzarse por la excelencia y alentar a las personas a ser lo mejor que puedan ser; a demostrar respeto de muchas maneras diferentes (hacia uno mismo, las reglas, los oponentes, el medio ambiente, el público, etc.); y a celebrar la amistad con la idea de dejar a un lado las rivalidades, ya que hay más cosas que nos unen que las que nos dividen (International Olympic Committee, 2024). Ciertas actividades llevadas a cabo en clase muestran que, en ocasiones, el estudiantado no sabe pensar valiéndose de lo que sabe. De esto podría desprenderse que, aun habiendo adquirido cierto conocimiento, no es capaz de emplearlo en un análisis posterior. En línea con lo que manifiesta Perkins (1995) respecto del conocimiento generador, es deseable cumplir con tres metas: retener, comprender y usar activamente el conocimiento. Es decir, debemos conocer un tema, comprenderlo y poder manejarlo. Los trabajos prácticos de laboratorio buscan lograr este tipo de conocimiento, en particular, el uso activo de sus saberes teóricos. En vista de los valores olímpicos se buscará la excelencia en el trabajo de laboratorio estimulada por el espíritu competitivo sin dejar de lado el respeto por el prójimo y resaltando la importancia del trabajo en equipo.

1.1. Fundamentos

De acuerdo con Werbach y Hunter (2012) la gamificación consiste en el uso de elementos lúdicos y técnicas de diseño de juegos en contextos que no son de juegos. Sin embargo, algunos autores como Morillas Barrio (2016) alertan sobre la simplificación de creer que en el ámbito educativo corresponde sólo a la utilización de los juegos en el aprendizaje. Este autor plantea que “la gamificación es una variante diferente de experiencia de aprendizaje en el que se toma elementos de los juegos (tales como puntos, medallas, tablas de clasificación, logros, competitividad) y los aplica en un contexto fuera del juego, como es en este caso el aula”. La revisión de la literatura sugiere que, en efecto, la gamificación funciona, pero existen algunas

advertencias (Hamari et al., 2014). Según un estudio de Chapman y Rich (2018), el entorno de gamificación educativa aumentó la motivación percibida; lo encontraron más o mucho más motivador que un diseño de curso tradicional. Los beneficios de la gamificación se observaron en estudiantes con características variadas (p. ej., género o edad).

1.2. La inteligencia artificial (IA) como herramienta en la planificación y diseño

La Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología de la UNESCO (2019) define las herramientas basadas en IA como aquellas potencialmente capaces de imitar o incluso superar las capacidades cognitivas humanas, incluyendo la detección, la interacción lingüística, el razonamiento y el análisis, la resolución de problemas e incluso la creatividad (Sabzalieva y Valentini, 2023). En especial, la IA generativa utiliza algoritmos para crear contenido nuevo a partir de datos existentes, sin intervención humana (Salvatierra, 2023).

Según propone Salvatierra (2023), la IA puede apoyar a los docentes en el diseño, creación y revisión de clases de varias formas. Durante el diseño de clases, herramientas como ChatGPT pueden proporcionar retroalimentación instantánea sobre la coherencia, claridad y relevancia del contenido, mejorando la estructura pedagógica. Además, la IA puede generar materiales complementarios como presentaciones, actividades y ejemplos, lo que optimiza tiempos y revisa estructuras. También puede sugerir recursos educativos actualizados, como libros, artículos y videos, que enriquezcan las clases.

En el ámbito de la inteligencia artificial generativa, un *prompt* es un fragmento de texto o información que actúa como instrucción para el modelo de IA. Esta indicación es esencial para expresar nuestras intenciones a la herramienta y así obtener el resultado deseado. Es importante considerar que, dependiendo del tipo de herramienta de IA que se utilice, se requieren *prompts* específicos para asegurar que el resultado final se ajuste a nuestras expectativas. Hoy en día pueden encontrarse numerosos recursos sobre cómo generar un *prompt* adecuado (Gómez Cardosa y García Brustenga, 2023; Harvard University, 2023).

El presente trabajo trata sobre la planificación y organización docente de una actividad lúdica cuyo objetivo es motivar tanto al estudiantado como al plantel docente mediante un enfoque innovador. Para Litwin (2008) por innovación educativa se entiende a “toda planeación y puesta en práctica creada con el objeto de promover el mejoramiento institucional de las prácticas de la enseñanza y/o de sus resultados”. Fundamentada en la creación, promoción del cambio y mejora, la actividad que denominamos “Olimpiadas cromatográficas” intenta motivar a los actores involucrados en los procesos de aprendizaje y de enseñanza.

1.3. Enseñanza de la fitoquímica en Farmacognosia

La Farmacognosia es la disciplina que se enfoca en el estudio de las drogas de origen natural, principalmente plantas medicinales, y sus principios activos. La Fitoquímica es la ciencia que estudia los compuestos químicos presentes en las plantas, principalmente los metabolitos secundarios. Estos tienen diversas aplicaciones en la farmacia y la medicina. Ambas ciencias están intrínsecamente conectadas, ya que la Fitoquímica provee las bases moleculares para entender cómo producen metabolitos las plantas, mientras que la Farmacognosia las aplica para la investigación y el desarrollo de productos farmacéuticos (Evans et al., 2009).

Actualmente, la enseñanza de la Fitoquímica y la Farmacognosia combina una sólida formación teórica con actividades prácticas en laboratorios; e incluye el estudio de la botánica aplicada, el análisis químico de plantas medicinales y la identificación de compuestos bioactivos (Zhang et al., 2017). En el laboratorio, se utilizan técnicas como la cromatografía y la espectroscopía para la separación y análisis de estos compuestos. A su vez, el avance tecnológico ha permitido el uso de plataformas virtuales y recursos interactivos para complementar el aprendizaje, con simulaciones de experimentos, bases de datos en línea sobre plantas medicinales y herramientas como la IA para el análisis de datos fitoquímicos (Facultad de Farmacia, 2024; Farmacognosia, 2024; Università degli studi di Torino, 2024).

Uno de los principales desafíos en la enseñanza de la Fitoquímica y la Farmacognosia es la integración de nuevas tecnologías sin perder el enfoque práctico y experimental que caracteriza a estas disciplinas cuyo objetivo implica desarrollar la inteligencia cinético-corporal planteada por Gardner (2011). Si bien los avances digitales pueden facilitar el acceso a información y simulaciones, es esencial que los estudiantes adquieran habilidades en el manejo de técnicas analíticas de laboratorio, lo cual requerirá una complementación de dispositivos tecnológicos.

2. Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivos principales: presentar una actividad de gamificación en el contexto de los trabajos prácticos (TPs) de Farmacognosia; describir el diseño y planificación de la actividad con ayuda de la IA generativa; analizar los desafíos y reveses que se presentaron durante el proceso; y resaltar la actitud y capacidad innovadora de los docentes auxiliares como generadores de cambios en la enseñanza.

3. Metodología

3.1. Idea y participantes

La idea de la actividad fue de un ayudante de primera de la Cátedra de Farmacognosia (FFYB-UBA) quien convocó a un grupo de 7 docentes auxiliares para la organización y planificación: el comité organizador. Los docentes auxiliares desempeñan tareas en las cinco comisiones de Farmacognosia. La propuesta fue aprobada por la Profesora Asociada a cargo.

3.2. Contenido curricular

En la materia Farmacognosia se aborda con profundidad el tema cromatografía en capa delgada (TLC, por su sigla en inglés) aplicada al análisis de productos de origen natural. La temática es abordada en talleres en el aula y en diferentes trabajos prácticos (Cátedra de Farmacognosia, 2024a). En el año 2024 se proponen 5 TPs en los que se aplica la TLC como herramienta analítica.

3.3. Selección de los TPs involucrados

Para poder abordar diferentes contenidos con la propuesta se decidió trabajar con los TPs que abordan temas como verificación cromatográfica de la presencia de un principio activo en un extracto (TP N°3), desarrollo de un sistema cromatográfico para el análisis de aceite esencial de menta (TP N°4), determinación por TLC de la pureza de un principio activo aislado por cromatografía preparativa (TP N°5) e identificación por TLC (análisis cualitativo) como parte del control de calidad de flores de manzanilla (TP N°8).

3.4 Descripción de la estrategia

La estrategia planteada propone un enfoque lúdico de gamificación inspirado en los Juegos Olímpicos 2024. El nombre propuesto es *Olimpiadas Cromatográficas de Farmacognosia* (OOC). De manera análoga a las diferentes disciplinas deportivas que participan, decidimos implementar cada TP y su correspondiente contenido como una disciplina diferente. Así, en cada una de las 4 disciplinas establecidas (ver punto 3.3) el alumnado puede inscribirse voluntariamente para participar de forma grupal. La competencia se compone de dos instancias: la instancia de grupos y la eliminatoria. En la primera, compiten todos los grupos inscriptos y estos reciben una puntuación por parte de los docentes (comité evaluador, ver más adelante). Mientras que en la segunda sólo compiten los grupos que obtengan las mejores puntuaciones y en cada instancia eliminatoria el ganador es elegido por voto a través de redes sociales tanto por docentes como por alumnos y público general. Luego de la segunda etapa se asignan los

ganadores para cada disciplina: tercer puesto (bronce), segundo puesto (plata) y primer puesto (oro). Los grupos ganadores reciben premios según su puesto.

3.5. Reglamento

El reglamento de la actividad se incluyó en un documento disponible en línea denominado *Bases y condiciones del concurso Olimpiadas Cromatográficas*. Para la redacción de este documento se utilizó la asistencia de ChatGPT (OpenAI, 2024) en tareas como redacción, criterios de evaluación, corrección de texto, ejemplos de bases y condiciones de otros concursos. En este documento se encuentra la actividad descripta en detalle y las condiciones de participación. Su uso busca que la actividad, si bien es lúdica, sea considerada formal.

3.6. Página web

Para el diseño de la página *web* se utiliza la plataforma *Genially* (Genially Web, S.L., 2024) ya que permite de manera rápida y sencilla obtener un recurso a partir de plantillas. Con ella se busca dar un acceso fácil y conciso a la información relevante a la OCCC (Cátedra de Farmacognosia, 2024b).

3.7. Logo y video presentación

Mediante el uso de la IA generativa que permite crear imágenes se crea el logo de las OCCC utilizando DALL·E (OpenAI, 2024). El logo generado por IA es verificado por los docentes y modificado si corresponde. Se filma un video para presentar la actividad en cada comisión en el laboratorio de TP. El guión, dirección y actuación están a cargo del comité organizador.

3.8. Inscripción de docentes como evaluadores y participantes

Para aquellos docentes de la cátedra de Farmacognosia (FFYB-UBA) que quieran participar de la actividad como evaluadores se genera un formulario de inscripción mediante *Google Forms*.

Para cada disciplina se crea un formulario de inscripción mediante *Google Forms* en el que el grupo participante debe cargar una foto del cromatograma obtenido y responder una serie de preguntas de revisión y reflexión sobre lo realizado en cada TP.

3.9. Implementación

Se lleva a cabo la actividad en la cursada de Farmacognosia del segundo cuatrimestre de 2024.

4. Resultados

4.1. Participación docente

La actividad *Olimpiadas Cromatográficas de Farmacognosia* permitió el trabajo en grupo y la colaboración de docentes auxiliares de la cátedra de Farmacognosia (FFYB-UBA). Los integrantes trabajan como docentes en las 5 comisiones disponibles para el año 2024 y como investigadores en diferentes grupos dentro de la cátedra. Se logra así un trabajo con un enfoque diversificado.

4.2. Bases y condiciones

Se logró redactar un documento en el que quedaron establecidas las normas de competición y las condiciones que deben cumplir las personas participantes. En él se establece claramente que el concurso no implica aprobación de la materia ni de ninguno de sus exámenes regulatorios y que la participación es a modo recreativo (Comité Organizador, 2024a).

4.3. Página web

Se propone una [página web](#) disponible en línea a través de la plataforma Genially. La propuesta original se ilustra en la FIGURA1.



FIGURA1. Diseño de la página web de las Olimpiadas Cromatográficas de Farmacognosia

4.4. Logo y video presentación

Con la ayuda de IA generativa se logró crear un logo alusivo a las OOCC luego de modificaciones y correcciones por parte del comité organizador (ver FIGURA2). El [video de presentación](#) de 2:03 minutos de duración se carga en la plataforma YouTube.



FIGURA2. Logo de las Olimpiadas Cromatográficas de Farmacognosia: generado por IA (izq.) y luego de las modificaciones (der.)

4.5. Tiempos

La convocatoria inicial a este proyecto tuvo lugar a principios de junio de 2024. El desarrollo de la planificación y organización descritas en este trabajo culminaron a mediados de agosto de 2024.

5. Conclusiones y expectativas

La idea, planificación y organización de la actividad se llevó a cabo en 2 meses gracias a la participación activa de todos los miembros del comité organizador. La forma diligente y expeditiva de trabajo se debe a que los docentes involucrados poseen sólidos conocimientos técnicos y didácticos en el área.

El concurso OOCC se fundamenta en varias teorías educativas que buscan maximizar el aprendizaje de los estudiantes mediante una experiencia lúdica y participativa. Según la clasificación de objetivos educativos de Benjamin Bloom, el concurso permite a los estudiantes transitar desde niveles de conocimiento básicos, como la comprensión y aplicación, hasta niveles superiores, como la evaluación y síntesis. Al analizar y comparar cromatogramas, los participantes desarrollan habilidades críticas y reflexivas, fundamentales para el aprendizaje profundo (Forehand, 2010).

Basándonos en la teoría de Howard Gardner, la actividad fomenta diversas inteligencias, como la inteligencia lógico-matemática (a través del análisis de resultados y conclusiones), la

inteligencia visual-espacial (mediante la interpretación de los cromatogramas) y la inteligencia interpersonal (a través del trabajo en grupo y la evaluación por pares) (Gardner, 2011).

Al incorporar elementos de juego, como la competencia y la obtención de premios simbólicos, se incrementa la motivación intrínseca de los estudiantes. Algunos autores destacan que la gamificación puede potenciar el compromiso y la perseverancia, transformando tareas tradicionales en experiencias significativas y atractivas (Kapp, 2012; Kapp, 2014; Chans and Portuguese Castro, 2021).

Esta técnica, que implica que los estudiantes evalúen el trabajo de sus compañeros, promueve el aprendizaje colaborativo y la responsabilidad académica. Este enfoque, respaldado por autores como Sánchez-Vera y Prendes-Espinosa (2015), fomenta la reflexión crítica y la autoevaluación, esenciales para el desarrollo de competencias autónomas.

Siguiendo la teoría de Lev Vygotsky, el concurso está diseñado para situarse en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) de los estudiantes, ofreciendo desafíos que, aunque superan su nivel actual de competencia, pueden ser alcanzados con la guía adecuada y la interacción con sus pares. Esto facilita el avance desde el conocimiento actual hacia nuevas habilidades y comprensiones (Bruner, 1986).

En resumen, el concurso OOC no solo busca afianzar los conceptos de Farmacognosia, sino también desarrollar habilidades cognitivas superiores y fomentar un ambiente de aprendizaje colaborativo y motivador. Estos fundamentos didácticos aseguran que la actividad no solo sea educativa, sino también divertida y enriquecedora. Al momento de la presentación de este trabajo, la actividad *Olimpiadas Cromatográficas de Farmacognosia* comenzaba a implementarse en la cursada de Farmacognosia (FFYB-UBA).

Referencias

- Bruner, J. S. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Harvard University Press.
- Cátedra de Farmacognosia. (2024a). *Guía de Trabajos Prácticos*. FFYB - UBA.
- Chans, G. M., & Portuguese Castro, M. (2021). Gamification as a Strategy to Increase Motivation and Engagement in Higher Education Chemistry Students. *Computers*, 10(10), 132. <https://doi.org/10.3390/computers10100132>
- Chapman, J. R., & Rich, P. J. (2018). Does educational gamification improve students' motivation? If so, which game elements work best? *Journal of Education for Business*, 93(7), 315–322. <https://doi.org/10.1080/08832323.2018.1490687>
- Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología de la UNESCO. (2019). Estudio preliminar sobre la ética de la inteligencia artificial. In *Unesdoc - Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823>
- Comité Organizador. (2024a). *BASES Y CONDICIONES del CONCURSO OLIMPIADAS CROMATOGRÁFICAS*. Cátedra de Farmacognosia. <https://drive.google.com/drive/folders/libRRNIEpfCO5HdiVxnUK2kG9eF8Dhj2Q?usp=sharing>
- Evans, W. C., Trease, G. E., & Evans, D. (2009). *Trease and Evans' Pharmacognosy* (16th ed.). Saunders/Elsevier.

- Facultad de Farmacia. (2024). *Farmacognosia*. Guías Académicas; Universidad de Salamanca. <https://guias.usal.es/node/196979>
- Farmacognosia. (2024). *Cronograma de actividades prácticas y de clases teóricas*. Cátedra de Farmacognosia; FFYB-UBA. <https://www.ffyb.uba.ar/catedra-farmacognosia/>
- Forehand, M. (2010). Bloom's Taxonomy. In *Emerging Perspectives on Learning, Teaching, and Technology* (pp. 41–47). Jacobs Foundation.
- Gardner, H. (2011). *Frames of Mind: the Theory of Multiple Intelligences* (3rd ed.). Basic Books.
- Genially Web, S.L. (2024). *Genially, la herramienta online para crear contenido interactivo*. Genially.com. <https://genially.com/es/>
- Gómez Cardosa, D., & Garcia Brustenga, G. (2023). *¿Cómo preguntar a la IA? - Prompts de utilidad para el profesorado para utilizar IA generativa*. eLearning Innovation Center - Universitat Oberta de Catalunya. <http://hdl.handle.net/10609/147885>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? -- a Literature Review of Empirical Studies on Gamification. 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/hicss.2014.377>
- Harvard University. (2023, August 30). *Getting started with prompts for text-based Generative AI tools*. Huit.harvard.edu. <https://huit.harvard.edu/news/ai-prompts>
- International Olympic Committee. (2024). *Olympic Values*. International Olympic Committee. <https://olympics.com/ioc/olympic-values>
- Kapp, K. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Wiley.
- Kapp, K. (2014). Gamification: Separating fact from fiction. *Chief Learning Officer*, 42–52. [https://www.cedma-europe.org/newsletter%20articles/Clomedia/Gamification%20-%20Sep%20arating%20Fact%20from%20Fiction%20\(Mar%2014\).pdf](https://www.cedma-europe.org/newsletter%20articles/Clomedia/Gamification%20-%20Sep%20arating%20Fact%20from%20Fiction%20(Mar%2014).pdf)
- Litwin, E. (2008). *El Oficio De Enseñar* (pp. 1–226). Paidós.
- Morillas Barrio, C. (2016). *Gamificación de las aulas mediante las TIC: un cambio de paradigma en la enseñanza presencial frente a la docencia tradicional* [Tesis doctoral]. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3207/1/TD%20%20Morillas%20Barrio%20c%20C%20c3%20a9sar.pdf>
- OpenAI. (2024). *ChatGPT*. ChatGPT; OpenAI. <https://chatgpt.com/>
- Perkins, D. (1995). *Smart schools: Better Thinking and Learning for Every Child*. The Free Press.
- Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). ChatGPT e Inteligencia Artificial en la educación superior: Guía de inicio rápido. In *Unesdoc - Biblioteca Digital*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146_spa
- Salvatierra, F. (2023). Explorar con la inteligencia artificial generativa en la enseñanza del nivel superior. In M. Lipsman, F. Salvatierra, M. Rodríguez Fermepín, C. Necuzzi, I. Augustovski, V. Maesschalck, G. Hara, M. Thiery, & L. Izquierdo (Eds.), *Enseñar en la universidad - 30 años del Área Pedagógica FFyB - UBA*. Área Pedagógica, Secretaría Académica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.
- Sánchez-Vera, M. del M., & Prendes-Espinosa, M. P. (2015). Beyond objective testing and peer assessment: alternative ways of assessment in MOOCs. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12(1), 119. <https://doi.org/10.7238/rusc.v12i1.2262>
- Università degli studi di Torino. (2024). *Farmacognosia*. Corsi Di Studio in Farmacia - Chimica E Tecnologia Farmaceutiche; Università degli studi di Torino.
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: how game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.
- Zhang, Y., Phipps, L. B., & McDaniel, J. (2017). Pharmacognosy, a Classical Theme Tuned to a Contemporary Melody. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 81(8), 5953. <https://doi.org/10.5688/ajpe5953>

ACCESIBILIDAD EN ESPACIOS UNIVERSITARIOS

Matías Pila¹, Javier Carreras^{1,2}, Maricel Caputo¹, Elías López¹, Daniela Caichug Rivera^{1,2}, Sergio Laurella¹

¹Centro de Estudio de Compuestos Orgánicos (CEDECOR), Universidad Nacional de La Pata, CIC-UNLP, La Plata, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Autores corresponsables: matias.pila89@gmail.com, gjcarreras@gmail.com, maricelcaputo2@gmail.com, eliaslopez567@gmail.com, danyrivera2010@live.com, sllaurella@hotmail.com

Resumen

En las últimas décadas se produjo un significativo avance en términos de la inclusión educativa. En ese marco, entender la falta de accesibilidad no como un aspecto inherente al alumno sino como una cuestión intrínsecamente relacionada con su entorno es fundamental. La Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP cuenta desde 2014 con la Comisión de Ciencias Exactas sobre Discapacidad, que promueve la inclusión académica de alumnos con discapacidades. En este trabajo nos propusimos abordar la falta de accesibilidad a los espacios donde se desarrollan las clases de la asignatura Química Orgánica I, identificando fallas en los espacios de estudio y proponiendo modificaciones que promuevan la inclusión y permanencia de alumnos con discapacidades.

Palabras clave: accesibilidad; discapacidades; inclusión; educación; química.

ACCESSIBILITY IN UNIVERSITY SPACES

Abstract

In recent decades, there has been significant progress in terms of educational inclusion. In this framework, understanding the lack of accessibility not as an inherent aspect of the student but as an issue intrinsically related to their environment is fundamental. Since 2014, the Faculty of Exact Sciences of the UNLP has had the Commission of Exact Sciences on Disability, which promotes the academic inclusion of students with disabilities. In this work, we set out to address the lack of accessibility to the spaces where the classes of the subject Organic Chemistry I are developed, identifying failures in the study spaces and proposing modifications that promote the inclusion and permanence of students with disabilities.

Keywords: accessibility; disabilities; inclusion; education; chemistry.

1. Introducción

Desde el año 2006, con la promulgación de la Ley Nacional de Educación (Ley N.º 26.206), se establece un marco integral para el sistema educativo en Argentina, con un enfoque en la educación inclusiva. La ley reconoce el derecho a una educación de calidad para todos los estudiantes, incluyendo aquellos con discapacidad. La Convención, que Argentina adhirió a través de la Ley 26.378/2008, adopta el Modelo Social de la Discapacidad, el cual considera

que “las causas que dan origen a la discapacidad no son religiosas ni científicas, sino que son preponderantemente sociales”. Por otra parte, la Ley Nacional de Educación Inclusiva (Ley N.º 27.044/2014) reforzó el enfoque inclusivo en el sistema educativo argentino. Dicha Ley establece que todas las personas con discapacidad tienen el derecho a una educación inclusiva, adaptada a sus necesidades, en el mismo entorno que el resto de los estudiantes. La ley busca garantizar el acceso, permanencia y egreso del sistema educativo para todos los estudiantes, sin importar sus condiciones de discapacidad.

Según Suasnábar y Rovelli (2016), “la centralidad de la inclusión educativa en la agenda de política de la Educación Superior expresa la toma de conciencia de los gobiernos respecto de que la ampliación del acceso no necesariamente garantiza la democratización de este nivel”.

¿Pero, qué es la educación inclusiva? Si entendemos que la discapacidad se origina cuando una persona se encuentra con barreras que obstaculizan su plena participación en diversos ámbitos, eliminar dichas barreras es el primer paso en la búsqueda de la inclusión (Palacios, 2008). Para una educación consciente y comprometida con la sociedad es imperioso buscar las formas que favorezcan la inclusión, ya sea eliminando barreras físicas y/o sociales, para incluir a todas las personas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La accesibilidad puede identificarse como una de las maneras de suprimir las barreras para los grupos de personas con discapacidad, lo cual puede suponer complejas intervenciones. F. Alonso (2007) hace hincapié en que actualmente se está reconociendo la implicancia que la accesibilidad tiene en la calidad de vida de las personas. Repensando un diseño de mayor calidad de los espacios y orientado hacia la diversidad de usuarios, cualquier persona debe poder disponer y utilizar con confort y seguridad los entornos, de manera presencial o virtual, en igualdad de condiciones que los demás.

Según F. Aragall (2003), la accesibilidad puede definirse como una característica del entorno que permite a cualquier persona relacionarse con él y utilizarlo de forma segura y respetuosa.

En la UNLP, más precisamente en la Facultad de Ciencias Exactas, desde el año 2014 se estableció la Comisión de Ciencias Exactas sobre Discapacidad. Entre sus funciones se encuentran la concientización a toda la comunidad de la Facultad a través de foros y jornadas, realizar relevamientos de toda la infraestructura a fin de evaluar el estado edilicio para el tránsito y permanencia de personas con discapacidades y proponer las modificaciones necesarias y por último la adecuación de los planes de estudio y de herramientas didáctico-pedagógicas accesibles al equipo docente que faciliten la inclusión académica de los estudiantes que presenten alguna discapacidad.

Ahora bien, ¿por qué creemos que es importante enfocarnos en la accesibilidad para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de la educación química? La educación en Química favorece el pensamiento crítico y analítico de las personas por medio de la comparación, deducción y la observación detallada; desarrolla aptitudes cooperativas, comunicacionales y metodológicas, entre otras (Rendón Fernández y Gómez, 2020). Sin embargo, para que dicho proceso de aprendizaje y enseñanza sea realmente significativo en casos de estudiantes con discapacidad, se debe no solo pensar en el contenido a estudiar, sino en las formas y accesos a la información que se les brinda, de manera que sea equitativo para todo el estudiantado (Tigre Orozco y Jara Cobos, 2022).

Como menciona Foxwell (2024), existen varias estrategias didácticas de las cuales podemos hacer uso para un mejor seguimiento y evaluación del proceso, y así, garantizar la accesibilidad dentro y fuera del aula. Este proceso de evaluación es importante ya que cada caso al que nos enfrentamos es muy particular y requiere de una atención muy grande para poder concluir si efectivamente o no los cambios realizados satisfacen los objetivos propuestos.

2. Objetivo

El objetivo del trabajo es proponer un rediseño de aulas y laboratorios para el dictado de los cursos de Química Orgánica, que aborde diversas medidas de accesibilidad para personas con discapacidad motriz.

3. Propuesta de rediseño

La asignatura de Química Orgánica I es un curso de segundo año del ciclo básico que comprende las carreras de Licenciatura en Química, Biotecnología, Bioquímica, Farmacia, entre otras, de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. Está dirigida a estudiantes que hayan atravesado los cursos introductorios de Química, Física y Matemática. Comprende un amplio espectro de estudiantes con diversos intereses y estilos de aprendizaje.

Siendo la asignatura inicial de Química Orgánica, debe asentar las bases para el futuro académico de los estudiantes en los fundamentos de esta rama de la Química, tanto a nivel teórico como práctico con los trabajos de laboratorio. Por lo tanto, es importante que cada estudiante atraviese esta asignatura de la manera más armoniosa y segura posible, acorde a las necesidades de cada uno.

Como docentes de la Cátedra de Química Orgánica I creemos que es esencial que cada estudiante pueda realizar sin dificultades los experimentos de los trabajos prácticos. Esto es

crucial para desarrollar habilidades en el manejo de los materiales de laboratorio, en la manipulación de sustancias químicas y para adquirir los conocimientos básicos de las normas de trabajo en un laboratorio, además de los contenidos teóricos de la asignatura. Consideramos a las prácticas de laboratorio como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales propuestos en cualquier dispositivo pedagógico (Osorio, 2004).

Por eso, en este trabajo se propone rediseñar los espacios de la asignatura para mejorar la calidad del aprendizaje de todos los estudiantes de manera integral, enfocándonos la accesibilidad.

Como se mencionó previamente, la comisión de discapacidad ha trabajado en numerosos casos de estudiantes que presentaron algunas problemáticas a la hora de comenzar su ciclo lectivo. Tal fue el caso de un estudiante con discapacidad motriz, para lo cual hubo un trabajo en conjunto con la División de Química Orgánica para garantizar el correcto desarrollo de las clases y tratar de prever posibles complicaciones en el transcurso de los laboratorios. En esta oportunidad hubo un gran trabajo desde el punto de la organización, siempre buscando integrar al estudiante en las prácticas.

Teniendo en cuenta que en la actualidad la Cátedra dispone de nuevas aulas y laboratorios, nos proponemos rediseñar los espacios de manera de adaptarlos a las necesidades de los estudiantes, teniendo presentes posibles inconvenientes de accesibilidad, para que futuros estudiantes puedan tener garantizada su participación en cada práctica y puedan formar parte de forma integral de la misma.

La propuesta busca redefinir los espacios de aprendizaje por lo que es necesario el trabajo en conjunto con la Comisión de Discapacidad para conocer las características de los individuos que puedan estar involucradas en el proceso de aprendizaje.

3.1. Espacios de teoría

Las aulas deben rediseñarse para que cualquier estudiante pueda acceder y participar durante las clases. Un gran inconveniente son los pupitres, los estudiantes con discapacidad motriz presentan complicaciones al momento de poder comenzar sus estudios ya que, los pupitres no están adecuados a las necesidades de dichos estudiantes. Así también, la disposición de los bancos es un tanto abarrotada, es importante que siempre se garantice el libre acceso. Por último, los pizarrones no están a una altura para que un estudiante con discapacidad motriz pueda escribir. Durante los últimos años se les ha otorgado a los estudiantes un mayor protagonismo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, por lo que se ha fomentado una mayor

participación en el dictado de las clases normales, como por ejemplo el uso del pizarrón. Por lo que es crucial que todos los estudiantes tengan acceso al mismo y no queden como simples espectadores.

3.2. Espacios de laboratorio

Claramente, la propuesta surgió con la adquisición de estos nuevos espacios (FIGURA 1). Trabajar en laboratorios que llevan años de uso, intentando contemplar estas nuevas necesidades de accesibilidad del aprendizaje, es complejo. Por lo que estos nuevos espacios son un lienzo perfecto para que puedan garantizarse estas necesidades.



FIGURA 1. *Nuevos espacios de Química Orgánica I-UNLP.*

Los obstáculos a la accesibilidad observados en los espacios de teoría siguen existiendo en el laboratorio, pero debemos sumarle uno nuevo y más importante: la mesada.

La mesada es el mayor instrumento de enseñanza dentro del laboratorio. Pero, claramente, no está al alcance de todos los estudiantes. Comprender, diagramar y diseñar un trabajo experimental sobre una mesada parece algo natural para cualquiera de nosotros, pero es algo que se logra con la experiencia, desde conectar una manguera y corroborar que el equipo se encuentre en la posición adecuada para no derramar agua en la mesada, hasta trabajar en condiciones estrictas para la correcta manipulación de reactivos.

La realidad, es que hoy en día no existe un laboratorio que le permita a estudiantes con discapacidad motriz tener un acceso seguro para el trabajo experimental. Por lo que, proponemos la implementación de una mesada que cumpla con los requerimientos de altura,

para que estos estudiantes puedan participar y adquirir estos conocimientos, como el resto de sus compañeros: de manera segura e integral.

4. Conclusiones

En conclusión, el proceso descrito en el trabajo subraya un compromiso integral con la accesibilidad y la inclusión educativa en Argentina, destacando avances normativos como las leyes de Educación Inclusiva y el Modelo Social de la Discapacidad. Sin embargo, su implementación práctica requiere evaluaciones constantes. Por un lado, se reconoce la necesidad de eliminar barreras físicas y sociales para garantizar el acceso pleno de los estudiantes con discapacidad a los entornos educativos. En particular, la adaptación de las aulas y laboratorios en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP evidencia un esfuerzo por mejorar la infraestructura y los recursos didácticos para favorecer la participación equitativa.

A través de estas iniciativas, surgen desafíos importantes. La accesibilidad no debe limitarse a la infraestructura, sino también contemplar la personalización de las prácticas educativas, como se plantea en el rediseño de los espacios de aprendizaje de la cátedra de Química Orgánica I. Además, no hay que olvidar que la Química, como ciencia experimental, posee características únicas que pueden complejizar la experiencia educativa de los estudiantes para los que no se han tenido en cuenta los problemas de accesibilidad en la educación. Es por esto por lo que creemos que el primer paso es visibilizar las deficiencias que, en la actualidad, siguen existiendo en los espacios universitarios con respecto a la accesibilidad y el impacto que generan en el desarrollo académico de los estudiantes. Evaluar el impacto de estas reformas exige analizar si las modificaciones cumplen con las expectativas de inclusión, permitiendo que todos los estudiantes accedan a una experiencia académica de calidad. El trabajo conjunto entre docentes y la Comisión de Discapacidad es crucial para seguir mejorando la efectividad de estas medidas, y resulta imperativo desarrollar herramientas de monitoreo que aseguren que se están logrando los objetivos de inclusión propuestos. El uso de las nuevas tecnologías digitales son las herramientas perfectas para acompañar y evaluar dicho proceso.

Herramientas como el M-learning, plataformas y laboratorios digitales pueden ser utilizadas para acompañar y, además como medios de evaluación en el rediseño con foco en la accesibilidad, contemplado en la enseñanza, y sus resultados en el aprendizaje.

Referencias

Alonso, F. (2007). *Algo más que suprimir barreras conceptos y argumentos para una accesibilidad universal*. Revista de Traductología TRANS, 11, pp. 15-30.

- Aragall, F. (2003). *Eca, European concept for accessibility*. Ed: Info Handicap, Luxembourg.
- Foxwell, A. (2024). *La accesibilidad en la educación: cinco estrategias*. Recuperado el 17 de octubre de 2024 de <https://www.readspeaker.com/es/blog/educacion-accesibilidad/>
- Osorio, Y.W. (2004). *El experimento como indicador de aprendizaje*. Boletín PPDQ, No. 43, pp. 7-10.
- Palacios, A. (2008). *El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*. Madrid: CINCA.
- Rendón Fernández, M. y Gómez, V. (2020). *Desarrollo de competencias científicas en cursos de Química*. Encuentro de Ciencias Básicas (4): Las ciencias básicas y los nuevos retos. Experiencias significativas en el aula y I Congreso internacional de Red de Departamentos de Ciencias Básicas: ciencia y tecnología, 4(1), 46-57.
- Suasnábar, C. y Rovelli, L. (2016). Ampliaciones y desigualdades en el acceso y egreso de estudiantes a la educación superior en la Argentina. En I. Aranciaga (Ed.), *La universidad y el desafío de construir sociedades inclusivas: debates y propuestas sobre modelos universitarios desde una perspectiva comparativa* (pp. 68-91). Río Gallegos: Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
- Tigre Orozco, M.C. y Jara Cobos, C.V. (2022). *La enseñanza de la química a estudiantes con discapacidad intelectual leve y moderada: estudio de caso*. Revista Cubana de Educación Superior. Volumen. 41(1). La Habana.

UNA ASIGNATURA PARA LA FORMACIÓN EN COMPETENCIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN EN MÁSTERES DE CIENCIAS Y DE INGENIERÍAS: ESTRUCTURA Y RESULTADOS

Gabriel Pinto Cañón, Victoria Alcázar Montero

Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química (GEDH). Reales Sociedades Españolas de Física (RSEF) y de Química (RSEQ).

Autores corresponsables: gabriel.pinto@upm.es, mariavictoria.alcazar@upm.es

Resumen

Se recogen las características de la asignatura “Comunicación y Divulgación de la Ciencia y de la Técnica”, implementada en 2017 y desarrollada desde entonces, en algunos Másteres Universitarios que se imparten en la Universidad Politécnica de Madrid. Se explican sus objetivos, resultados de aprendizaje esperados, temario y criterios de evaluación. Se finaliza con una reflexión sobre los resultados alcanzados, según las encuestas de los alumnos y la práctica docente. En la materia, se tratan temas muy variados, relacionados con el lenguaje de la ciencia y la tecnología (expresión de resultados, vocabulario, fuentes de información...), la forma de comunicar y difundir en esos ámbitos (artículos científicos, libros, normas, patentes, blogs, etc.) y aspectos sobre su divulgación (publicaciones, ferias, eventos para niños, hitos en historia de la ciencia...). Todo esto, junto con ejemplos de enfoques CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), configura una asignatura optativa, que ofrece vías para la formación en competencias de comunicación para el alumnado de másteres de ciencias y de ingenierías.

Palabras clave: artículo científico, competencias, comunicación oral y escrita, divulgación, fuentes de información.

A SUBJECT FOR TRAINING IN COMMUNICATION AND DISSEMINATION SKILLS IN IN SCIENCE AND ENGINEERING MASTER'S DEGREES: STRUCTURE AND RESULTS

Abstract

The characteristics of the subject "Communication and Dissemination of Science and Technology", implemented in 2017 and developed since then, in some University Master's Degrees taught at the Polytechnic University of Madrid, are collected. Its objectives, expected learning outcomes, syllabus and evaluation criteria are explained. It ends with a reflection on the results achieved, according to the surveys of the students and the teaching practice. In the subject, a wide variety of topics are discussed, related to the language of science and technology (expression of results, vocabulary, sources of information...), the way of communicating and disseminating in these areas (scientific articles, books, standards, patents, blogs, etc.) and aspects of their dissemination (publications, fairs, events for children, milestones in the history of science...). All this, together with examples of STS (Science-Technology-Society) approaches, makes up an optional subject, which offers ways for training in communication skills for students of science and engineering master's degrees.

Keywords: scientific article, skills, oral and written communication, dissemination, sources of information.

1. Introducción

En el curso académico 2017/2018 se implantó, en la Universidad Politécnica de Madrid, la asignatura de “Comunicación y Divulgación de la Ciencia y la Tecnología” de 3 créditos ECTS —el ECTS, *Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos*, por sus siglas en inglés, es el sistema adoptado por las universidades del *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES) para garantizar la homogeneidad de los estudios que ofrecen; un crédito ECTS equivale a entre 25 y 30 horas de dedicación del alumno a distintas actividades— Desde ese curso, se viene impartiendo, dentro de los estudios de Máster Universitario en Ingeniería Industrial y en Ingeniería Química. En ambos casos, el máster tiene una duración de dos cursos académicos, con 120 créditos ECTS en total, y la citada materia forma parte de la oferta de las conocidas como “asignaturas de competencias transversales”, todas ellas optativas. Se puede elegir, indistintamente, tanto en el primero como en el segundo curso. Se trata de una asignatura que, a priori, suele ser sorpresiva para los alumnos cuando la ven en el plan de estudios, pues es de las pocas que no se refieren a aspectos meramente científicos o técnicos. En este artículo, se presentan las características principales de esta materia, sobre la que se han realizado algunas modificaciones con el tiempo, con vistas a su mejora. Además, se exponen los resultados alcanzados hasta la fecha y las perspectivas de futuro. Este trabajo se complementa con lo recogido en otro publicado recientemente (Pinto y Alcázar, 2024).

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es exponer los resultados alcanzados durante los siete cursos académicos en los que se ha impartido la asignatura citada, con idea de difundirlo entre otros colegas que plantean emprender acciones similares para másteres, o incluso estudios de Grado, de ciencias o de ingenierías. En el contexto de los correspondientes planes de estudio, y según figura en su guía de aprendizaje, la asignatura contribuye al desarrollo de las siguientes competencias en los estudiantes:

- Poseer habilidad para comunicar eficazmente.
- Adquirir conocimiento de los temas contemporáneos.
- Saber comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades.
- Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto-dirigido o autónomo.

Los resultados de aprendizaje concretos que se pretenden conseguir con los estudiantes son:

- Conocer la aportación de la ingeniería al desarrollo de la humanidad.
- Organizar la información.
- Conocer la influencia de los descubrimientos científicos y técnicos en la transformación de las sociedades.
- Ampliar sus destrezas comunicativas, entendiendo éstas, como la capacidad para transmitir conocimientos, expresar ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios.
- Utilizar correctamente técnicas de comunicación oral y escrita.

3. Descripción de la asignatura

3.1. Temario

En esta asignatura, diseñada para alumnos que poseen ya una titulación de Grado en ingeniería o en ciencias, se abordan diversos aspectos relacionados con la comunicación (difusión) y divulgación tanto de la ciencia como de la tecnología. Así, se tratan aspectos relacionados con: (i) el lenguaje científico (expresión de resultados experimentales, uso de unidades adecuadas a cada caso, fuentes de información...); (ii) comunicación y difusión en las áreas STEAM (por las siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) a través de publicaciones (artículos, pósteres en congresos, patentes, normas...), y la comunicación oral (presentaciones de trabajos fin de carrera, presentaciones breves en congresos...); (iii) divulgación de la ciencia y la tecnología (publicaciones divulgativas, ferias científicas, hitos históricos...). Para ello, se exponen aspectos teóricos de estos temas y, además, se realizan ejercicios prácticos mediante los que el alumnado deberá aplicar tanto las habilidades de comunicación como competencias específicas adquiridas en el Grado y en lo cursado del propio Máster. El temario de la asignatura es el siguiente:

Bloque 1. El lenguaje de la ciencia y la tecnología.

- 1.1. El lenguaje científico y tecnológico.
- 1.2. Expresión de resultados experimentales.
- 1.3. Significado y vocabulario en torno a un resultado emblemático de la ciencia: la tabla periódica de los elementos químicos.
- 1.4. Fuentes de información: libros, revistas especializadas, portales de Internet y otras.

- 1.5. Búsqueda y gestión de documentación científica y técnica.
- 1.6. Introducción a los enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S).

Bloque 2. Comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología

- 2.1. Elaboración de publicaciones científicas y de ingeniería: artículo en revista especializada, póster, monografía e informe.
- 2.2. Comunicación de trabajos en reuniones científicas: introducción, estudio de casos (como las Conferencias Solvay) y presentaciones orales.
- 2.3. Introducción a la normalización.
- 2.4. Introducción a las patentes.
- 2.5. Otras formas de comunicar ciencia: blogs.

Bloque 3. Divulgación de la ciencia y la tecnología.

- 3.1. Ferias científicas y exposiciones para todos los públicos.
- 3.2. Otras vías de divulgación: libro, artículo, infografía, vídeo, blog...
- 3.3. Eventos científicos para niños y jóvenes.
- 3.4. Juguetes e ingenios científicos: de la curiosidad a su uso educativo.
- 3.5. El museo como fuente de recursos para la divulgación y la difusión.
- 3.6. Algunos hitos de la historia de la ciencia y de la técnica.

Como se observa, el contenido está estructurado en tres bloques, en los que se tratan, de forma consecutiva: características generales del lenguaje empleado en ciencia y tecnología, formas de abordar la comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología, y cómo divulgar (y por tanto comunicar a públicos no necesariamente expertos) estas áreas. El contenido se imparte en 14 clases de 2 horas de duración, una vez a la semana. Entre las fuentes utilizadas para preparar los contenidos, destacan un buen número de páginas Web, el libro de Davis *et al.* (2012) y otros recursos (Alcázar y Pinto, 2023).

3.2. Criterios de evaluación

De acuerdo con la normativa de la Universidad, se realiza en la asignatura el sistema de evaluación distribuida o progresiva. Es, por tanto, una evaluación formativa-sumativa y consiste en:

- Realización y presentación de trabajos individuales. Suponen un 60% del peso de la nota. Los detalles específicos se actualizan en la plataforma *Moodle*; consisten esencialmente en

realizar un portafolio a lo largo del curso, por parte de cada alumno, en el que debe ir reflejando lo tratado en las clases, desde una perspectiva personal, con aportaciones propias. Se valora la actualización, las aportaciones creativas y, dada la naturaleza de la asignatura, el rigor y el estilo de la edición. También es el medio en el que los alumnos incluyen la resolución de ejercicios y casos que se van proponiendo. A través de la plataforma, los profesores comentan a los alumnos la impresión sobre el desarrollo del trabajo.

- Realización y presentación grupal de trabajos sobre aspectos concretos relacionados con la comunicación y la divulgación de la ciencia y la tecnología. Con un 40% del peso de la nota, los detalles específicos también se actualizan en la plataforma *Moodle*. La tarea consiste esencialmente en elaborar, en grupos de tres alumnos, un trabajo con estructura de artículo científico y presentar una ponencia oral (estructura de simposio, el último día de clase). Dos alumnos actúan como editores y presidentes de sesión, respectivamente. El contenido es variado: temática del trabajo fin de máster, una cuestión de ciencia, una biografía, etc. Los alumnos, aparte de escribir y exponer trabajos, hacen de revisores, coordinados por los editores que, al final, deben entregar un ejemplar de la “revista” editada. Los trabajos se valoran por los profesores y los alumnos, mediante rúbricas consensuadas.

Si un alumno no participa o no realiza satisfactoriamente las actividades de evaluación distribuida o progresiva, tiene que realizar el examen final (convocatoria extraordinaria) de la asignatura.

3.3. Temas tratados

Sin pretender abordarlo de forma exhaustiva, sí se considera conveniente destacar algunas de las ideas que se intentan transmitir a través del desarrollo de los distintos temas. Se podrá observar que, aparte de discutir aspectos generales de comunicación y divulgación de ciencia y tecnología, se enfocan aspectos específicos considerando que se trata de titulaciones de ciencias e ingeniería.

3.3.1. Contenidos del Bloque 1: El lenguaje de la ciencia y la tecnología

Una vez presentada la asignatura en clase, se realiza una introducción al conocido como *Proceso de Bolonia* (Pinto, 2010) al tratar en el tema 1.1 (el lenguaje científico y tecnológico). Se pretende que los alumnos entiendan la evolución de los últimos años de las titulaciones universitarias, incluyendo la que cursan y aspectos como lo que significa el crédito ECTS, la promoción de la calidad y la acreditación, la promoción de la dimensión europea de la educación superior, el aprendizaje a lo largo de la vida (con la importancia que conlleva en ello

la formación en competencias) y los estudiantes como colaboradores activos. También, se presenta lo que se va a tratar en la materia, con ejemplos. Así, se introduce la figura de Pilar Careaga Basabe (1908-1993), la primera ingeniera titulada de España, como ejemplo histórico de formación “en competencias”, aunque no de forma tan sistemática como en la actualidad, cuando en 1929 tuvo que conducir un tren como parte de las prácticas de su último curso de su carrera de ingeniería industrial. Con una ilustración (ver FIGURA 1), se expone cómo se trata su vida para que los niños y niñas accedan a su conocimiento (ejemplo de divulgación).



FIGURA 1. Pilar Careaga, primera titulada en ingeniería en España, en fotografía publicada en la revista *Estampa* (n° 59, febrero de 1929), y en la web “No me cuentes cuentos” de relatos infantiles protagonizados por 100 mujeres españolas de vidas inspiradoras.

También se introducen ejemplos de vocabulario actual sobre la temática, explicando lo que significa educación o áreas STEM y STEAM, la descripción del ámbito y actores de la comunicación científica (ver FIGURA 2) y ejemplos puntuales de búsqueda de datos a través de la web. También se incluyen nociones generales sobre el lenguaje y la peculiaridad del lenguaje científico como son: escritura científica (características, tecnicismos, palabras de origen griego y latino, abreviaturas...), unidades de medida, nombres y símbolos de unidades, y algunas fuentes de consulta, como la Real Academia Española, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) o la Fundación del Español Urgente Fundéu BBVA). Además, el propio desarrollo del tema lleva a comentar aspectos puntuales, como los acortadores de direcciones URL, o el origen de lo que significó la denominación de *Power Point* (se aprecia al presionar sobre las teclas de punto o de coma mientras se expone con este popular programa de presentaciones). En el tema 1.2 se aborda el análisis de cómo la expresión de resultados experimentales se realiza normalmente a través de tablas y gráficas, de forma

adecuada. Por su parte, en el tema 1.3 se introduce un ejemplo emblemático de lo que se trata en el curso, como es el significado y vocabulario en torno a un resultado relevante de desarrollo de la ciencia: la tabla periódica de los elementos químicos (Pinto, 2019). Se presenta su historia, destacando el intercambio que ha supuesto de comunicación a través de libros y revistas científicas, como obra colectiva que es. También se tratan aspectos como la contribución española a su desarrollo y cómo es un icono cultural.

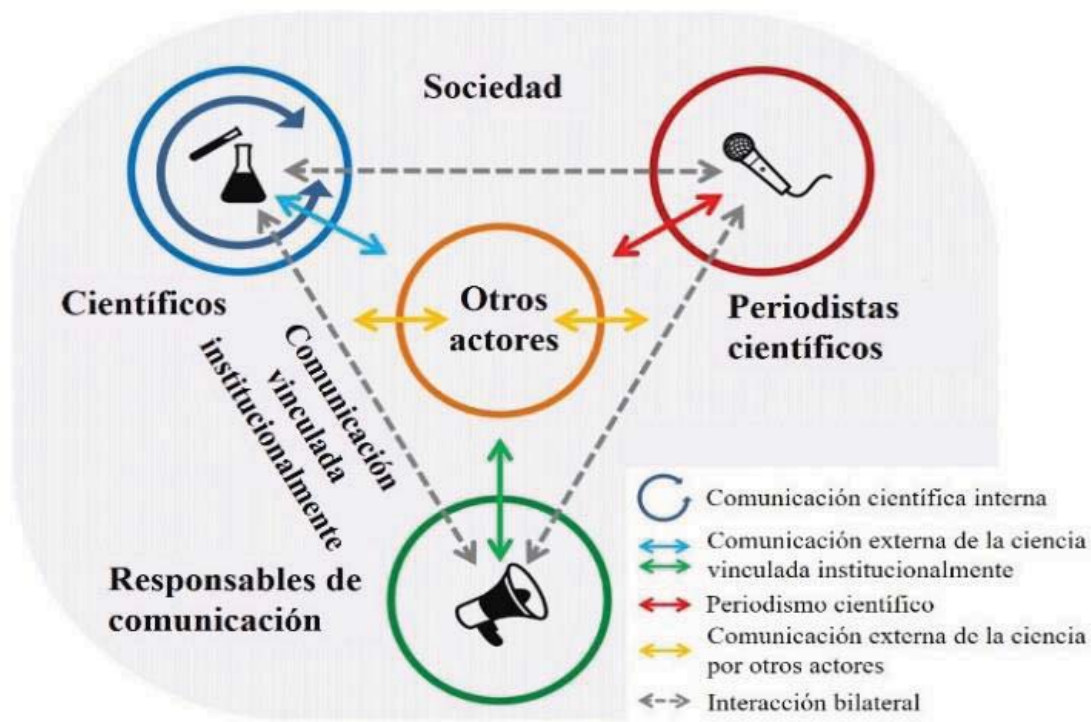


FIGURA 2. Descripción esquemática del ámbito y actores de la comunicación científica. Traducido del esquema de C. Könniker (por By Spektrumdw - Own work, CC BY-SA 4.0).

En el tema 1.4 se muestran ejemplos de las fuentes de información más habituales para la comunicación científica, destacando los libros (historia, características, datos esenciales como el ISBN...) y las revistas especializadas. De estas, se tratan múltiples aspectos sobre los artículos científicos, como: origen de las revistas científicas, crecimiento exponencial de publicaciones en los últimos años, proceso editorial donde se destaca la “evaluación por pares”, el “efecto Matilda” (Rossiter, 1993) como prejuicio en contra de reconocer los logros de científicas, tipos de revistas, *open access*, medidas del impacto de artículos e indicadores de revistas (JCR, SJR, cuartiles, DOI...) y autores (como el índice H), así como las controversias actuales con las denominadas “revistas depredadoras”. Se destaca aquí la importancia de todo

esto en la carrera profesional de docentes e investigadores (algo poco conocido por los alumnos). De forma más breve, se introducen otras aportaciones de textos científicos y técnicos, como son: artículo de revisión, informe de conferencia, portal de internet, informe, tesis, monografía, aportaciones en congreso, norma técnica y patente. Se termina el tema, discutiendo sobre algunos portales con información pseudocientífica. En el tema 1.5 se explica cómo se puede buscar y gestionar la documentación científica y técnica y, finalmente, en el tema 1.6 se esbozan los enfoques Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S), para lo que se exponen ejemplos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el enfriamiento del agua en recipientes de cerámica porosa, el fundamento de las calderas de condensación (y su repercusión para ahorro de energía y disminución de emisiones de CO₂), y el tratamiento de la ciencia en los medios de comunicación.

3.3.2. Contenidos del Bloque 2: Comunicación y difusión de la ciencia y la tecnología

En el bloque 2, se aborda cómo elaborar las publicaciones científicas y de ingeniería, una vez que, en el bloque anterior, se estudiaron sus características. Así, en el tema 2.1 se analiza la elaboración de publicaciones científicas y de ingeniería, destacando el artículo en revistas especializadas. Para ello, se explica lo que significa, el modelo IMRAD (*Introduction, Methods, Results and Discussion*) y cómo es la estructura general de artículo científico (título, autoría y afiliación, resumen, palabras clave, texto principal (contenido IMRAD), conclusiones, agradecimientos, referencias y material de soporte (abreviaturas y símbolos, apéndice, y material complementario). Aparte de todo lo anterior, se da un énfasis especial a la ética en la publicación (plagio, auto-plagio, derechos de autor...) y a la forma de indicar citas y referencias bibliográficas –con ejemplos de gestores bibliográficos–. También se explica en este tema cómo hacer un póster de congreso (por su analogía con el artículo científico) y se destacan otras vías de comunicación como monografías e informes técnicos. En el tema 2.2 se explica lo que son y cómo se preparan las comunicaciones de trabajos en reuniones científicas. Se tratan aspectos como los objetivos y tipos de estos eventos (congreso, simposio, jornadas...), estructura, características y, muy especialmente, cómo se prepara y se realiza una presentación oral de forma efectiva (selección de contenidos, diseño, ensayo, puesta en escena...). Esto tiene especial importancia, pues se comunica a los alumnos que es importante no solo para congresos, sino para otras situaciones como su defensa del trabajo fin de máster. Para dar contenido concreto y fomentar la cultura, se ponen ejemplos concretos de eventos emblemáticos, como las Conferencias Gordon de EE.UU. y, de forma especialmente intensa por su contexto histórico, las Conferencias Solvay de Física y de Química (Pinto *et al.*, 2015;

Pinto *et al.*, 2016), que se celebran en Bruselas desde 1911. Estas son un claro ejemplo, también, de historia del desarrollo científico (como es el caso del nacimiento de la física cuántica) y su contexto histórico (financiación por el empresario y mecenas Ernest Solvay, interrelación entre científicos de diferentes países como Albert Einstein, Marie Curie o Blas Cabrera, las dos guerras mundiales, el relevo de Estados Unidos frente a Europa en la importancia del desarrollo científico, etc.). El bloque 2 se termina con estos tres temas: 2.3 Introducción a la normalización, 2.4 Introducción a las patentes y 2.5 Otras formas de comunicar ciencia, donde se destacan los blogs.

3.3.3. Contenidos del Bloque 3: Divulgación de la ciencia y la tecnología.

En el bloque 3 se analiza cómo se comunica ciencia y tecnología a públicos no especializados. Tras introducir su importancia y aportar nociones históricas del tema (Pinto, 2024) se tratan estos temas: 3.1 Ferias científicas y exposiciones para todos los públicos, donde se destacan los objetivos, la metodología y las medidas de seguridad necesarias para las demostraciones científicas; 3.2 Otras vías de divulgación (libro, artículo, infografía, vídeo, *blog...*), destacando ejemplos; 3.3 Eventos científicos para niños y jóvenes, que conllevan características especiales; 3.4 Juguetes e ingenios científicos: de la curiosidad a su uso educativo, donde se incluyen ejemplos relacionados con la tecnología (pájaro bebedor, *energy stick*, radiómetro de Crookes, etc.); 3.5 El museo como fuente de recursos para la divulgación y la difusión; y 3.6 Algunos hitos de la historia de la ciencia y de la técnica. En este último tema se tratan aspectos que incluso varían con los años, según la actualidad (exposición, efemérides...). Algunos ejemplos típicos tratados en la asignatura son: Vida y obra de algún científico, como Antonio de Ulloa o Andrés Manuel del Río, la colección pictórica de Maxam (Pinto y Garrido-Escudero, 2016), y paseos culturales con temática científica por Madrid.

4. Resultados

Los alumnos, en general, no se implican de una manera intensa en el desarrollo de la asignatura, pero es comprensible dado el poco tiempo de que disponen por la naturaleza de los estudios que cursan y por el hecho de que muchos están realizando simultáneamente prácticas en empresa e incluso trabajan ya con nivel de ingenieros. La percepción general es que hay bastante variabilidad en cuanto al interés, de forma que hay estudiantes que se involucran con especial interés y otros que, seguramente, consideran la materia únicamente un requisito “fácilmente aprobable” para conseguir 3 créditos ECTS y no la dedican el tiempo necesario. Esta idea se refuerza con el hecho de que, en las encuestas de los alumnos sobre la asignatura,

existe una gran desviación típica en los resultados. En la Tabla 1 se recogen algunos valores de las evaluaciones sobre diversos aspectos que se han destacado para los objetivos de este trabajo. No se han incluido los resultados anteriores a 2021 por falta de respuestas de los alumnos (en algún caso, como en 2020, por las peculiaridades de la enseñanza telemática característica de la pandemia). Incluso en 2023 la respuesta estuvo limitada a dos alumnos. Aparte de lo que se refleja meramente en las encuestas, se puede decir que la asignatura está convenientemente implantada, dentro de las materias optativas que facilitan la formación en competencias transversales. Como se observa en la TABLA 1, dentro de la respuesta limitada y gran variabilidad encontradas, los alumnos valoran de forma positiva (y de forma creciente con los años), que la asignatura es importante para su actividad profesional y que están satisfechos con ella. La “queja” mayor suele ser que implica un “exceso de trabajo” para los créditos que supone. En todo caso, los profesores consideramos que ese trabajo es necesario, para aplicar los conocimientos adquiridos, y sí se corresponde con los créditos ECTS asignados.

TABLA 1. *Valores medios y desviaciones estándar de las respuestas de los alumnos, entre 0 (completamente en desacuerdo) y 10 (completamente de acuerdo), sobre cuestiones referentes a la asignatura.*

Cuestión para valorar por los alumnos	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
No hay solapamiento con contenidos de otras asignaturas	6,4 ± 2,9	8,5 ± 1,6	7,5 ± 1,5	9,2 ± 1,4
El modo de evaluación es adecuado	7,8 ± 2,9	7,9 ± 2,6	5,5 ± 2,5	8,4 ± 2,0
La carga de trabajo se adecúa a los créditos asignados	5,8 ± 2,6	5,7 ± 3,1	9,5 ± 0,5	8,8 ± 1,6
Es importante para mi actividad profesional	6,1 ± 2,9	5,6 ± 2,7	7,5 ± 0,5	8,8 ± 1,6
En general, estoy satisfecho con su desarrollo	6,0 ± 2,9	6,7 ± 2,7	6,5 ± 1,5	8,6 ± 1,6
Nº respuestas / nº alumnos totales	16/22	10/19	2/16	14/22

Por otra parte, los alumnos agradecen, tanto en comentarios en las encuestas como en conversaciones informales, que la asignatura les informa de contenidos variados, con implicaciones en ingeniería, aunque también señalan que hay cierto sesgo a temas de química. Es cierto que muchos ejemplos son de esta área, dada la experiencia del profesorado que la imparte y el hecho de que algunos alumnos cursan el Máster Universitario en Ingeniería Química.

Hasta la fecha, muy pocos alumnos que cursan los másteres en los que se imparte la asignatura manifiestan que desean emprender carreras investigadoras. Si ese fuera el caso, probablemente la asignatura impactaría más en la formación de los alumnos, dado que hay aspectos como la elaboración de artículos científicos o la presentación de ponencias en

congresos, más relacionados en ese ámbito que en la carrera profesional en empresas. Por eso, se insiste con ellos en que lo tratado sirve también para elaboración de otro tipo de documentos escritos y presentaciones orales. De hecho, no es extraño que los alumnos señalen que se les ha pedido entregar trabajos y presentar temas, en cursos anteriores, pero casi ninguno ha sido formado específicamente para ello. Reciben con curiosidad el bloque sobre divulgación. Aunque suelen apreciarlo como algo interesante, y se implican más intensamente en aspectos como la explicación de los juguetes o ingenios científicos, no lo perciben como algo tan relacionado con sus presentes o futuras tareas, como lo tratado en los dos bloques previos. Pero se les insiste en que, en muchas empresas e instituciones, la labor divulgadora es cada vez más relevante, para acercar la ciencia y tecnología a la ciudadanía.

5. Conclusiones

El hecho de impartir una asignatura de formación en competencias de comunicación para científicos e ingenieros en formación creó inicialmente una incertidumbre e inseguridad en el profesorado encargado de ello, principalmente porque, aun estando involucrado por su experiencia en estos temas, no tenía una formación específica reglada sobre ello. No obstante, desde los primeros cursos, se fue afianzando tanto el desarrollo de la asignatura como el convencimiento de que es de gran utilidad para los alumnos. Aparte de la variedad de temas y contenidos de tipo Ciencia-Tecnología-Sociedad para ilustrar lo tratado, se valora el hecho de que los alumnos, en parte, se evalúan entre ellos. También se destaca que se entiende que, con lo tratado, darán especial valor a aspectos de comunicación tanto de su labor presente como de la que desarrollen en su carrera profesional.

Agradecimientos

Se agradece la ayuda recibida por la Comunidad de Madrid, a través del Convenio Plurianual con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), dentro de la línea de actuación «Programa de Excelencia para el Profesorado Universitario», en el marco del V Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica, PRICIT. También se agradece la ayuda de la UPM, por el proyecto “Madrid con Ciencia: Paseos para descubrir nuestro pasado científico” (Convocatoria de «Proyectos de Aprendizaje-Servicio» del año 2023).

Referencias

- Alcázar, V., & Pinto, G. (2023). Recursos para la didáctica de las ciencias. En “Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)”, M. González Montero de Espinosa y A. Herráez Sánchez (Editores), pp. 11-16, Ed. Grupo SM.
- Davis, M., Davis, K. J., & Dunagan, M. (2012). Scientific papers and presentations. Academic Press.

- Pinto, G. (2010). The Bologna process and its impact on university-level chemical education in Europe. *Journal of Chemical Education*, 87(11), 1176-1182.
- Pinto, G. (2019). La tabla periódica como recurso imprescindible para el aprendizaje y la divulgación de las ciencias. *Educación en la Química*, 25(2), 17-52.
- Pinto, G. (2024). Pasión por la química: Referentes históricos y actuales de la química recreativa e implicaciones en la enseñanza y la divulgación, *Métode*, 120, 55-64.
- Pinto, G., & Alcázar, V. (2024). Implementación de una asignatura de comunicación y divulgación de la ciencia para titulaciones universitarias de ciencia e ingeniería. *Anales de Química*, 120(3), 145-150.
- Pinto, G., & Garrido-Escudero, A. (2016). Chemistry and explosives: An approach to the topic through an artistic and historical contribution made by a Spanish global explosives supplier. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 103-110.
- Pinto, G., Martín, M., & Martín, M. T. (2015). Las Conferencias Solvay: una oportunidad para la didáctica (parte I). *ConCIENCIAS. Digital: Revista de Divulgación Científica de las Facultad de Ciencias de Zaragoza*, 16, 46-63.
- Rossiter, M. W. (1993). The Matthew Matilda effect in science. *Social Studies of Science*, 23(2), 325-341.

CROMATOGRAFÍA GASEOSA CON DETECTOR ECD PARA PRINCIPIANTES: UN PASO A PASO

Yamila Belén Díaz¹, Marina Belén Catalano^{1,2}, Facundo Atilio Vallejos¹,
Giselle Anahí Berenstein^{1,2}

¹Área de Química, Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. Buenos Aires, Argentina.

Autores corresponsables: ybdiaz@campus.ungs.edu.ar, mcatalano@campus.ungs.edu.ar,
favallejos@campus.ungs.edu.ar, gberenst@campus.ungs.edu.ar

Resumen

Este trabajo presenta una secuencia didáctica implementada en la asignatura Laboratorio III, parte de la Tecnicatura Universitaria en Química (TUQ) e Ingeniería Química (IQ) que ofrece nuestra universidad. El enfoque permite enseñar y relacionar conceptos experimentales y teóricos básicos de la cromatografía gaseosa (GC) con detector de captura de electrones (ECD), centrándose en el uso del instrumento, la variación de parámetros y la optimización del proceso a través de diversas variables cromatográficas. A lo largo de la secuencia, los alumnos ajustan un método cromatográfico hasta obtener parámetros óptimos, adquieren autonomía en el uso del cromatógrafo gaseoso y del software de procesamiento de cromatogramas, identifican analitos por comparación con estándares y cuantifican mediante estándar externo. El análisis de la evaluación de desempeño de la actividad muestra que, aunque en algunos conceptos, como la válvula split y el fenómeno de trampa fría, presentaron mayores dificultades, la comprensión general de la técnica supera el 50 %, destacándose un 81 % en temas como la fase estacionaria y su interacción con los analitos. Estos resultados permiten identificar áreas de mejora para ajustar la secuencia didáctica y reforzar conceptos en cursos previos.

Palabras clave: GC-ECD; tecnicatura universitaria; química instrumental; cromatografía; secuencia didáctica.

GAS CHROMATOGRAPHY WITH ECD DETECTOR FOR BEGINNERS: A STEP-BY-STEP GUIDE

Abstract

This paper presents a didactic sequence implemented in the subject Laboratory III, part of the University Technician in Chemistry (TUQ) and Chemical Engineering (IQ) offered by our university. The approach allows teaching and relating basic experimental and theoretical concepts of gas chromatography (GC) with electron capture detector (ECD), focusing on the use of the instrument, the variation of parameters and the optimization of the process through various chromatographic variables. Throughout the sequence, students adjust a chromatographic method until optimal parameters are obtained, acquire autonomy in the use of the gas chromatograph and chromatogram processing software, identify analytes by comparison with standards and quantify using an external standard. The analysis of the performance evaluation of the activity shows that, although in some concepts, such as the split valve and the cold trap phenomenon, they presented greater difficulties, the general understanding of the technique exceeds 50%, with 81% standing out in topics such as the stationary phase and its interaction with analytes. These results allow us to identify areas for improvement to adjust the didactic sequence and reinforce concepts in previous years.

Keywords: GC-ECD; university technician; instrumental chemistry; chromatography; didactic sequence.

1. Introducción

La cromatografía de gases es una técnica fundamental para el análisis cualitativo y cuantitativo de diversos analitos, reconocida por su rapidez, sensibilidad y selectividad. Puede combinarse con detectores como el espectrómetro de masas (MS) y el detector de captura de electrones, entre otros (Kaal y Janssen, 2008). Actualmente, desempeña un rol crucial en la identificación y cuantificación de contaminantes ambientales (Santos y Galceran, 2002), siendo los detectores ECD especialmente adecuados para compuestos halogenados, como los plaguicidas (Samsidar, Siddiquee y Md Shaarani, 2018). Además, su amplio uso en la industria química plantea un desafío en la capacitación de estudiantes de carreras universitarias y pre-universitarias (Xie et al., 2020).

El uso de estrategias de aprendizaje activo en laboratorios mejora la comprensión y el compromiso de los estudiantes, promoviendo habilidades cognitivas avanzadas (Viswanathan y Krishnamurthy, 2023). Este trabajo presenta una secuencia didáctica implementada en Laboratorio III (LIII), donde los estudiantes optimizan un método cromatográfico por GC-ECD para tres plaguicidas (trifluralina, procimidone y deltametrina). La secuencia incluye desde el estudio de propiedades físico-químicas de los compuestos y su elución, hasta conceptos generales de cromatografía y la introducción al cromatógrafo gaseoso. Se propone un método inicial que los estudiantes modifican para optimizarlo, llevando a la identificación y cuantificación de los analitos. El desafío para los estudiantes radica en aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en otras asignaturas a la práctica en el uso del cromatógrafo. Además, deben familiarizarse con los softwares cromatográficos y superar el temor de dañar el equipo. Otro reto significativo es trabajar con precisión, respetando las normas de seguridad del laboratorio y manejando concentraciones en el orden de trazas.

La implementación de esta secuencia didáctica tiene como objetivos los siguientes aprendizajes:

- 1- Familiarizarse con el uso del cromatógrafo gaseoso y el detector ECD, reconociendo sus partes, cuidados mínimos, y procedimientos de encendido.
- 2- Comprender el efecto de las variables instrumentales, probando diferentes temperaturas, presiones, volúmenes de inyección y tipos de inyección (split/splitless).

- 3- Optimizar las condiciones cromatográficas, calculando parámetros clave como el factor de selectividad (α), el factor de capacidad (k'), la resolución (R_s) y el tiempo muerto (t_0), y comprendiendo la influencia de la ecuación de Van Deemter en la eficiencia de la columna.

2. Antecedentes y fundamentos

Laboratorio III es la última materia de la TUQ y un curso optativo para la Ingeniería Química en nuestra universidad. La TUQ está diseñada en respuesta a la demanda de diversas industrias que requieren personal capacitado para laboratorios estatales o privados en sectores como el cosmético, farmacéutico, alimenticio, químico, de investigación y desarrollo. El plan de estudios incluye tres asignaturas experimentales correlativas: Laboratorio I, II y III. En Laboratorio I se abordan análisis físico-químicos por vía clásica, utilizando instrumental básico. Laboratorio II se enfoca en química orgánica, desarrollando separaciones y purificaciones. En Laboratorio III, los estudiantes adquieren habilidades en Química Analítica Instrumental, realizando determinaciones cualitativas y cuantitativas mediante cromatografía líquida, cromatografía gaseosa y espectrofotometría UV-Vis.

En LIII, los estudiantes deberán aplicar e integrar conocimientos adquiridos en materias previas para poder desarrollar los trabajos prácticos de laboratorio con solidez e independencia. En la TABLA I se especifican los conceptos previos necesarios para comprender cromatografía gaseosa que han sido vistos en materias correlativas y que se retoman en LIII.

TABLA I. *Cursos previos a LIII y temas vistos*

Química Orgánica	Grupos funcionales, propiedades químicas de compuestos orgánicos.
Química analítica I	Curva de calibración: sensibilidad, límite de detección, límite de cuantificación. Ruido instrumental. Regresión lineal.
Química Analítica II	Introducción a los principios cromatográficos. Cromatografía gaseosa. Estimación de la incertidumbre. Validación de un método analítico.
Laboratorio II	Cromatografía en capa delgada y de columna, fuerza eluotrópica.

La carga horaria de LIII es de 10 horas semanales durante 16 semanas, dividida en 2 clases de 5 horas cada una. Los estudiantes se organizan en grupos de 2 a 3 personas y la práctica que más abajo se describe, se desarrolla en un total de 20 horas.

3. Secuencia didáctica

En la guía de estudios de Laboratorio III se puede ver el paso a paso en la secuencia didáctica implementada (ver enlace en referencias bibliográficas). La actividad se organiza en 3 instancias principales: preparación previa, desarrollo durante y trabajo posterior a las clases. En la FIGURA 1 se pueden observar las actividades correspondientes a cada una de estas etapas.

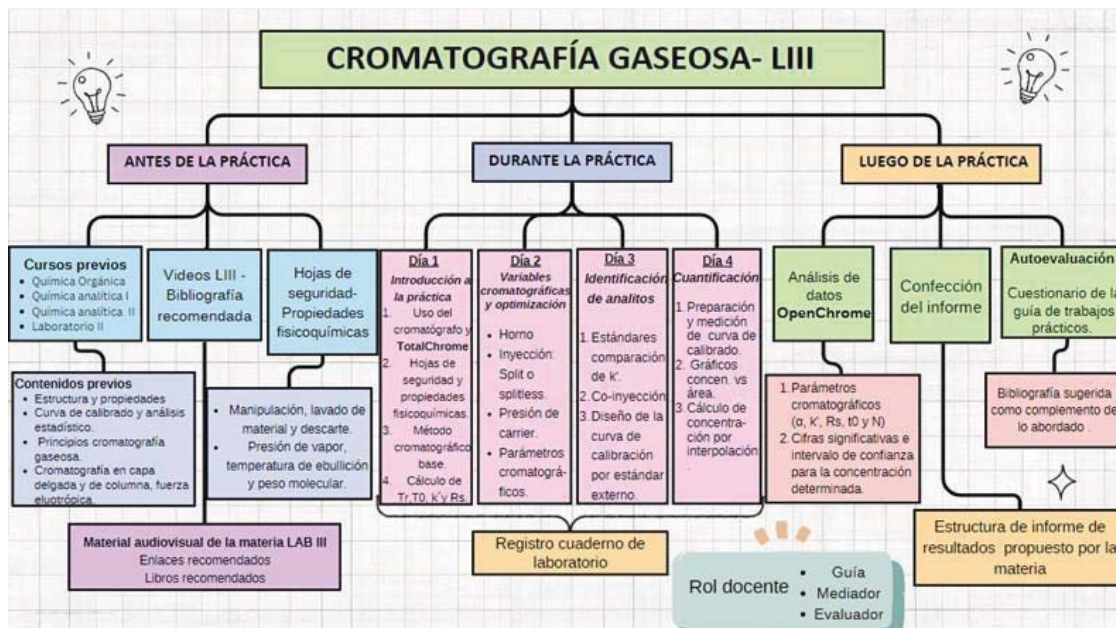


FIGURA 2. Secuencia didáctica propuesta para cromatografía gaseosa.

3.1. Preparación previa a la clase

En esta etapa, los estudiantes revisan los contenidos teóricos de la materia vistos previamente (TABLA I) y cuentan con videos explicativos y presentaciones elaboradas por los docentes de LIII. También disponen de bibliografía recomendada en la materia. Finalmente, deben preparar fichas con datos de seguridad de los reactivos y realizar una investigación sobre las propiedades fisicoquímicas de los compuestos.

3.2. Trabajo en clase

El trabajo en clase a su vez se divide en secciones entre las que se encuentran:

1- Introducción a la muestra y a la cromatografía gaseosa: se estudian las propiedades físico-químicas de los analitos, la fase estacionaria (FE) y las interacciones con esta. También se analiza cómo la temperatura del horno y la presión de vapor influyen en la elución.

2- Inyección de la muestra utilizando un método base: se evalúa el cromatograma inicial, considerando la forma de los picos, la línea de base, la resolución, factor de capacidad, factor de retención, interferencias y ruido de fondo, identificando posibles ajustes.

3- Optimización del método cromatográfico: se ajustan condiciones como el programa de temperaturas, presión y relación de split para mejorar la resolución y reducir el tiempo de análisis. Se comparan parámetros (α , k' , R_s , t_0) en cada ajuste hasta alcanzar la configuración óptima.

4- Identificación de los analitos: La identificación de los analitos se realiza por comparación de t_r y k' de los picos con los estándares de referencia. Posteriormente, se llevan a cabo co-inyecciones individuales para confirmar la identificación asegurando la precisión de los resultados.

5- Cuantificación de uno de los componentes presentes en la muestra (opcional según el tiempo disponible): se construye una curva de calibración del analito de interés utilizando cinco puntos, realizados por duplicado. Se diseña una curva de calibrado teniendo en cuenta los conceptos adquiridos en materias previas (ver TABLA I).

3.3. Trabajo posterior a clase

Después de clase, los estudiantes analizan los datos obtenidos con el software OpenChrom y elaboran un informe siguiendo una estructura predefinida. Para finalizar, realizan una autoevaluación con un cuestionario de la guía de trabajos prácticos, que les permite verificar si han alcanzado los objetivos. Se sugiere bibliografía adicional para reforzar el contenido teórico.

3.4. Rol Docente

A lo largo de las clases, se busca que los alumnos adquieran independencia en el manejo del instrumental, desde el encendido hasta la optimización del método cromatográfico. El docente asume un rol moderador, realizando preguntas sobre las decisiones de los estudiantes, sin ofrecer exposiciones teóricas o explicaciones de la práctica. A través de preguntas, se anima a los estudiantes a expresar lo que entendieron y cómo abordarían el desafío, lo que genera las herramientas necesarias para discutir estrategias en grupo. Este rol docente es explicado al inicio de las prácticas, asegurando que los estudiantes lleguen preparados con las guías leídas.

4. METODOLOGÍA Y DETALLES EXPERIMENTALES

4.1. Cromatografía gaseosa

Se utilizó un cromatógrafo gaseoso Perkin Elmer Clarus 580 con inyector automático y una columna PE-5 (95% dimetil-5% difenil-polisiloxano) de 30 metros (0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ m de espesor de film). El método base incluyó una temperatura de inyector de 280°C, nitrógeno (N₂) como gas carrier, inyección de 1 μ L splitless, y un detector ECD a 375°C con un flujo de nitrógeno de 30 ml/min. El horno comenzó a 120°C durante 3 minutos, con una rampa de 30°C/min hasta 300°C, mantenida por 7 minutos. Los datos se analizaron con TotalChrom u OpenChrom.

Muestra y estándares

El equipo técnico auxiliar del área de química prepara las muestras y los estándares de referencia de concentración conocida para evitar que los estudiantes manipulen plaguicidas. Se preparan patrones de procimidone (1 mg/L), trifluralina (0,5 mg/L) y deltametrina (5 mg/L) en una mezcla de acetona: ciclohexano (1:1). Las concentraciones de las muestras mixtas fueron ajustadas según las comisiones, y se verifica la adecuación de los test mix antes de iniciar la práctica, siguiendo el método base descrito en el apartado “*Cromatografía gaseosa*”.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis del desempeño en el laboratorio

En esta experiencia, los estudiantes trabajan por primera vez con cromatografía gaseosa, analizando una muestra incógnita y optimizando un método cromatográfico mediante ajustes en diversas variables. La FIGURA 2, en naranja, muestra la traza cromatográfica inicial, que se usa como referencia para comparar con el cromatograma final tras la optimización. Uno de los objetivos es la optimización del método cromatográfico base y el cálculo de los parámetros cromatográficos. Los estudiantes son guiados en el uso del software para integrar picos y obtener estos parámetros. El primer cromatograma mostró un programa de temperaturas subóptimo, picos mal definidos y línea de base irregular. Los estudiantes identificaron mejoras y discutieron con los docentes sobre opciones como la dilución de la muestra, modo y volumen de inyección, ajustes en la temperatura y presión de trabajo.

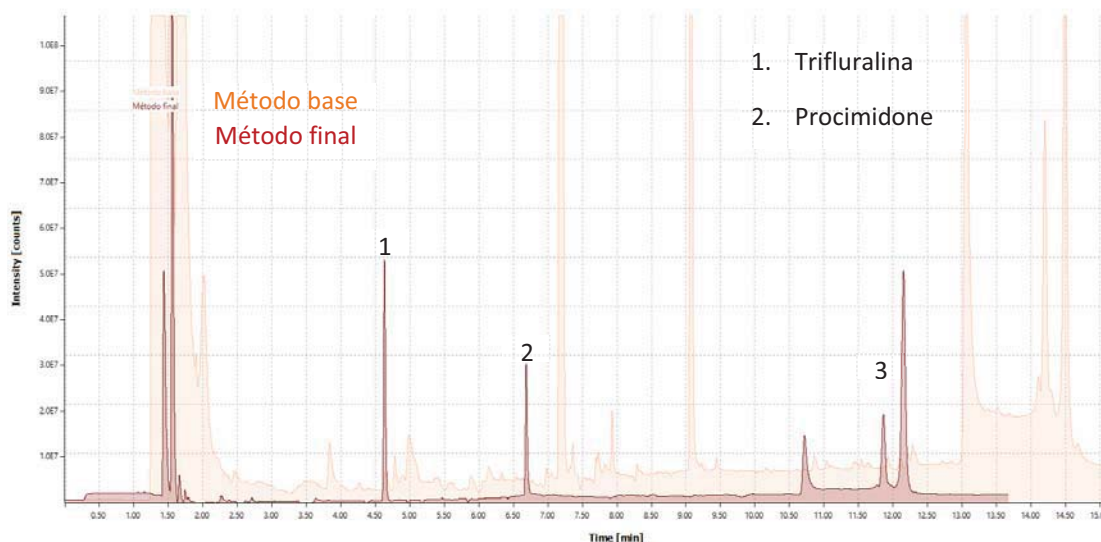


FIGURA 2. Cromatogramas obtenidos para una muestra con los tres componentes a partir del método base y el método final optimizado.

La FIGURA 2, en rojo, muestra que, tras realizar los ajustes en el método, se obtuvieron picos más definidos, especialmente para deltametrina, con parámetros cromatográficos dentro de los valores óptimos los cuales se presentan en la TABLA II.

TABLA II: parámetros cromatográficos asociados a la FIGURA 2 con el método final.

	<i>tr</i> (min)	<i>Rs</i>	<i>k'</i>	α	Platos teóricos
<i>tm</i>	1,4				
1	4,6	63,9	2,2	2,2	189935
2	6,7	49,5	3,7	3,7	429566
3	10,7	59,5	6,5	6,5	202823
4	11,9	13,3	7,3	7,3	368330
5	12,2	3,6	7,5	7,5	327293

Una vez optimizada la corrida e identificados los compuestos mediante tiempos de retención, factores de capacidad y co-inyección, cada grupo planifica una curva de calibración para cuantificar uno de los analitos. Primero, los estudiantes estiman la concentración de un compuesto con una calibración de un solo punto. Luego, utilizando los conocimientos de Química Analítica I (TABLA I), proponen un rango de concentraciones adecuado. En la FIGURA 3 se muestra un ejemplo de curva de calibrado para trifluralina obtenido por un grupo de estudiantes de la materia LIII.

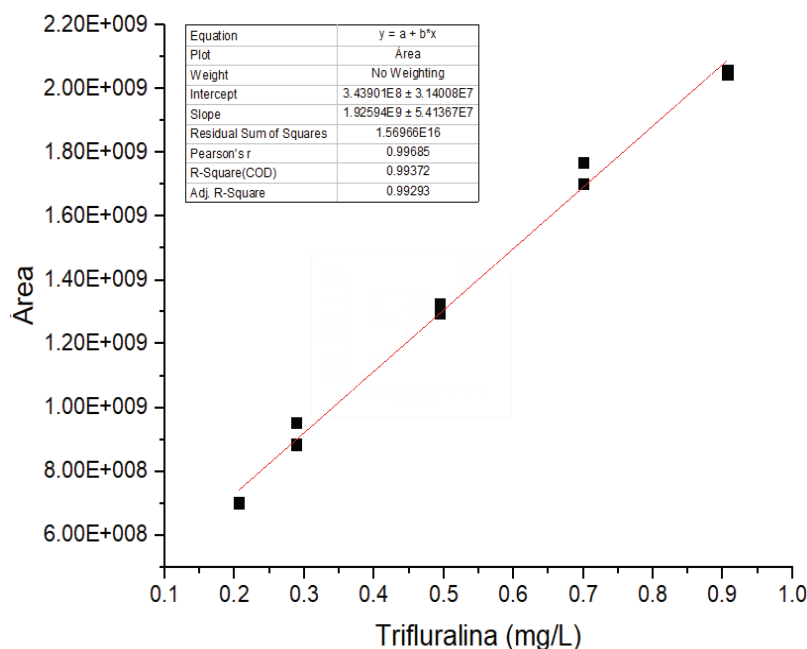


FIGURA 3. Curva de calibrado para trifluralina por GC-ECD.

5.2. Análisis del desempeño en las evaluaciones

Se realizó un análisis de los exámenes de tres semestres desde la implementación de esta secuencia didáctica (primer semestre 2023). Los ítems del examen parcial de cromatografía gaseosa se clasificaron según categorías temáticas y se consideraron correctas las respuestas que alcanzaron al menos el 60 % del puntaje. Este análisis, detallado en la FIGURA 4, permite visualizar el rendimiento de los estudiantes en cada categoría, destacando áreas de mayor y menor desempeño. El rendimiento fue variable entre los temas. Las respuestas relacionadas con fases estacionarias (columnas capilares de distinta polaridad) obtuvieron el mayor porcentaje de aprobación, cerca del 81 % ($n=21$). En contraste, el modo de inyección presentó la mayor dificultad, ya que, aunque los estudiantes comprendieron los modos split y splitless, no lograron un análisis completo ni un esquema adecuado del puerto de inyección. Otros temas, como el orden de elución en función de las características fisicoquímicas, el funcionamiento del detector, los programas de temperatura para optimizar la corrida cromatográfica, y el cálculo manual de parámetros cromatográficos, mostraron porcentajes de aprobación entre el 45 % y el 56 %.

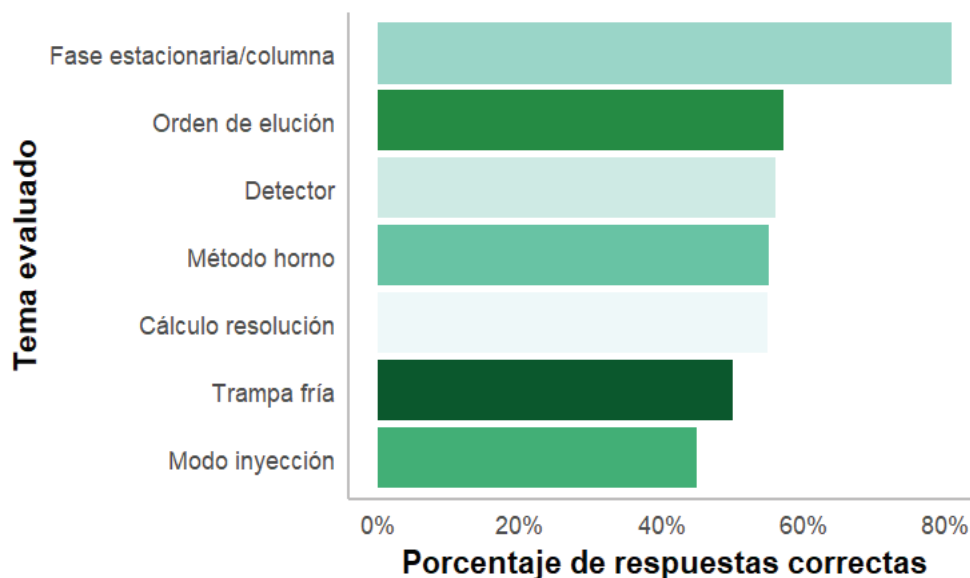


FIGURA 4. Porcentaje de respuestas correctas en los distintos temas evaluados en el examen de cromatografía gaseosa.

6. Conclusiones

El uso de esta secuencia didáctica aplicada a cromatografía gaseosa permitió que los estudiantes se familiarizaran con una técnica analítica clave en sus trayectos profesionales como técnicos químicos. Los estudiantes manifestaron entusiasmo y comodidad al emplear el instrumento. Enfatizaron que la secuencia de trabajo empleada les permitió un abordaje claro y ordenado para comprender las variables de optimización en GC-ECD. A lo largo de la práctica los alumnos adquirieron habilidades en el manejo del equipo y lograron optimizar un método cromatográfico con éxito.

En cuanto a la evaluación de los conocimientos adquiridos, a pesar de que algunos conceptos relacionados a los componentes físicos del equipo (válvula split) y el fenómeno de trampa fría presentaron mayores dificultades, los resultados generales muestran una comprensión y aplicación de la técnica superior al 50% la mayoría de los casos. Se destaca el grado de comprensión cercano al 81% para temas relacionados a la fase estacionaria y sus posibles interacciones con los analitos.

A partir de este análisis se identificaron las áreas de mejora que podrán guiar futuros cambios en la secuencia didáctica implementada en el curso, así como también qué conceptos deben reforzarse en materias previas.

Agradecimientos

Agradecemos a la universidad, al Instituto de Ciencias, a ex-docentes de la materia y a los estudiantes de la TUQ e IQ que participaron en activamente en la realizaci3n de las pr3cticas.

Referencias

- Área de Química. (2024). Guía de trabajos prácticos: Laboratorio III. *Instituto de Ciencias*. 22-27. Disponible en <https://bit.ly/4ejxpzL>
- Kaal, E., & Janssen, H.-G. (2008). Extending the molecular application range of gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1184(1-2), 43–60. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.11.114>
- Samsidar, A., Siddiquee, S. y Md Shaarani, S. (2018). A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.002>
- Santos, F. J. y Galceran, M. T. (2002). The application of gas chromatography to environmental analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 21(9–10), 672–685. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00813-0](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00813-0)
- Viswanathan, R. y Krishnamurthy, N. (2023). Engaging students through active learning strategies in a medicinal chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 100(12), 4638–4643. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00647>
- Xie, M., Inguva, P., Chen, W., Prasetya, N., Macey, A., DiMaggio, P., Shah, U. y Brechtelsbauer, C. (2020). Accelerating students' learning of chromatography with an experiential module on process development and scaleup. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 1001–1007. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01125>

DISEÑO, CARACTERIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN DE UN MATERIAL POLIMÉRICO COMO PRÁCTICA DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO PARA LA CARRERA DE LICENCIATURA EN QUÍMICA

Oswaldo José Rosas Rivas¹, Carlos Alberto López², María Celeste Bernini²,
Germán Ernesto Gómez²

¹Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Tecnología Química (INTEQUI), UNSL, CONICET y Área de Química General e Inorgánica "Dr. G. F. Puelles", San Luis, 5700, Argentina

Autores corresponsales: ojrrt55@gmail.com, calclopez@gmail.com, celeste.bernini@gmail.com,
germangomez1986@gmail.com

Resumen

En el marco de la materia de Estado Sólido, perteneciente a la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Nacional de San Luis (plan OCD N° 3/11) se diseñó un trabajo teórico experimental focalizado en el diseño y caracterización de un material sólido luminiscente. El material sintetizado corresponde a una red-metal orgánica (MOF) obtenida por el método solvotermal y posteriormente modificado por molienda mecánica y caracterizado por difracción de rayos X de polvos (PXRD), análisis térmico (TGA y DSC) y espectroscopía de infrarrojo (FTIR). Como práctica de la química del estado sólido, se planificó que los alumnos realicen una primera etapa de búsqueda bibliográfica respecto de las aplicaciones de los MOFs, luego se diseñaron las etapas de síntesis y post-tratamiento y finalmente la caracterización del material.

Palabras clave: estado sólido; caracterización; polímero de coordinación; lantánidos; películas delgadas.

DESIGN, CHARACTERIZATION AND IMMOBILIZATION OF A POLYMERIC MATERIAL AS A PRACTICE FOR TEACHING SOLID-STATE CHEMISTRY FOR THE BACHELOR'S DEGREE IN CHEMISTRY

Abstract

Within the framework of the Solid-State subject, belonging to the Bachelor's Degree in Chemistry of the National University of San Luis (OCD plan No. 3/11), an experimental theoretical work focused on the design and characterization of a luminescent solid material was designed. The synthesized material corresponds to an organic metal-network (MOF) obtained by the solvothermal method and subsequently modified by mechanical grinding and characterized by X-ray diffraction of powders (PXRD), thermal analysis (TGA and DSC) and infrared spectroscopy (FTIR). As a practice of solid-state chemistry, it was planned that the students would carry out the first stage of bibliographic research regarding the applications of the MOFs, then the synthesis and post-treatment stages were designed and finally the characterization of the material.

Keywords: solid state; characterization; coordination polymer; lanthanides; thin films.

1. Marco teórico

En este trabajo propuesto se sintetizó un sólido tipo red metal-orgánica (Metal-Organic Framework, MOF), compuesto por ligandos orgánicos que conectan centros metálicos formando una red cristalina. Entre sus características destacan su alta porosidad y área superficial, permitiendo adsorción, almacenamiento y separación de gases como hidrógeno, dióxido de carbono e hidrocarburos (Jiang, 2022). También actúan como catalizadores (Gómez, 2020), sensores (Gómez, 2019) y poseen aplicaciones en electrónica y optoelectrónica (Stavila, 2014) y liberación controlada de fármacos (Claudio-Rizo, 2020).

De la inmensa variedad MOFs existentes se realizó la síntesis de uno de la familia del **MOF-76** (Rosi, 2005), esta consiste en un lantánido como ion central y el 1,3,5-benzenotricarboxilato como ligando, posee una estructura porosa que forma canales como los que se observa en la FIGURA 1.

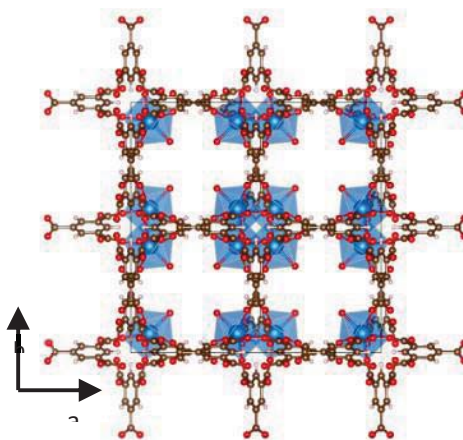


FIGURA 1. Vista en el plano *ab* para el MOF 76 donde se notan los poros de la red.

En este trabajo, se empleó ytrio y pequeñas cantidades de europio como dopante. No obstante, se ha informado sobre la isoestructuralidad entre las fases del MOF-76 que contienen ytrio y lantánidos como europio, terbio, disprosio, entre otros. Estos compuestos cristalizan en el sistema tetragonal mediante la ruta de síntesis solvotérmica, y se ubican en el grupo espacial P4322 (# 95) (Duan, 2014) (Jiang, 2010).

La metodología de síntesis influye en la estructura cristalina de este tipo de materiales, en la síntesis solvotérmica, las sales precursoras de los ligandos y el catión se ponen en contacto con agua y solventes orgánicos para luego ser calentado a temperaturas moderadas. La reacción

se lleva a cabo en reactores capaces de soportar la presión que se genera por el paso a fase vapor de los solventes, el modelo de síntesis involucra el autoensamblado entre el ion metálico y el ligando bajo condiciones específicas.

Una característica destacada de esta familia de MOFs reside en sus propiedades ópticas, la presencia de lantánidos involucra la posibilidad de transiciones electrónicas 4f-4f, siendo notables las transiciones en el espectro visible de los iones Eu^{3+} y Tb^{3+} que corresponden a luz roja (610 nm) y verde (540 nm) respectivamente (Jiang, 2022). Estas transiciones son débiles debido a la restricción de la regla de selección de Laporte. Este problema se resuelve mediante el "efecto antena", donde ligandos orgánicos coordinados con el ion lantánido aumentan la intensidad de emisión. Las propiedades ópticas de estos MOFs los hacen prometedores para aplicaciones como sensores químicos y térmicos, fotocatalizadores y en dispositivos de emisión de luz (LEDs).

Una estrategia común para aprovechar estas propiedades es mediante la creación de películas delgadas. Estas consisten en capas uniformes de material que se depositan sobre un sustrato, es decir ocurre un crecimiento de tipo epitaxial. Esto puede lograrse haciendo crecer el material directamente sobre el sustrato funcionalizado (SURMOF) o depositándolo mediante técnicas como spin coating o deposición química de vapor.

Además, en este trabajo práctico se ensayó la molienda de bolas asistida como forma de miniaturización, un molino a bolas consiste en un recipiente giratorio que contiene bolas de un material cerámico resistente, que actúan como medios de molienda. La miniaturización también es posible mediante el agregado de modulares en la síntesis, como lo son ligandos orgánicos como el acetato o moléculas anfipáticas que actúan como surfactantes. La deposición se realizó mediante la técnica del spin coating. En esta técnica una suspensión del material se coloca en el centro del sustrato, se hace girar rápidamente y la fuerza centrífuga dispersa la solución hacia el borde del sustrato, formando una capa delgada y uniforme a medida que el solvente se evapora. La caracterización del MOF fue llevada a cabo mediante técnicas clásicas de caracterización en el estado sólido: la estructura cristalina mediante difracción de rayos X, la estabilidad térmica mediante el análisis termogravimétrico y la calorimetría diferencial de barrido y el análisis estructural vibracional mediante la espectroscopia infrarroja.

2. Objetivos

- Sintetizar un material cristalino de naturaleza orgánico-inorgánica.
- Miniaturizar el material mediante molienda asistida

- Caracterizar el material mediante difracción de rayos X de polvos (PXRD), análisis térmico gravimétrico (TGA) y térmico diferencial (DSC), espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR).
- Fabricar una película delgada mediante la técnica de *spin-coating*

3. Sección experimental

3.1. Síntesis

Se siguió la ruta de síntesis solvotérmica descrita a continuación: se pesaron 0,6 mmoles de ácido trimésico (H_3BTC , 0,1208 g), 0,5 mmoles de cloruro de ytrio hexahidratado ($\text{YCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,1517 g) y 5% de cloruro de europio hexahidratado ($\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,02 g). Los precursores se disolvieron en 12 mL de una mezcla de N,N'-dimetilformamida (DMF) y agua (H_2O) en proporciones 3:1 respectivamente. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 20 min y se llevó a estufa a 80°C por 72 h. Después de este periodo, se realizó el filtrado y lavado del producto utilizando una mezcla de solventes igual a la utilizada en la síntesis, se dejó secar a temperatura ambiente por 48 h. Se obtuvieron 0,293 g del sólido. El sólido presentó color blanco y un característico brillo cristalino, los cristales observados bajo la lupa tienen forma de agujas, siendo relativamente grandes y de tamaño uniforme. Se comprobó mediante irradiación con luz UV la emisión característica debida a la presencia del Eu^{3+} . La homogeneidad del color y la ausencia de puntos vacíos actúan como un indicativo de homogeneidad en el dopaje, tal como se observa en la FIGURA 2.

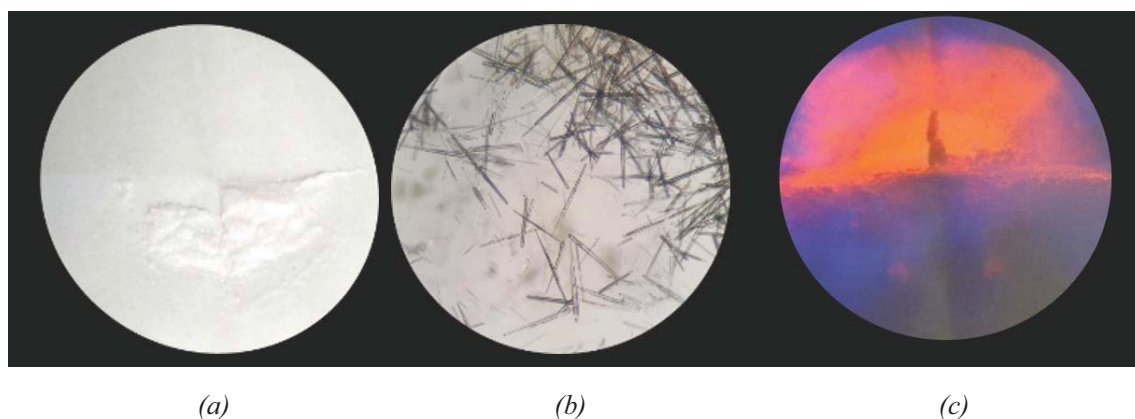


FIGURA 2. Aspecto macroscópico del MOF Eu:YBTC (a) y de los cristales vistos bajo lupa (b). Luminiscencia del Eu:YBTC bajo excitación UV (c).

3.2. Molienda

Se realizaron sesiones de molienda en diferentes condiciones:

- Molienda asistida a 4 bolas, 400 rpm a 5, 10 y 15 minutos.
- Molienda asistida a 2 bolas, 200 rpm, 5 minutos.
- Molienda manual por 1 hora.

La luminiscencia distintiva asociada al europio persistió incluso después del proceso de molienda como se observa en la FIGURA 3. En el caso de la molienda asistida, se observó un cambio en el color del sólido de blanco a gris a medida que se prolongaba el tiempo de molienda, en la FIGURA 3 se observa de izquierda (5 min) a derecha (15 min) el cambio en la tonalidad. Para recuperar la mayor cantidad posible de la muestra del molino, se llevó a cabo un enjuague con etanol, el cual posteriormente se dejó evaporar. La molienda manual se realizó con un mortero de ágata.

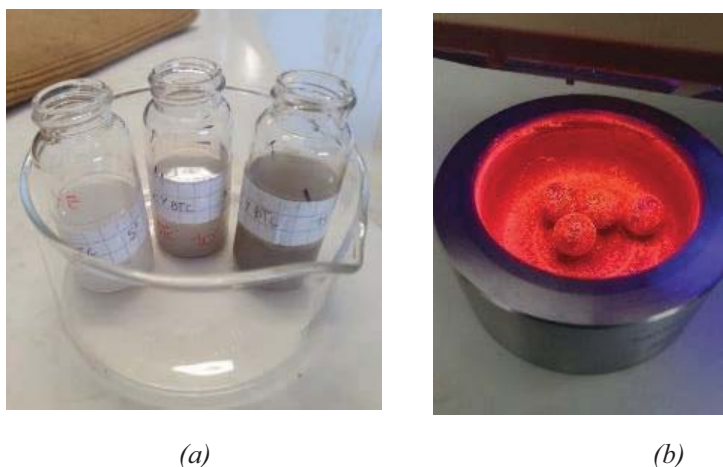


FIGURA 3. Diferencias de tonalidad en Eu:YBTC después de los tiempos de molienda asistida (a). Luminiscencia de Eu:YBTC bajo excitación UV, después de molido (b).

3.3. Técnicas de caracterización

3.3.1. Difracción de rayos X de polvos

Se realizó la caracterización de las muestras en forma *bulk* y molidas por medio de difracción de rayos X de polvos (PXRD) en un difractómetro de rayos X ULTIMA IV, con ánodo de cobre ($K\alpha$) con longitud de onda de emisión promedio de 1,5418 Å, para un rango de 2θ entre 5 y 55° con un paso de 0,03°. La FIGURA 4 muestra concordancia entre el patrón de difracción de la muestra en forma *bulk* y un patrón simulado generado con el software Vesta a partir de un archivo CIF de Y-BTC (Jiang, 2010), se verifica la conservación de la estructura cristalina del MOF a pesar de la introducción del europio como dopante. En las muestras molidas, se observó una notable disminución en la intensidad de los picos debido a la pérdida de cristalinidad y reducción de la cantidad de muestra. La molienda asistida por 10 minutos

(verde) resultó en una pérdida casi total de cristalinidad, mientras que las de 5 y 15 minutos (azul y violeta) mostraron reflexiones atenuadas en 8,70 y 10,64°, especialmente a los 15 minutos. La molienda de 5 minutos presentó picos más anchos y desplazamientos hacia ángulos menores. Las muestras molidas manualmente (amarillo) o con 2 bolas (celeste) mostraron mayor cristalinidad y un aumento en el fondo entre 15° y 35°, atribuible al material del portamuestra.

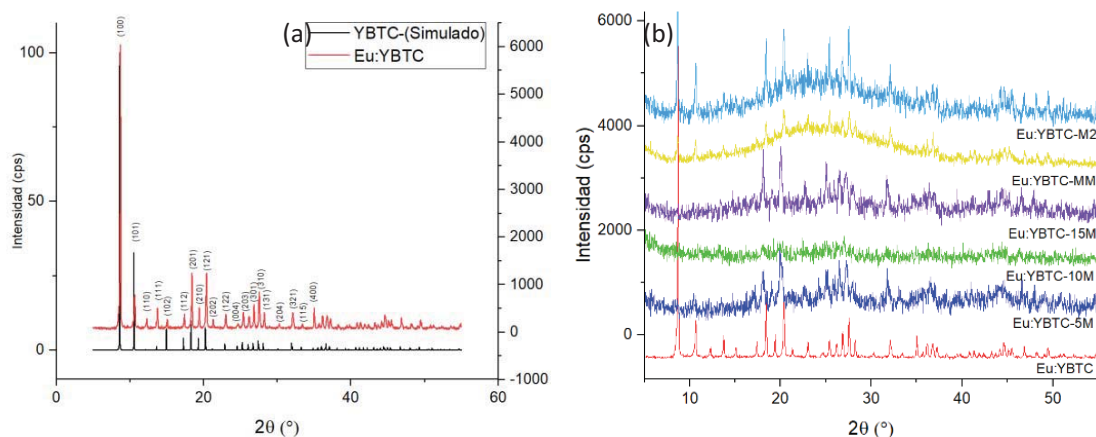


FIGURA 4. Patrón de difracción de Eu:YBTC en forma bulk (a). Comparación entre los patrones de difracción para las diferentes muestras molidas (b).

3.3.2. Análisis térmico

Para el análisis termogravimétrico (TGA) se pesaron 9,56 mg del sólido en atmósfera de aire, en celda de platino, con velocidad de barrido de 10°C/min entre 27 y 800 °C. Para el análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC), se pesaron 9,90 mg del sólido en una celda de aluminio con flujo de aire de 50 mL/min, velocidad de barrido de 10°C/min entre 27 y 600 °C, la referencia fue otra celda de aluminio vacía.

A partir del diagrama de TGA de la FIGURA 5, se observa estabilidad térmica del MOF hasta los 500 °C, donde inicia su descomposición al respectivo óxido. La presencia de este último fue confirmada mediante caracterización del residuo por difracción de rayos X. La primera pérdida de 5,33%, entre 50 y 100 °C, corresponde a una molécula de agua de hidratación por unidad fórmula del MOF. A continuación, se registra una pérdida del 9,65% entre 130 y 220 °C, que corresponde a la segunda molécula de agua de hidratación y a la molécula de agua de coordinación. Posteriormente, se observa una pérdida del 10,14% entre 250 y 360 °C que es asociada a la pérdida del solvente DMF. Finalmente, se evidencia la descomposición al

óxido correspondiente, iniciando en 490 °C y culminando en 550 °C. En base a estos datos se propone una estequiometría de tipo: $[Y_{0,95}Eu_{0,05}BTC(H_2O)](DMF)_{0,5}(H_2O)_2$. En el DSC, se aprecian tres picos endotérmicos que corresponden a las pérdidas de DMF y agua, alcanzando máximos a 105, 176 y 320 °C. También se identifica un pico exotérmico muy pronunciado alrededor de 530 °C, asociado a la descomposición del MOF. Además, se destaca un pequeño pico exotérmico alrededor de 395 °C, no asociado a pérdida de masa, y que puede explicarse como una transición de fase.

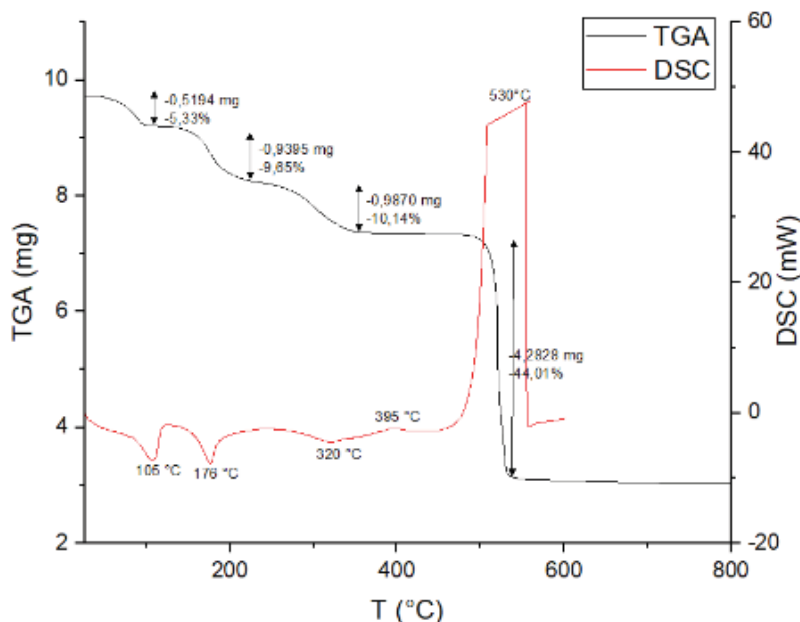


FIGURA 5. Diagramas de TGA/DSC para Eu:YBTC.

3.3.3. Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR)

La caracterización por FTIR se realizó en el rango de 400 a 4000 cm^{-1} , con resolución de 4 cm^{-1} , la preparación de las muestras se hizo mediante el empastillado con KBr (FIGURA 6).

La banda ancha alrededor de 3400 cm^{-1} corresponde al estiramiento O-H del agua presente en los poros del MOF, en 3101 y 3068 cm^{-1} se aprecian las absorciones para el estiramiento C-H de los hidrógenos sp^2 del ligando, en 2926 y 2860 cm^{-1} se observan las bandas del estiramiento C-H de los hidrógenos sp^3 de la dimetilformamida. La ausencia de una banda de absorción en 1720 cm^{-1} correspondiente al estiramiento C=O del carbonilo en un ácido carboxílico y la presencia de las bandas del estiramiento asimétrico en 1615 cm^{-1} y estiramiento simétrico en 1440 y 1380 cm^{-1} indican que todo el ligando se encuentra desprotonando. En 1540 y 1570 cm^{-1} se observa una doble banda que corresponde al estiramiento C-C del anillo aromático del ligando, en 1100 la banda de flexión en el plano C-CH.

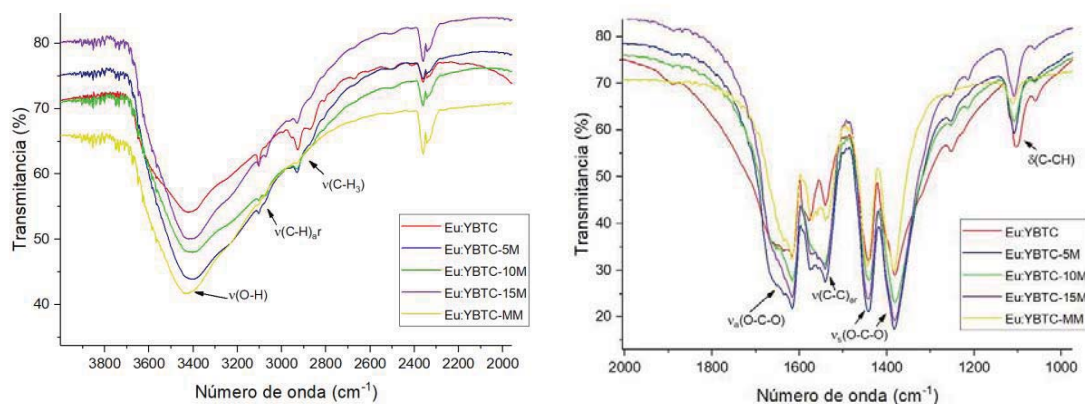


FIGURA 6. Espectro FTIR ampliado para Eu:YBTC.

3.3.4. Inmovilización del material por deposición mediante spin-coating

Se pesaron 20 mg del sólido y se suspendieron en 2 mL de etanol con ayuda de agitación ultrasónica. Se secó a 80 °C hasta total evaporación del solvente y se re suspendió en 2 mL de solución de polimetilmetacrilato (PMMA) en cloroformo por 15 min. Se realizó la deposición en vidrio de 1x1 cm, mediante la técnica del *spin coating*, dosificando 50 μ L en ciclos de 45 s a 4000 rpm, para un total de 32 ciclos.

La deposición se logró de forma relativamente uniforme con una pequeña zona en el centro que parece se nota con menor cantidad capas y que es explicable debido a un fenómeno de lavado cada vez que se dosificaba la suspensión por la fuerza con la que se dejaba caer la gota y el volumen de cada dosificación. Se sigue manteniendo la luminiscencia debida al europio tras la deposición.

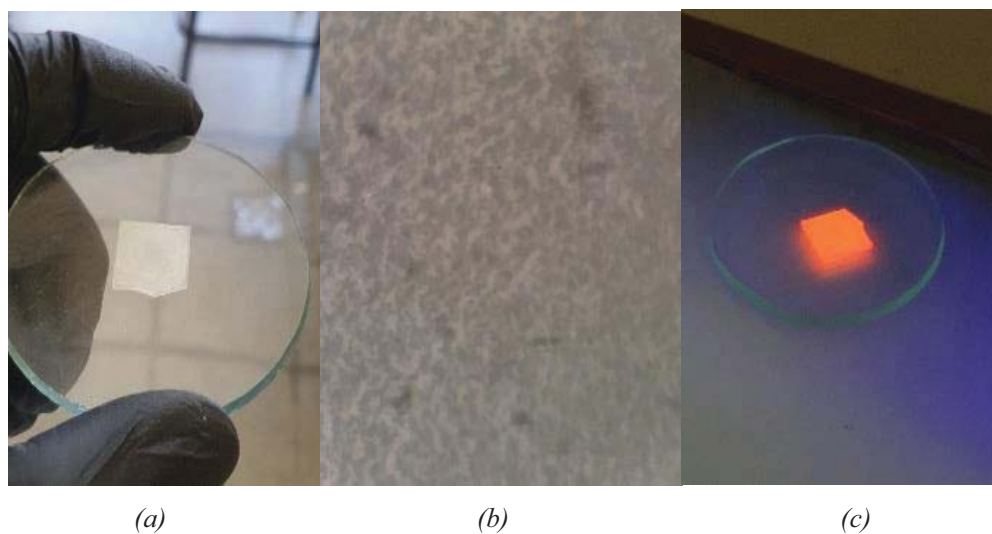


FIGURA 7. a) vista bajo la luz visible de la película delgada. b) vista bajo la lupa de la superficie de la película delgada. c) vista de la película delgada bajo la luz UV.

4. Conclusiones

Se logró la síntesis de un MOF basado en ytrio y 1,3,5-benzenotricarboxilato dopado con europio con propiedades luminiscentes, la caracterización estructural por difracción de rayos X mostró la isoestructuralidad entre la fase sintetizada y otras fases de la familia del **MOF-76**, ubicándose en el sistema cristalino tetragonal con grupo espacial $P4_322$, el análisis térmico reveló la estabilidad hasta los 500°C. La molienda asistida con 4 bolas durante 5 minutos permitió mostrar el menor tamaño de cristalita, por lo que es esperable que también se haya logrado el menor tamaño de partícula, sin embargo, es necesario complementar con otra técnica como la microscopía electrónica de barrido para la medición certera del tamaño de partículas y considerar cuidadosamente las condiciones de este tipo de molienda para evitar perder la cristalinidad de la fase o utilizar otras formas de miniaturización como el agregado de moduladores durante la síntesis.

La técnica de deposición mediante *spin coating* demostró ser efectiva para la obtención de películas delgadas de MOF, con una distribución relativamente uniforme, aunque se observó una posible variabilidad en la cantidad de capas en ciertas áreas. Este resultado resalta la importancia de considerar cuidadosamente los procesos de deposición para garantizar la uniformidad y calidad de las películas delgadas resultantes.

Esta práctica de química a nivel universitario permitió a los alumnos desarrollar habilidades prácticas en el manejo de equipos y técnicas especializadas. Además, al aplicar conocimientos teóricos en un contexto real, contribuyó a consolidar su comprensión de la química del estado sólido y despertó su interés en el área de materiales.

Referencias

- Claudio-Rizo, J. A., Cano Salazar, L. F., Flores-Guia, T. E., & Cabrera-Munguia, D. A. (2020). Estructuras metal-orgánicas (mofs) nanoestructuradas para la Liberación Controlada de fármacos. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, 14(26), 1e-29e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2021.26.69634>
- Duan, T.-W., Yan, B. (2014). Hybrids based on lanthanide ions activated yttrium metal-organic frameworks: Functional Assembly, polymer film preparation and Luminescence Tuning. *J. Mater. Chem. C*, 2(26), 5098–5104. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/tc/c4tc00414k>
- Gomez, G. E., dos Santos Afonso, M., Baldoni, H. A., Roncaroli, F., & Soler-Illia, G. J. (2019). Luminescent lanthanide metal organic frameworks as chemosensing platforms towards agrochemicals and cations. *Sensors*, 19(5), 1260-1276. <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/5/1260>
- Gomez, G. E., Roncaroli, F. (2020). Photofunctional metal-organic framework thin films for sensing, catalysis and device fabrication. *Inorganica Chimica Acta*, 513, 119926. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020169320311269>
- Jiang, H.-L., Tsumori, N., Qiang, Xu. (2010). A series of (6,6)-connected porous lanthanide-organic framework enantiomers with high thermostability and exposed metal sites: Scalable Syntheses,

- structures, and sorption properties. *Inorganic Chemistry*, 49(21), 10001–10006. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ic101294s>
- Jiang, C., Wang, X., Ouyang, Y., Lu, K., Jiang, W., Xu, H., Wei, X., Wang, Z., Dai, F., & Sun, D. (2022). Recent advances in metal–organic frameworks for gas adsorption/separation. *Nanoscale Advances*, 4(9), 2077–2089. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2516023023022104>
- Moosavi, S.M., Nandy, A., Jablonka, K.M. (2020). Understanding the diversity of the metal-organic framework ecosystem. *Nat Commun.*, 11, 4068 (2020). <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17755-8>
- Rosi, N. L., Kim J., Eddaoudi M., Chen B., O’Keeffe M., Yaghi O. M. (2005). Rod Packings and Metal-Organic Frameworks Constructed from Rod-Shaped Secondary Building Units. *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 1504–1518. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja045123o>
- Stavila, V., Talin, A. A., & Allendorf, M. D. (2014). MOF-based electronic and opto-electronic devices. *Chem. Soc. Rev.*, 43(16), 5994–6010. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/cs/c4cs00096j>

PUESTA EN VALOR DE UNA PLANTA PILOTO DE INGENIERÍA QUÍMICA. ETAPA INICIAL

Nancy Saldís^{1*}, Marcelo Gómez¹, Claudia Carreño², Carina Colasanto²,
Susana Martínez¹, Melina Abregú¹, Borja Salinas¹

¹Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (FCEyN-UNC), Córdoba, Argentina.

²Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba (UTN – FRC), Córdoba, Argentina.

*Autora corresponsal: nancy.saldis@unc.edu.ar

Resumen

En virtud del replanteo de contenidos y enfoques pedagógicos y didácticos sugeridos por CONFEDI para carreras de ingeniería en general y en Ingeniería Química en particular, se ha generado la necesidad de relevar y adecuar instalaciones, operaciones, procesos, maquinaria e instrumental de laboratorios y plantas piloto y obtener información documental de estos lugares estratégicos. Este artículo describe los avances conseguidos en los primeros seis meses de trabajo en un proyecto destinado a poner en valor las plantas piloto de la carrera en cuestión y generar material audiovisual con Realidad virtual y Realidad aumentada. El trabajo se enfocó en relevar y evaluar cualitativa y cuantitativamente el estado del instrumental y maquinarias de plantas piloto, inventariar, digitalizar manuales de uso y mantenimiento existentes, acondicionar y poner en valor equipos que aún se consideren útiles, generar material audiovisual y desarrollar un tour virtual con Realidad Aumentada adoptando STEM como modelo educativo que implique usar tecnologías para resolver problemas. Las evidencias muestran que el inventariado y la digitalización ha ordenado datos y que la herramienta seleccionada para motivar en el uso de planta piloto fue acertada, ya que ha aumentado la solicitud de profesores para realizar actividades en ella.

Palabras clave: plantas piloto; digitalización de información; videos; realidad virtual y realidad aumentada; enfoque STEM

ENHANCEMENT OF A CHEMICAL ENGINEERING PILOT PLANT. INITIAL STAGE

Summary

By virtue of the rethinking of pedagogical and didactic contents and approaches suggested by CONFEDI for engineering careers in general and in Chemical Engineering in particular, the need has arisen to survey and adapt facilities, operations, processes, machinery and instruments of laboratories and pilot plants and to obtain documentary information from these strategic places. This article describes the progress made in the first six months of work on a project aimed at enhancing the value of the pilot plants of the degree in question and generating audiovisual material with Virtual Reality and Augmented Reality. The work focused on surveying and qualitatively and quantitatively evaluating the state of the instruments and machinery of pilot plants, inventorying, digitizing existing use and maintenance manuals, conditioning and valuing equipment that is still considered useful, generating audiovisual material and developing a virtual tour with Augmented Reality adopting STEM as an educational model that involves using technologies to solve problems. The evidence shows that the inventory and digitization has ordered data and that the tool selected to motivate the use of the pilot plant was successful, since the request for teachers to carry out activities in it has increased.

Keywords: *pilot plants; digitization of information; videos; virtual reality and augmented reality; STEM approach*

1. Introducción

La propuesta de enfoque por competencias planteada por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) en Argentina y el Sistema Regional de Acreditación para la Educación Superior en el Mercosur y Estados Asociados (ARCU SUR) motivó al replanteo de los contenidos y enfoques pedagógicos y didácticos en las carreras de ingeniería en general y en la carrera de Ingeniería Química (IQ) en particular. Estas cuestiones han generado la necesidad de relevar y adecuar las instalaciones, operaciones, procesos, maquinaria e instrumental de los laboratorios y las plantas piloto como así también obtener información documental de estos lugares estratégicos.

En la “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina” del libro Rojo de CONFEDI se incluyen una serie de competencias de egreso destacadas tales como el desarrollo de proyectos ingenieriles y el trabajo colaborativo en equipo. En el trayecto recorrido en la búsqueda, práctica y enseñanza de estrategias representativas y eficaces para esos fines, el enfoque STEM (acrónimo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática por sus siglas en inglés) (López Simó et al. 2020) surge como un modelo que plantea la interdisciplinariedad y el trabajo experimental en equipo con uso de tecnologías como un principio básico en la formación de los/as profesionales. Se trata de un modelo de aprendizaje interactivo y constructivista. Así, cobra importancia la planta piloto, destacado espacio para la formación y el desarrollo de las prácticas operativas con enfoque STEM.

La planta piloto es una pieza fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías pues al realizar estudios en ella se generan nuevos conocimientos y criterios técnicos que permiten dar pasos hacia delante en la optimización, control, alcance, seguridad, rentabilidad, etc., de procesos, equipos y energías productivas. Este espacio permite experimentar de forma económica y eficaz el comportamiento al escalar de condiciones de operación, parámetros de diseño, operaciones unitarias, impurezas, corrosión, entre varios otros.

Las plantas piloto se han implementado en institutos educativos a nivel mundial llevando a cabo el desarrollo de sistemas pedagógicos enriqueciendo las múltiples ramas de la ingeniería describiendo diferentes procesos o actividades, equipos automatizados de control, técnicas de mediciones y software los cuales permiten aumentar niveles de confiabilidad, mantenibilidad

o disponibilidad de dichos procesos. Cada uno de estos se manifiestan en las industrias llevando, de esta manera, a un nivel de aprendizaje más avanzado permitiendo el crecimiento, así como el auto desarrollo profesional para el docente y el estudiante (Ferrer Riquet et al. 2020). Es así posible pensar que el adoptar STEM como modelo educativo implica usar tecnologías para resolver problemas.

El equipo que presenta este artículo recibió un subsidio para relevar y poner en valor el equipamiento de las plantas piloto de Ingeniería Química (IQ) de la Facultad en cuestión, digitalizar información documental para desarrollar indicadores de rendimiento, desarrollar un programa de mejora continua y construir material técnico audiovisual. Los objetivos específicos del proyecto son evaluar cualitativa y cuantitativamente el estado del instrumental y maquinarias de las plantas piloto de IQ, digitalizar los manuales de uso y mantenimiento existentes, desarrollar manuales no existentes, acondicionar, reparar y poner en valor equipos, desarrollar material audiovisual de uso de instrumental y desarrollo de operaciones y procesos utilizando también realidad aumentada (RA), entre otros. Este artículo describe los avances conseguidos en los primeros seis meses de trabajo.

El relevamiento del instrumental implica un proceso de reflexión intencionada y sistemática sobre la observación de elementos recogidos. El listado debe ser inventariado de manera sencilla por orden alfabético asegurando que la información esté actualizada y sea precisa, lo cual es clave para tomar decisiones.

En cuanto a la técnica de recolección de información de cada aparato, se considera la revisión documental, que según Arias (2006) es una técnica de revisión y de registro de documentos que fundamenta el propósito de la investigación. Para ella es fundamental la indagación de archivos de bibliotecas, hemerotecas, revistas técnicas, manuales, archivos digitales clasificados, entre otros. Las técnicas de encuestas, entrevistas y de relevamiento de fuentes secundarias pueden ser también consideradas. En este sentido se valora el uso del video como una herramienta atractiva que permite resguardar información. Como lo señala García-Valcárcel (2009), durante las últimas décadas el video “es el medio técnico audiovisual de mayor proyección” (esta tendencia sigue en ascenso) y esto quizás se debe, “al interés social que éste medio ha despertado”. Para Cabero (2002) esta tendencia responde en gran medida a la disminución del costo de los equipos y de los materiales para su utilización y a la facilidad del uso.

Por otro lado, en una encuesta realizada en 2014 a 42 profesores de distintos centros de enseñanza, institutos, escuelas, y universidades pertenecientes a 11 ciudades diferentes de España (Cubillo Arribas et. al, 2014) se llegó a la conclusión que el conocimiento acerca de la

Realidad virtual (RV) y Realidad aumentada (RA) en el nivel universitario era escaso. En la Facultad donde se realizó este estudio la realidad no se presenta diferente. En 2019 se diagnosticó el estado del arte dentro de la institución en referencia a trabajos, diseños y uso de RV y RA comprobándose que el 56,8% de docentes desconocía la RA, el 89,2% no había tenido la posibilidad de ver un vídeo educativo con RV o RA, al igual que los estudiantes que a través de un *focus group* expresaron que la RA era inexplorada en el ámbito educativo (Saldís et al., 2019).

La RV es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente. Este elemento clave, que sea tridimensional (3D) e interactiva, proporcionando información sensorial tienen el propósito de hacer que el participante sienta que está en un “cierto lugar”. La RV “no inmersiva” se logra mediante imágenes en 360° comprendiendo una composición de gráficos, visión artificial y multimedia, mediante la anexión de información virtual (Olabe et. al. 2007).

La RA consiste en combinar el mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación. Gracias a esta tecnología se puede añadir información visual a la realidad, y crear todo tipo de experiencias interactivas. La RA constituye una plataforma tecnológica especialmente eficaz en todo lo relacionado con la forma en que los usuarios perciben la realidad física, puesto que permite desglosarla en sus distintas dimensiones, con objeto de facilitar la captación de sus diversas particularidades, en ocasiones imperceptibles para los sentidos. Con la RA es factible generar modelos que simplifican la complejidad multidimensional del mundo circundante, que, desde una perspectiva académica, completa cualquier experiencia de aprendizaje (Almenara et. al. 2015).

2. Desarrollo

En primer lugar, se seleccionaron los objetivos específicos del proyecto para empezar a trabajar. Es así como se comenzó por inventariar el instrumental y maquinarias de una de las plantas piloto de IQ, averiguar el uso que los/as docentes hacían de ese espacio y del instrumental, comenzar con la recolección de información acerca de la maquinaria y los manuales de uso, y preparar un tour audiovisual digital para la difusión del espacio físico.

Para el inventariado se realizó el relevamiento a través de la observación comprobando si el instrumento estaba en uso, obsoleto, o con posibilidades de ser reparado. El listado se conformó por destilador por arrastre de vapor, extractor Soxhlet, columna de destilación, prensas con y

sin calentadores, centrifugas, estufas, bombas, muflas, secador para lecho fluidizado, entre otros. Se les sacaron fotos varias y se procedió a la búsqueda de manuales con las especificaciones técnicas de cada uno consiguiéndose un 70% de ellos. En estos momentos se están digitalizando los manuales encontrados. Los restantes serán redactados en breve.

La planta también cuenta con algunos aparatos de construcción propia por lo que fue necesario solicitar a los profesores autores que explicaran cómo había sido la fabricación de los mismos y las características especiales que poseía. Así se tomó registro en videos de un ionizador (FIGURA 1), caja termostatzada aislada (FIGURA 2) y reactor flujo pistón (FIGURA 3) que luego fueron procesados para su mejor presentación.



FIGURA 1. Captura de video de desionizador aniónico y catiónico (imagen de autores del proyecto).



FIGURA 2. Captura de video de caja termostatzada aislada. (imagen de autores del proyecto).



FIGURA 3. Captura de video de reactor flujo pistón (PFR). (imagen de autores del proyecto)

A continuación, se procedió a reparar un electroanalizador (FIGURA 4) y un aparato para realizar electrólisis a diferentes temperaturas (FIGURA 5) que, si bien cuentan ya con algún tiempo de uso, tienen aún posibilidades de ser utilizados con fines didácticos. Para ambos aparatos se grabaron videos tutoriales para el manejo adecuado.



FIGURA 4. Captura de video tutorial electroanalizador. (imagen de autores del proyecto).



FIGURA 5. Captura de video tutorial aparato para electrólisis (imagen de autores del proyecto)

Luego se realizó un plano en planta en el software de diseño asistido por computadora AutoCAD con la ubicación del instrumental existente, el lugar para la disposición de residuos, los materiales de seguridad, matafuegos, e instalaciones de aire, agua y eléctricas.

Ya confeccionado un primer inventario, se procedió a averiguar el conocimiento y uso que los/as docentes hacían del espacios e instrumental mediante una encuesta enviada vía *Google form* que fue respondida por un 70% aproximadamente de la planta docente de la carrera en cuestión. Los resultados mostraron un uso limitado de las Plantas Piloto, no así de los laboratorios donde el trabajo con tecnologías y materiales básicos de química es más frecuente. El 17,5% de los docentes confesó que desconocía el instrumental y la maquinaria que allí se encuentra. Luego de plantear distintas alternativas para la comunicación de la información y con estas evidencias, el equipo de investigación que presenta este artículo consideró que un recorrido o tour con RV no inmersiva y RA podría ser una buena solución que cubriría las necesidades de información de forma atractiva y motivadora.

De un proyecto anterior, que implicó el desarrollo de materiales didácticos con RV y RA, el equipo que presenta este trabajo disponía de los elementos necesarios para la concreción (cámara ojo de pez, programa para procesar imágenes esféricas en 360°, algunas imágenes ya desarrolladas, etc.) (Toala et. al. 2020), sin embargo, el inconveniente se radicó en que la aplicación gratuita usada con anterioridad (*Round me*) había salido de circulación y ya no estaba disponible *on line*. Por ello se procedió a la reconstrucción del trabajo perdido usando otra aplicación *on line* gratuita (condición necesaria por la escasez de fondos disponibles).

Esta vez, y luego de efectuar un amplio estudio de las ofertas existentes, el equipo se inclinó por Orbix RV®, aplicación para computadora personal (PC) que permite la realización de *tours* virtuales con la posibilidad de agregar realidad aumentada.

El recorrido permitió ubicar al usuario ingresando por la playa de estacionamiento de la Facultad, para luego poder dirigirse hacia los laboratorios y Plantas Piloto con marcadores a *potcasts* que proveen información en RA de diferentes operaciones unitarias. Dentro de ellos es posible pulsar en cada indicador para activar la RA y así poder, mediante un video, algunos de realización propia y otros públicos en la web, conocer el principio de funcionamiento y la utilidad de cada instrumento, aparato o tecnología que se encuentran allí (FIGURA 6) (<https://orbix360.com/bzVML5rhR/>).

Este tour virtual se encuentra en permanente actualización, ya que instrumentos o maquinarias pueden cambiar de ubicación, salir de funcionamiento, o incorporarse nuevas tecnologías a los espacios de trabajo.

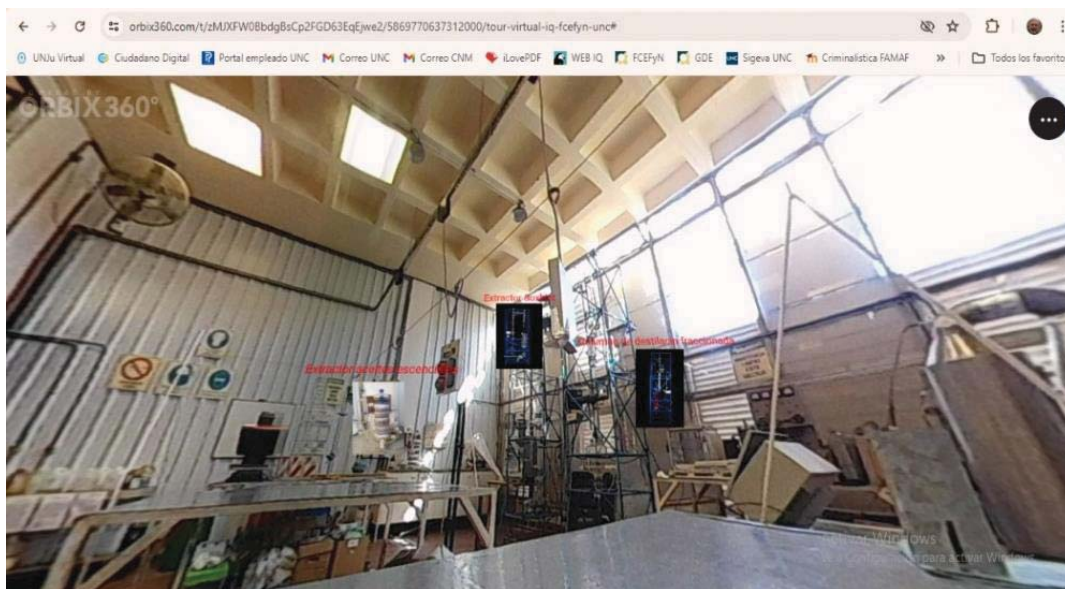


FIGURA 6. Captura de tour virtual con RA. (imagen de autores del proyecto)

3. Conclusiones

El trabajo en las plantas piloto es arduo y requiere de mantenimiento continuo. Es necesaria la digitalización de manuales y el inventariado de las operaciones, instrumental y aparatos que allí se encuentran para lograr, no solamente facilitar búsquedas, sino también para conseguir que docentes, estudiantes, investigadores y pasantes puedan trabajar de forma cómoda y ordenada. En estos momentos se digitaliza la información existente bajo la norma ISO 15489 esperando mejorar de forma sistemática y efectiva el mantenimiento de los documentos.

Por otro lado, al pensar en un enfoque STEM como modelo educativo que implique usar tecnologías para resolver problemas llevó a la difusión de la planta piloto a través de RV y RA con marcadores que conduzcan a los instrumentos u operaciones con vídeos explicativos para incentivar al uso. De este modo se espera que el proyecto trascienda los medios convencionales (la RV y la RA) utilizados naturalmente en el campo de los videojuegos y la publicidad, y progresivamente pueda implementarse con fines educativos con capacidad de enseñar entreteniéndolo.

La herramienta implementada ha sido más atractiva que un texto y a juzgar por la cantidad de visitas desde su reciente publicación, la perspectiva es alentadora. En este sentido es importante destacar que, en sólo 2 meses, ha aumentado el interés para realizar actividades en la planta piloto de extracción de IQ. Los electroanalizadores, recientemente reparados por este equipo de investigación, fueron solicitados por 2 cátedras para llevar a cabo prácticos de Electroquímica y utilizado por alrededor de 140 alumnos; 2 estudiantes han elegido

automatizar un esterilizador UV, que se encontraba casi en desuso, como proyecto para su tesina, y la cátedra de Química Física ya está utilizando la caja aislada termostatizada para la realización del trabajo práctico de Cinética Química.

Se espera continuar con el proyecto a los efectos de lograr que docentes, investigadores, estudiantes, tesisistas y pasantes apliquen el enfoque STEM al trabajo en planta.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) de la UNC, por el aval y los fondos provistos para el proyecto “Relevamiento y puesta en valor de equipamiento, digitalización de la información técnica y desarrollo de indicadores para un programa de mejora continua en las plantas piloto de IQ” del cual forma parte este trabajo. A las autoridades de la Facultad, de la Escuela de IQ y del Departamento de Química industrial y aplicada por la predisposición y facilitación de los accesos a los espacios involucrados.

Referencias

- Almenara J. C., Jiménez F. C. & Osuna J. B. (2016). La producción de objetos de aprendizaje en “Realidad Aumentada”: la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*
- Arias, F. (2006) Mitos y errores en la elaboración de tesis y proyectos de investigación. *Episteme*. <http://dicyg.fi-c.unam.mx:8080/oemj/apoyo-a-la-titulacion-licenciatura-y-a-la-graduacion-posgrado/Mitos%20y%20errores%20en%20la%20elaboracion%20tesis.pdf>
- Cabero J. (2002). Propuestas para la utilización del vídeo en los centros educativos. Documento en línea. <http://bibliotecadigital.tamaulipas.gob.mx/archivos/descargas/4f627dba3ea39cef843824141eb798eb21530164.pdf>
- Cubillo Arribas J., Martín Gutiérrez S., Castro Gil M., Colmenar Santos A (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274. <https://www.redalyc.org/pdf/3314/331431248012.pdf>
- Ferrer Riquett C. M., Barrios Deluquez J. y Rosillón Olivares K. E. (2020) Planta Piloto de Bombas Hidráulicas para la Enseñanza y Aprendizaje de la Mecánica de Fluidos. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0 (RTED)*, 9(1), 124-131. <https://doi.org/10.37843/rted.v9i1.116>
- García Varcárcel A. (2009). Medios Videográficos. [Documento en línea]. Disponible en: <http://web.usal.es/~anagv/arti4.htm>
- López Simó V., Couso Lagarón D., Simarro Rodríguez C., (2020) Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. *Revista de Educación a Distancia*, Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona. España, disponible en https://www.um.es/ead/red/58/lopez_et_al.pdf
- Olabe M, Basogain X., Espinosa K., Rouèche C, and Olabe J. (2007) Engineering Multimedia Contents with Authoring Tools of Augmented Reality, *International Technology, Education and Development Conference (INTED2007)*, pp. 5. Valencia, Spain
- Orbix RV, Aplicación para crear tours virtuales con imágenes 360. <https://orbix360.com/home>
- Saldís N., Gómez M., Colasanto C., Carreño C. (2019). Realidad virtual e imágenes 360° para facilitar la inclusión y mejorar la adquisición de competencias. Ponencia presentada en X Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas. Pág 400-407. UNC Ed. Argentina.
- Toala-Palma, J. K., Arteaga-Mera, J. L., Quintana-Loor, J. M., & Santana-Vergara, M. I. (2020). La Realidad Virtual como herramienta de innovación educativa. *Episteme Koinonia*, 3(5), 270-286. <https://doi.org/10.35381/e.k.v3i5.835>

TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO Y DESEMPEÑO ACADÉMICO: UN ESTUDIO COMPARATIVO EN LA ASIGNATURA QUÍMICA GENERAL E INORGÁNICA

David Possetto, Gabriela Marzari, Fernando Fungo

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Autores corresponsables: dpossetto@exa.unrc.edu.ar, gmarzari@exa.unrc.edu.ar, ffungo@exa.unrc.edu.ar

Resumen

Presentamos una investigación sobre las probables asociaciones entre el desarrollo de la actividad de laboratorio y el desempeño académico en torno a una temática específica del contenido de la asignatura Química General, de la carrera de ingeniería agronómica de la Universidad Nacional de Río Cuarto. ¿La realización de trabajos prácticos de laboratorio se asocia al desempeño académico en instancias formales de evaluación (exámenes finales)? Para responder esta pregunta se realizó el análisis de exámenes finales escritos realizados por alumnos, se utilizó una combinación de métodos cuantitativos para evaluar el desempeño académico de los estudiantes. Los exámenes analizados fueron de diferentes cohortes de cursado, una que haya tenido la experiencia de laboratorio previo al examen final y otra que por cuestiones de contexto no realizaron ninguna experiencia de laboratorio. Analizando los resultados obtenidos podemos visualizar que la experiencia de laboratorio sobre la temática soluciones no contribuye significativamente a mejorar los desempeños académicos en instancias de exámenes finales para las cohortes analizadas. Una posible causa que explica estos resultados puede estar relacionada con que los alumnos siguen un protocolo durante la ejecución del práctico y este tipo de metodología no contribuye a la construcción crítica y del conocimiento significativo de los alumnos.

Palabras clave: *Trabajos prácticos de laboratorio, Soluciones, exámenes finales, Química general.*

PRACTICAL LABORATORY WORK AND ACADEMIC PERFORMANCE: A COMPARATIVE STUDY IN THE SUBJECT GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

Summary

We present a research on the probable associations between the development of laboratory activity and academic performance around a specific topic of the content of the General Chemistry subject of the agronomic engineering career of the National University of Río Cuarto. Is the completion of practical laboratory work associated with academic performance in formal evaluation instances (final exams)? To answer this question, the analysis of final written exams taken by students was carried out, a combination of quantitative methods was used to evaluate the academic performance of students. The exams analyzed were from different cohorts, one that had laboratory experience prior to the final exam and another that for contextual reasons did not perform any laboratory experience. Analyzing the results obtained, we can see that the laboratory experience on the solutions theme does not contribute significantly to improving academic performance in final exam instances for the cohorts analyzed. A possible cause that explains these results may be related to the fact that the students follow a protocol during the execution of the practical and this type of methodology does not contribute to the critical construction and meaningful knowledge of the students.

Keywords: *Practical laboratory work, Solutions, final exams, General chemistry.*

1. Introducción

En nuestro sistema educativo universitario, al igual que en otros países, se ha reconocido la necesidad e importancia del uso de prácticas de laboratorio como contenido del currículo, especialmente en asignaturas como química o física ya que motivan a las/os estudiantes, ayudan a la comprensión de conceptos, permiten acercarse a la metodología y los procedimientos propios de la indagación científica (observación, formulación de hipótesis, realización de experimentos, manipulación de técnicas, etc.). Todo ello constituye una oportunidad para el trabajo en equipo y el desarrollo de actitudes y aplicación de normas propias del trabajo experimental (planificación, orden, limpieza, seguridad, etc.).

El hecho de que los alumnos sean capaces de enfrentarse a situaciones cotidianas ó situaciones de la práctica profesional, analizándolas e interpretándolas a través de los marcos conceptuales adquiridos, es un objetivo fundamental de la formación universitaria (Pozo y Gómez Crespo, 1994). Las prácticas de laboratorio, en particular para asignaturas como química o física, constituyen una estrategia didáctica de primer orden para el planteamiento y la resolución de problemas.

Ahora bien, en la enseñanza de base constructivista, la experimentación y la observación servirán para aprender sólo si provocan que los estudiantes se haga preguntas, es decir, si conduce a representarse posibles interpretaciones de lo que se observa, para poderlas discutir (Gómez Moliné, y Sanmartí Puig., 2002). Se requiere dedicar tiempo a su preparación, afrontar y solucionar problemáticas relacionadas a su aplicación y esto requiere una dosis alta de motivación por parte del docente.

Numerosos autores señalan que no siempre las prácticas de laboratorio son efectivas ya que no se consiguen los aprendizajes esperados. Con frecuencia sus insuficiencias se atribuyen al carácter cerrado con que se diseñan, es decir, a su presentación como un conjunto de instrucciones ("tipo receta") que los estudiantes deben seguir, sin darles oportunidad para que aprecien cual es el objetivo que persigue la tarea propuesta y como puede ser resuelta (Caamaño, 2003). Asimismo, diversos estudios señalan que visiones deformadas acerca de la actividad científica pudieran estar siendo transmitidas, por acción u omisión, en los trabajos prácticos habituales.

En base a lo expuesto en los párrafos anteriores planteamos realizar un análisis de documentos (exámenes finales) de la materia Química General e Inorgánica, dictada en el

primer cuatrimestre de primer año de la carrera ingeniería agronómica de la Universidad Nacional de Río Cuarto. En particular, se analizarán las respuestas de los alumnos a dos preguntas relacionadas con la temática "soluciones": una de las preguntas se corresponde con un cálculo matemático y la otra se corresponde con una descripción metodológica sobre el preparado de una solución.

Cabe destacar que los exámenes seleccionados para el análisis corresponden a dos años distintos de cursado, los del 2021 y 2022. Los alumnos que cursaron en el 2021 no realizaron un trabajo práctico sobre soluciones, en cambio los alumnos del 2022 si desarrollaron una actividad de laboratorio exclusiva para la temática.

Se realizó una investigación de corte exploratorio, sobre las probables asociaciones entre el desarrollo de la actividad de laboratorio y el desempeño académico en torno a la temática "soluciones". Como pregunta de investigación nos formulamos: ¿la realización de trabajos prácticos de laboratorio se asocia al desempeño académico en instancias formales de evaluación (exámenes finales)?

2. marco teórico

Las actividades de laboratorio encierran una gran variedad de características positivas para la construcción de un aprendizaje ya que incluyen un repertorio variado de estrategias, por ejemplo: son realizadas por los alumnos (aunque con un grado variable de participación en su diseño y desarrollo), implican el uso de procedimientos científicos diversos (observación, formulación de hipótesis, realización de experimentos, técnicas manipulativas, etc.) y son una ayuda inestimable para la comprensión de planteamientos teóricos (Del carmen, 2000). Como consecuencia requieren mucho más trabajo organizativo ya que las actividades de laboratorio son mucho más complejas que las actividades habituales del aula.

Por otra parte, diversas investigaciones muestran que no siempre las prácticas de laboratorio son efectivas (Hodson, 1994) ya que no se consiguen los resultados esperados. Gran parte de sus insuficiencias se atribuyen al carácter cerrado con que se plantean, es decir, a su presentación como un conjunto de instrucciones que los estudiantes deben seguir, sin darles tiempo para que aprecien cual es el objetivo que persigue la tarea propuesta y como puede ser resuelta (Caamaño, 2003).

Los profesores tienden a pensar que el trabajo en el laboratorio facilita siempre el aprendizaje de las ciencias y que los estudiantes entienden lo que hacen (López Rua et al. 2012). Sin embargo, para muchos docentes estas prácticas son un tipo de receta que refuerza las clases que se han dado en el aula habitual y no tienen en cuenta que lo importante de las

prácticas de laboratorio, radica en que estas estimulan la curiosidad y promuevan la motivación, la comprensión de conceptos, permiten aproximarse a los procedimientos de la investigación científica, contribuyen a la apropiación de actitudes fundamentales en el campo de las ciencias así como también a aprender cómo se elabora el conocimiento científico (naturaleza de la ciencia, relaciones CTS, etc) y que deben tener siempre un propósito claro, no solo el de llevarlos a “experimentar”.

Esta visión empobrecida se hace muy evidente cuando el trabajo experimental se realiza, como es frecuente, con el propósito de observar algún fenómeno para extraer de él un concepto, poniendo de relieve la concepción empiro inductivista de la ciencia, así como otras deformaciones igualmente graves. En efecto, no se indican las cuestiones a las que se pretende dar respuesta (lo que contribuye a una visión aporética de la ciencia), ni se discute su posible interés y relevancia social (visión descontextualizada, socialmente neutra) (Carrascosa J. et al 2006)

Es de amplio conocimiento el problema que presentan las actividades experimentales cuando se pretende propiciar aprendizajes significativos mediante su incorporación a las actividades habituales en las clases. (Gil y González, 1993). Muchas de las actividades experimentales parecen no tener influencia en el aprendizaje de las ciencias, y, en ocasiones, suelen generar confusiones de tipo conceptual, metodológico y epistemológico más que ofrecer a los estudiantes una alternativa interesante para favorecer la construcción de conocimiento. (Hodson, 1994)

3. Objetivo general

Analizar las probables relaciones entre el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio y el desempeño académico en torno a la temática “soluciones” en cursos de primer año universitario de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, en el marco de la asignatura Química General e inorgánica.

4. Metodología

Analizar los exámenes finales realizados por estudiantes de primer año en la materia química general e inorgánica de la carrera de ingeniería agronómica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, acerca de la temática “soluciones”.

El programa de la asignatura contiene un espacio exclusivo para la realización de un práctico de soluciones, planificado hacia el final del cuatrimestre. Sin embargo, al estar programado hacia el cierre del período académico, es posible que en algunos casos no se lleve a cabo debido

a diversas circunstancias, tanto internas como externas a la asignatura, que dependen del contexto. Esto nos permite discriminar dos tipos de cohortes de alumnos:

- ❖ Cohorte I, alumnos que cursaron la materia en el 2021 sin desarrollo de prácticas de laboratorio.
- ❖ Cohorte II, alumnos que cursaron la materia en el 2022 con desarrollo de prácticas de laboratorio

La actividad experimental sobre soluciones cuenta con dos etapas:

- Realización de cálculos matemáticos para preparar una solución diluida partiendo de una solución más concentrada. Específicamente realizan cálculos de molaridad y % p/v.
- Desarrollo experimental del proceso de preparación de una solución.

Los documentos constituidos por los exámenes realizados por los estudiantes en forma escrita sobre la temática soluciones fueron realizados 20 días después de haber concluido el cuatrimestre. Se tomó una muestra total de 102 documentos (exámenes finales formato papel) de los cuales 54 pertenecen a alumnos que no realizaron la actividad experimental y 48 pertenecen a alumnos que realizaron dicha actividad. Los criterios para toma de datos serán los mismos tanto para los alumnos que realizaron la actividad de laboratorio como para aquellos que no la realizaron. En una primera instancia se seleccionó aquellos documentos que tengan completamente resuelto la actividad, es decir, que los estudiantes hayan completado las dos partes de la actividad. El propósito de este análisis es conocer cuál es el porcentaje del total de alumnos que resolvió la actividad completa. La segunda instancia de análisis se centró en ver qué parte de la actividad se realizó correctamente y que parte no. Una vez obtenido los datos se realizaron comparaciones entre los resultados obtenidos de los alumnos que realizaron la actividad de laboratorio y de los que no la realizaron. En la FIGURA 1, se puede visualizar como fueron los primeros criterios de análisis de cada documento:

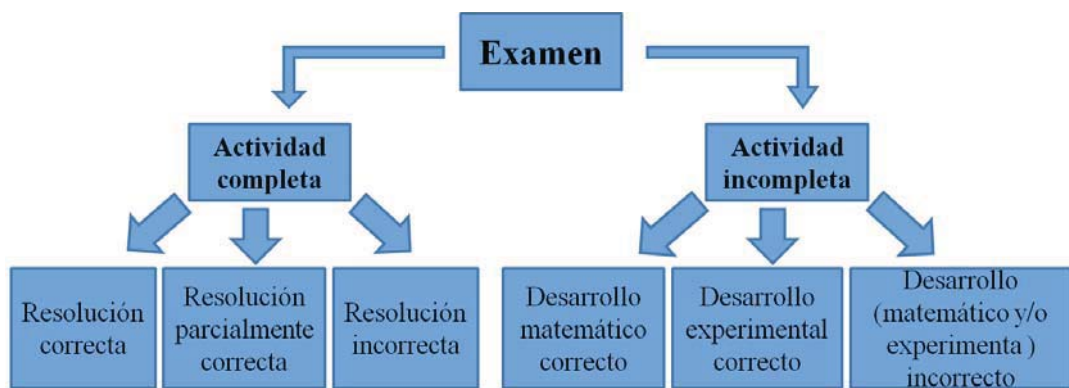


FIGURA 1. Criterios de análisis de cada documento

La consigna sobre la temática de soluciones que tienen que resolver los alumnos fue seleccionada del examen, en la FIGURA 2 se muestra su contenido:

Una botella de ácido clorhídrico tiene la siguiente inscripción en su etiqueta: densidad 1.18 g/mL, porcentaje peso en peso: 36 %. Calcule:

Parte 1: Calcular la **Molaridad** y **% p/p** de la solución

Parte 2: Describa detalladamente como prepararía una solución en el laboratorio partiendo de un soluto sólido, indicando los pasos a seguir y el material de vidrio que usaría

FIGURA 2. Contenido de la consigna sobre el tema soluciones seleccionada del examen realizado por los alumnos.

5. Resultados

Como se mencionó en la metodología comenzamos con el análisis de exámenes viendo en primera instancia quiénes habían completado la actividad, dichos resultados se muestran a continuación en las FIGURAS 3A y 3B.

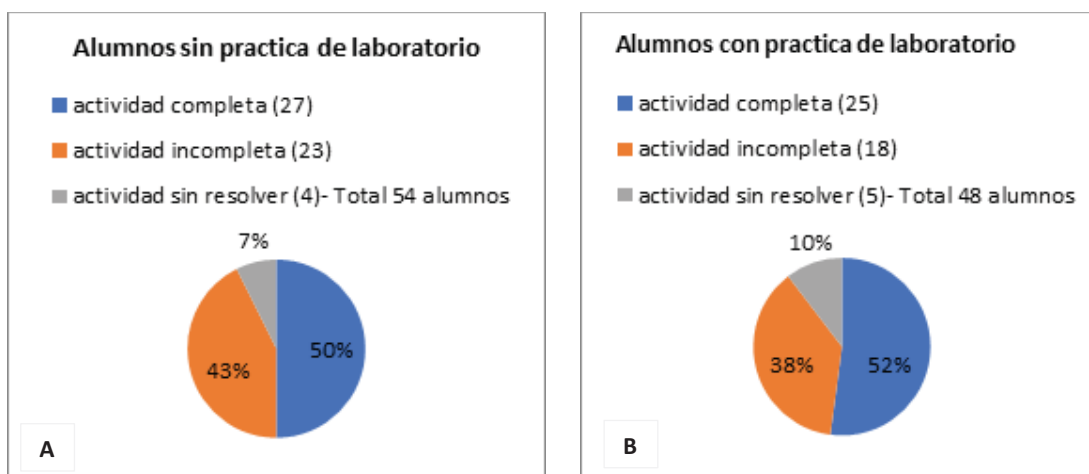


FIGURA 3. Análisis de exámenes. **A.** Alumnos sin práctica de laboratorio. **B.** Alumnos con práctica de laboratorio

Si tenemos en cuenta la cantidad de alumnos que completo la actividad vemos, para ambas cohortes, que la mitad aproximadamente completo la actividad. Por otro lado, se observa que la cantidad de alumnos que dejó la actividad incompleta también es similar en ambas cohortes. Estos resultados ponen en evidencia que la actividad experimental planteada no contribuye a un mejor desempeño académico de los estudiantes al resolver la consigna del examen. Aquí nos aparece el gran dilema del porqué de estos resultados no esperados.

Para responder esta pregunta tendremos que analizar la actividad práctica realizada por los alumnos. Viendo el trabajo práctico vemos que el objetivo central es que los alumnos aprendan procedimientos, técnicas y destrezas de carácter práctico o experimental en relación al

preparado de una solución. Si bien para la comprensión de estos procedimientos, algunos autores sostienen que puede ser útil la perspectiva atomística o analítica en un primer estadio de aprendizaje, es de notar que la presentación del práctico como un conjunto de instrucciones ("tipo receta") dificulta que los estudiantes aprecien cuál es el objetivo, la relevancia y el sentido de la tarea propuesta.

La concepción empiro-inductivista de la ciencia y del trabajo científico tiene un gran peso en el profesorado de ciencias y, vinculada a ella, la común deformación que identifica a la metodología del trabajo científico con la realización de experimentos (GIL-PÉREZ et al., 1993). En efecto, no se indica su posible interés y relevancia social (visión descontextualizada, socialmente neutra), ni se procede a la formulación tentativa de hipótesis susceptibles de ser sometidas a prueba mediante diseños concebidos al efecto, sino que se pide a los estudiantes que sigan una guía detallada, lo que contribuye a una visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia, faltando incluso el análisis crítico de los resultados obtenidos, el planteamiento de nuevos problemas, etc. (Carrascosa J. et al 2006). Todas estas visiones relacionadas, que se apoyan mutuamente y transmiten, en conjunto, una perspectiva distorsionada y empobrecida de la ciencia mostrando, en la mayoría de las prácticas de laboratorio, diseños experimentales como simples recetas ya preparadas (Carrascosa J. et al 2006).

Los docentes tienden a pensar que el trabajo en el laboratorio facilita siempre el aprendizaje de las ciencias y que los estudiantes entienden lo que hacen. Sin embargo, para la mayoría de los docentes estas prácticas son un tipo de receta que refuerza las clases que se han dado en el aula habitual. (López Rua, et al. 2012).

En las aulas o en los laboratorios, se confirma el hecho de que el objetivo que se privilegia en el trabajo práctico es el refuerzo del aprendizaje conceptual. En efecto, se da poca importancia a los pasos, métodos y procedimientos. Esto da como resultado poco interés en los estudiantes en comprender los métodos seguidos en el trabajo experimental. También se nota cierto escepticismo en los estudiantes, quienes están convencidos de que ellos mismos no pueden encontrar nada valioso (Carrascosa J. et al 2006).

Otra atribución a los resultados negativos que obtuvimos puede estar relacionada con la poca relación de la actividad experimental propuesta con el perfil profesional de la carrera. Si observamos los materiales y reactivos utilizados para realizar el práctico vemos que poco se relacionan con la actividad experimental que puede realizar un ingeniero agrónomo, esto no es un detalle menor ya que puede despertar poco interés por parte de los alumnos y menoscabar el valor de la disciplina en la formación del estudiante universitario.

La segunda etapa de análisis arrojó los siguientes resultados (ver FIGURAS 4A y 4B):

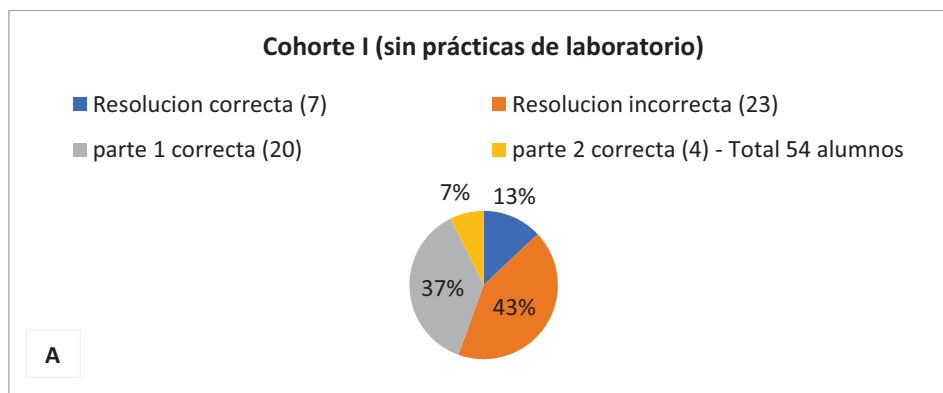


FIGURA 4A. Segunda etapa de análisis de exámenes. Cohorte I (sin práctica de laboratorio).

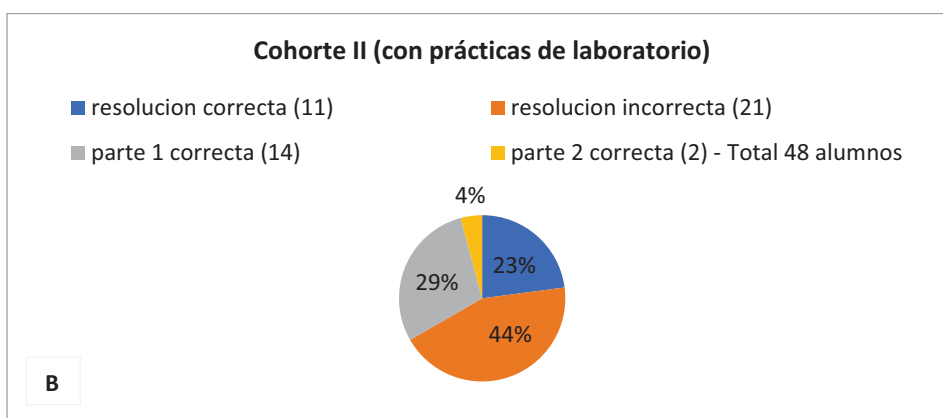


FIGURA 4B. Segunda etapa de análisis de exámenes. Cohorte II (con práctica de laboratorio)

Teniendo en cuenta este segundo análisis sobre cada consigna podemos apreciar, por un lado, que el porcentaje de respuestas incorrectas, tanto en la parte 1 como en la parte 2 de la actividad, es similar en ambas cohortes, a saber: 43% en la cohorte I (sin práctica experimental), 44% en la cohorte II (con práctica experimental).

Por otra parte, se pudo observar que gran parte del conjunto de estudiantes que no tuvieron la práctica de laboratorio realizaron correctamente la primera parte de la consigna, esto indica que para hacer problemas cuantitativos los alumnos no tuvieron inconvenientes a pesar de no haber realizado el laboratorio.

Cuando la situación que se plantea es de tipo cuantitativa los estudiantes (en la mayoría de los casos) no presentan dificultades para resolverla, arriban a los resultados numéricos correctos, independientemente de su experiencia previa en la práctica de laboratorio. Este tipo de problemas, cuantitativos, suelen ser situaciones cerradas. En muchas ocasiones los

problemas se convierten en ejercicios de aplicación de un algoritmo determinado. Esto hace que, por lo general, sea fácil alcanzar un relativo “éxito” (Pozo y Gómez Crespo, 1994).

6. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos podemos visualizar que la experiencia de laboratorio sobre la temática soluciones como fue diseñada no contribuye significativamente a mejorar los desempeños académicos en instancias de exámenes finales para alumnos de primer año de ingeniería agronómica. Una de las causas que explican estos resultados puede estar relacionada con los procedimientos realizados durante el trabajo práctico. Por un lado, podemos observar que los alumnos siguen una receta durante la ejecución del práctico y como se mencionó anteriormente, este tipo de metodología no contribuye a problematizar los aprendizajes. Por otro lado, vemos que los experimentos realizados por los estudiantes no se relacionan para nada con el entorno profesional de un ingeniero agrónomo, lo que produce una gran falta de interés por parte de los alumnos. Asimismo, este tipo de prácticos de laboratorio pueden estar transmitiendo, por acción u omisión, visiones deformadas acerca de la actividad científica (visión descontextualizada, aproblemática, algorítmica, etc.)

Despertar la motivación en los estudiantes, enseñando contenidos relacionados al entorno que rodea al alumno, a actividades que realiza a diario en el hogar, en la comunidad, etc. hace que los alumnos tomen dicha experiencia como algo significativo para su formación. La metodología tradicional de transmisión-recepción, con inclusión de trabajos de laboratorio con carácter cerrado no tiene mucho sentido si no se tienen en cuenta los intereses del cuerpo estudiantil, por lo tanto, es de suma importancia empezar a diseñar trabajos prácticos contemplando la motivación del estudiante.

Referencias

- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. P. Jiménez Aleixandre (Coord.), *Enseñar Ciencias*. pp. 95-118. Editorial Graó https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/185498/mod_resource/content/1/Caama%C3%B1o%2C%202003.pdf
- Carrascosa, J., Pérez, D., Vilches, A. y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 23(2), 157-181. https://www.researchgate.net/publication/285649791_Papel_de_la_actividad_experimental_en_la_educacion_cientifica
- Del Carmen, L. (2000) Los trabajos prácticos. En F. J. Perales Palacios y P. cañal de León. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, pp. 267-286. <https://educontinua.fcencias.unam.mx/CONTINUA/CURSOS/EnsenanzaExperimental/2008/ArchivosaEnviar/Articulos/LosTrabajosPracticosLuisdelCarmen.pdf>

- Gil Pérez, D. y González, E. (1993) Las prácticas de laboratorio de Física en la Formación del Profesorado. Un Análisis Crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7(1), 33-47. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/16189>
- Gómez Moliné, M. R. y Sanmartí Puig, N. (2002). El aporte de los obstáculos epistemológicos. *Educación Química*, 13(1), 61-68. <https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66321>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>
- López Rua, A. M., Alzate, T. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), 8(1), 145-166. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. Á (1994). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico, pp 87. http://www.terras.edu.ar/biblioteca/6/TA_Pozo_Unidad_3.pdf

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL ESTADO ESTACIONARIO DEL COMPLEJO ENZIMA-SUSTRATO

Nicolás A Garrone¹, Dara Dobler², Analía Isabel Coralizzi³,

Eduardo N. Cozza Buccaro⁴

¹Instituto de Investigaciones Biotecnológicas, Universidad de San Martín-CONICET, Buenos Aires, Argentina.

²Instituto Latinoamericano de Capacitación, Educación y Trabajo, ILCET-Chile

³Instituto Latinoamericano de Capacitación, Educación y Trabajo, ILCET-Argentina

⁴Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional (UTN) e Instituto Latinoamericano de Capacitación, Educación y Trabajo, ILCET-Argentina.

Autores corresponsales: ngarrone@iib.unsam.edu.ar, ilcetchile@gmail.com, ilcetar argentina@gmail.com, ecoza@frba.utn.edu.ar

Resumen

El modelo de Michaelis y Menten para la catálisis enzimática, su ecuación y la constante K_m , se fundamentan en el estado estacionario de la concentración del complejo enzima-sustrato, [ES]. A partir de instrumentos matemáticos simples se aporta en este trabajo evidencia acerca de la variación que sufre dicha concentración, ya que su valor aparece dependiendo de la concentración de sustrato y del tiempo de incubación. Así la [ES] puede variar hasta 1000 veces a lo largo de la reacción. De todos modos, las ecuaciones derivadas permiten también establecer las condiciones bajo las cuales la [ES] sufre poca variación, validándose así el estado estacionario que se postula en el modelo. Estos resultados sugieren que i) la validez de la hipótesis del estado estacionario debe comprobarse al utilizar el modelo de Michaelis y Menten ya que no parece ser inmediata, ii) K_m , tomada siempre como constante de estado estacionario del [ES], podría variar su interpretación en algunos casos experimentales. Por último, el simple desarrollo matemático aquí presentado para un proceso químico, en este caso el de las reacciones enzimáticas, puede ejemplificar las bondades de utilizar estas herramientas en la formación de los estudiantes de química de los niveles terciarios y universitarios.

Palabras clave: enzimas; enzimología; Michaelis-Menten; enzima-sustrato; K_m

SOME CHARACTERISTICS OF THE STEADY STATE OF THE ENZYME-SUBSTRATE COMPLEX

Abstract

Michaelis and Menten's model for enzymatic catalysis, its equation and the constant K_m , are based on the steady state of the concentration of the enzyme-substrate complex, [ES]. From simple mathematical instruments, evidence is provided in this work about the variation that this concentration undergoes, since its value appears depending on the substrate concentration and the incubation time. Thus, the [ES] can vary up to 1000 times throughout the reaction. In any case, the derived equations also allow us to establish the conditions under which the [ES] undergoes little variation, thus validating the steady state postulated in the model. These results suggest that i) the validity of the steady-state hypothesis should be tested by using the Michaelis and Menten model since it does not seem to be immediate, ii) K_m , always taken as the steady-state constant of [ES], could vary its interpretation in

some experimental cases. Finally, the simple mathematical development presented here for a chemical process, in this case that of enzymatic reactions, can exemplify the benefits of using these tools in the training of chemistry students at tertiary and university levels.

Keywords: *enzymes; enzymology; Michaelis-Menten; enzyme-substrate; Km*

1. Introducción

1.1. La cuestión química

La cinética química catalizada por enzimas tiene como uno de los modelos mecánicos y matemáticos más difundido y utilizado que la describe el de Michaelis y Menten (Deichmann y col, 2014); Johnson y Goody, 2011). Como es bien conocido, este modelo se fundamenta en 3 etapas básicas: i) la unión reversible de la enzima, E, con el sustrato, S, formando el llamado complejo enzima-sustrato, ES; ii) la transformación del sustrato en producto con la intervención química de la enzima como catalizadora, y iii) la inmediata liberación del producto, P, con la reposición de la enzima libre para continuar con la catálisis (FIGURA 1). El modelo también propone que la velocidad individual de transformación del S en P y la liberación de éste ocurre a muy alta velocidad, mayor que el resto de las etapas, por lo que no se considera en el modelo (FIGURA 1).

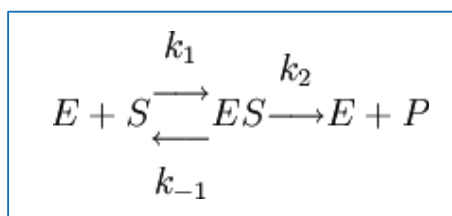


FIGURA 1: *Modelo mecánico de Michaelis y Menten para la catálisis enzimática. La reacción entre la Enzima, E, y el Sustrato, S, forma de manera reversible el complejo enzima-sustrato, ES, con el cual se produce la transformación del sustrato en producto, P, el que se desprende irreversiblemente de la enzima. Las constantes específicas de velocidad k_1 , k_{-1} y k_2 corresponden a las transformaciones indicadas por cada flecha de reacción.*

Las reacciones químicas involucradas en las etapas del modelo tienen constantes específicas (k_1 , k_{-1} y k_2) que están involucradas en la conocida expresión matemática para la velocidad de la reacción enzimática, principalmente la inicial para evitar efectos de inhibición por producto: Ecuación de Michaelis-Menten (1)

Ecuación de Michaelis-Menten

$$V_o = \frac{V_{max} [S]}{K_m + [S]} \quad (1)$$

donde:

- **V_o** es la velocidad de la reacción enzimática, principalmente la inicial, que se puede expresar según V_o, como muestra la ecuación (2):

$$V_o = - d[ES] / dt = k_2 [ES] \quad (2)$$

- **V_{máx}** representa la velocidad máxima, rigurosamente inalcanzable pues correspondería a una concentración de enzima libre, [E], igual a cero, y se expresa como indica la ecuación 3:

$$V_{max} = k_2 [E]_{total} \quad (3)$$

- **K_m** es la constante de disociación del estado estacionario del complejo enzima sustrato (ver FIGURA 1) y, como muestra la ecuación 4, es igual a:

$$K_m = [E] \cdot [S] / [ES] = k_{-1} \cdot k_2 / k_1 \quad (4)$$

donde las concentraciones son las del estado estacionario, o sea a las presentes durante la formación de producto.

Combinando las ecuaciones (1), (2) y (3) se puede obtener $k_2 [ES] = k_2 [E]_{total} \cdot [S] / (K_m + [S])$ que llega a la ecuación (5)

$$[ES] = [E]_{total} \cdot [S] / (K_m + [S]) \quad (5)$$

De esta forma resulta claro que el complejo enzima-sustrato, [ES], juega un rol central en este modelo ya que con él se produce la transformación del sustrato en producto (FIGURA 1), su concentración define la velocidad de la reacción enzimática (V_o, ecuación (2)), y su constancia durante la catálisis (estado estacionario, d[ES]/dt= 0) permite deducir la expresión de $K_m = k_{-1} \cdot k_2 / k_1$

Así, K_m es la constante de estado estacionario de disociación del complejo ES, por lo que las concentraciones de su expresión son las del estado estacionario durante la catálisis.

La constancia de la concentración del complejo enzima-sustrato, ES, no ha sido suficientemente revisada para considerar y analizar sus rangos o situaciones de validez (Garrone y col., 2024). En este sentido existen reportes que intentan delimitar la validez del modelo de Michaelis y Menten y sus premisas (Srinivasan, 2022; Leow y Chan, 2019), proponiéndose que no es el complejo ES el que mantiene constante su concentración, sino que es el sustrato el que sufre ese estado (Schnell). Una revisión sobre este tema puede verse desarrollada en el trabajo de Murray (2002).

Con el propósito de encontrar evidencia que pueda aportar acerca de lo planteado en el párrafo anterior, se ha determinado, a través del tratamiento matemático sencillo de la ecuación de Michaelis y Menten (1), la variación de la concentración del complejo ES durante la catálisis con respecto a la concentración de sustrato presente en la reacción y con respecto al tiempo de reacción.

1.2 La cuestión educativa

La enseñanza de la química en el nivel de educación universitaria incluye muchos casos y temas en los que la aplicación de instrumentos matemáticos resulta imprescindible. De hecho, en la práctica, es necesario construir expresiones numéricas que puedan describir, interpretar y/o predecir el comportamiento de sistemas químicos (Gutman y Castro, 2003; Galdeano-Bienzobas y Valiente-Barderas, 2010). Con la mirada puesta en este marco de formación y aprendizaje, se hace entonces necesario que los docentes elijamos temas que se puedan desarrollar y profundizar poniendo en juego la aplicación de las herramientas matemáticas. En nuestro grupo, la aplicación de herramientas matemáticas simples para describir procesos químicos ha sido realizada, incluyendo la catálisis enzimática (Matković y col, 2001).

2. Objetivo

El objetivo primario de este trabajo simple es poner de relieve la importancia del complejo enzima-sustrato y de su constancia en el mecanismo de la cinética enzimática, en este caso la michaeliana. Con ese fin, se pone a prueba, con herramientas matemáticas, la constancia en la concentración del complejo enzima-sustrato y consecuentemente del valor de K_m del modelo mecanístico-matemático de Michaelis y Menten durante la catálisis enzimática, tratando de encontrar, si los hubiere, límites de rango o de situaciones para la misma.

El segundo objetivo de esta presentación es ejemplificar la posibilidad de incluir la profundización de temas básicos de la química, en este caso de química biológica y biotecnología como lo es la cinética enzimática, a través de la aplicación de herramientas matemáticas conocidas simples, en el entendimiento que esto permite un mayor acercamiento a los fundamentos conceptuales a la vez de reforzar la competencia específica en su formación.

3. Metodología

A partir de la representación conjunta de la velocidad de la reacción enzimática en términos de cociente entre los diferenciales de concentración de sustrato y de tiempo por un lado y de la ecuación de Michaelis y Menten por el otro (ver más arriba, ecuaciones 1 a 5) se trabajó con

herramientas matemáticas simples para obtener nuevas expresiones que pudieran representar la variación en la concentración del complejo ES durante la catálisis.

Por otro lado, el desarrollo matemático que se presenta en este trabajo fue incluido, junto con otros similares (Matković y col, 2001), en dos cohortes (n= 57) de un curso de “Uso de Herramientas Matemáticas en Química Biológica” para profesionales y alumnos avanzados de las carreras de química, bioquímica, farmacia y biotecnología. A la finalización del curso se consultó a los participantes acerca de su opinión sobre algunos pocos aspectos de lo presentado en el curso. Los resultados se agruparon y tabularon.

4. Resultados

4.1. Variación de la velocidad de reacción y concentración del complejo ES

Por combinación de las expresiones dadas en las ecuaciones 1 y 2 para V_o se puede escribir $V_o = k_2 [ES] = k_2 [E]_{total} [S] / K_m + [S]$ de donde $[ES] / [E]_{total} = [S] / K_m + [S]$

Esta última expresión se representa en la FIGURA 2 y permite resaltar que la $[ES]$ es una fracción del total $[E]_{total}$ y entonces la velocidad V_o es la misma fracción de la V_{max} . Al disminuir V_o por el consumo del sustrato disminuirá también la concentración del complejo ES.

Si se toma una cualquiera dada concentración del complejo ES en una catálisis enzimática, la misma debiera ir disminuyendo con el tiempo dado que así lo hace la concentración del sustrato; se convierte en producto como muestra la FIGURA 1. Esto indicaría que la $[ES]$ no se mantiene constante, aunque este razonamiento que parece lógico necesita ser demostrado (ver más adelante, 4.2).

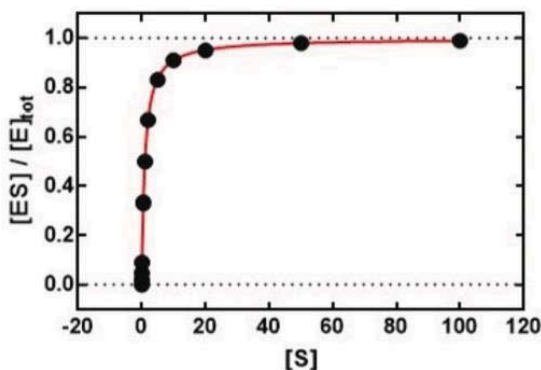


FIGURA 2. Representación de la ecuación $[ES] / [E]_{total} = [S] / K_m + [S]$. La ordenada toma valores entre 0 y 1, dependiendo del valor de la $[ES]$, indicando la fracción de enzima total unida al sustrato, la que resulta igual a la fracción de V_o sobre V_{max}

4.2. Variación de la [ES] con la concentración de sustrato a partir de la ecuación de velocidad

Para determinar la variación de la [ES] con la concentración de sustrato se determina la derivada $d[ES]/d[S]$. Para ello, se utiliza la ecuación (5): $[ES] = [E]_{\text{total}} \cdot [S] / (K_m + [S])$

La derivada, tomando K_m como constante, y reemplazando, da como resultado la ecuación (6):

$$\begin{aligned} d[ES]/d[S] &= [E]_{\text{total}} K_m / (K_m + [S])^2 \\ d[ES]/d[S] &= V_{\text{max}} \cdot K_m / k_2 (K_m + [S])^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Este resultado indica claramente que la [ES] depende de la [S] y que la variación de aquella disminuye al aumentar la [S], trabajando a un tiempo de catálisis constante.

Generalmente, en los análisis de cinética enzimática, (Murray, 2002; Matković y col, 2001; Mukhametgalieva y col, 2022) el valor mínimo que se toma para la [S] es “0,01 K_m ” mientras que el máximo es de “100 K_m ”, ya que en esas condiciones la suma “ $K_m + [S]$ ” se puede aproximar a K_m y a [S], respectivamente. Si se aplican estas [S] extremas en (6) los valores obtenidos se muestran en la TABLA I.

TABLA I. Valores de la variación en la concentración del complejo enzima-sustrato, [ES], con respecto a la variación de la concentración de sustrato (6) y del tiempo de reacción (ecuación 8), a concentraciones de sustrato, [S], mínima y máxima

[S]	$d[ES]/d[S]$	$d[ES]/dt$
Mínima: 0,01 K_m	$V_{\text{max}} / k_2 K_m$	$-k_2 [E]_{\text{total}}^2 10^{-2} / K_m$
Máxima: 100 K_m	$V_{\text{max}} / k_2 10^4 K_m$	$-k_2 [E]_{\text{total}}^2 10^{-4} / K_m$

De los valores de la TABLA I se observa que la concentración del complejo enzima-sustrato según la ecuación (6) puede descender hasta 10000 veces entre los valores máximos y mínimos considerados de la concentración de sustrato.

Por otro lado, se explicita que la variación en la concentración del complejo enzima-sustrato, [ES], es mucho menor a altas concentraciones de sustrato, en condiciones de saturación o cercanas a ella. Esto resultaría del hecho que con exceso de sustrato es posible reponer el complejo ES una vez que la enzima queda libre por haber liberado el producto (FIGURA 1). El valor “ $-k_2 [E]_{\text{total}}^2 10^{-4} / K_m$ ” puede entonces tomarse como el mínimo posible.

4.3. Variación de la [ES] con el tiempo de reacción

La variación de la [ES] con el tiempo de reacción es expresada por la derivada $d[ES]/dt$. Para lograr la determinación de la misma se aplica la derivada de función de función:

$$d[ES]/dt = d[ES]/d[S] \cdot d[S] / dt$$

donde: $d[ES] / d[S]$ fue determinada en el ítem anterior 4.2 (ecuación 6) y $d[S] / dt$ es $-V_o$, la cual se puede expresar combinando las ecuaciones (1) y (3), o con la ecuación (2).

Realizando el reemplazo con las ecuaciones (1) y (3), o sea, $-V_o = -k_2 [E]_{total} \cdot [S] / (K_m + [S])$, el cálculo de la derivada queda como muestra la ecuación (7):

$$d[ES] / dt = -k_2 \cdot [E]_{total} \cdot K_m \cdot [S] / (K_m + [S])^3 \quad (7)$$

Con el reemplazo de $-V_o$ por la ecuación (2) la misma derivada da la ecuación (8), la que también se puede obtener a partir de la ecuación (7) de la cual es dependiente:

$$d[ES] / dt = -V_{max} \cdot K_m \cdot [ES] / (K_m + [S])^2 \quad (8)$$

En ambos casos, la velocidad de variación de la concentración del complejo enzima-sustrato da negativa lo que indica que la misma va disminuyendo a medida que progresa la reacción enzimática, lo que resulta del hecho que con el tiempo la concentración de sustrato va disminuyendo por lo que existe menos reactivo para formar el complejo ES (FIGURA 1).

Al calcular la velocidad de variación de la concentración del complejo enzima-sustrato (ecuación 7) entre el valor mínimo y máximo de concentración de sustrato utilizados en el ítem anterior 4.2, se obtiene que aquélla puede variar en el tiempo disminuyendo hasta 100 veces cuando la concentración de sustrato varía de 0,01 K_m a 100 K_m (TABLA I).

Con la ecuación integrada de Michaelis y Menten (Hommes, 1962), $t = (K_m / V_{max}) \cdot \ln (S_o / S_f) + (S_o - S_f) / V_{max}$, se puede calcular el tiempo de reacción necesario para que la concentración de sustrato sufra esa variación (de 100 K_m a 0,01 K_m). Con dicho cálculo se obtiene un $t = 109,2 K_m / V_{max}$. Este valor es relativamente muy alto en valores ordinarios de K_m y V_{max} por lo que la disminución de 100 veces sería inalcanzable en una misma reacción. De todos modos, la variación obtenida refuerza el hecho que la concentración del complejo ES no se mantiene constante.

Por otro lado, como la velocidad de variación de la concentración del complejo ES depende de la concentración de sustrato (ecuaciones 7 y 8), se puede determinar la [S] con la que aquella velocidad es máxima. Dicho cálculo rinde que la velocidad $d[ES]/dt$ tiene un máximo a una $[S] = K_m/2$. Esa [S], a su vez, según la ecuación de Michaelis y Menten (1) corresponde a una velocidad $V_o = V_{max}/3$. Por lo tanto, una concentración de sustrato $[S] = K_m/2$ da las condiciones de más rápida pérdida del estado estacionario del complejo enzima-sustrato con el tiempo de reacción ya que su velocidad de variación es máxima.

4.4. La respuesta de los alumnos

La presentación del modelo de Michaelis y Menten en un curso para profesionales y alumnos avanzados (n= 57) generó los siguientes comentarios (TABLA II).

TABLA II: Opiniones de participantes de un curso extracurricular en el que se abordó el modelo de Michaelis y Menten, incluyendo el desarrollo matemático expresado en este trabajo.

<i>Consulta de Opinión</i>	<i>Número de Respuestas</i>		
	NO	REGULAR	SI
¿Tenía conocimientos del tema antes del curso?	2	19	36
¿Cree que se ha profundizado el tema?	1	12	44
¿Le ha resultado accesible el abordaje del tema?	1	12	44
¿Considera que este abordaje del tema es significativo?	10	17	30
¿Su formación incluyó abordajes de este tipo?	39	13	5
¿Incluiría este tipo de abordajes en su formación?	12	17	28

La muestra abordada, si bien pequeña y por lo tanto con resultados provisorios, parece mostrar preliminarmente una buena aceptación de lo desarrollado y un buen reconocimiento a su valor académico o de formación.

5. Conclusiones

La condición de estado estacionario del complejo ES en el Modelo de Michaelis y Menten nunca ha sido verificada completamente (Garrone y col., 2024; Murray, 2002; Schnell; Srinivasan, 2022) aunque el modelo y principalmente la ecuación que representa la Vo del mismo (ecuación 1) ha sido utilizada exitosamente en una inmensa cantidad de trabajos.

En este trabajo se muestran varias formas de intentar demostrar el no cumplimiento del estado estacionario en la concentración del complejo ES a lo largo de la reacción enzimática. En efecto, en las secciones 4.1, 4.2 y 4.3 se ve la dependencia de la misma con el progreso de la reacción, con la concentración de sustrato, sea inicial o no, y con el tiempo, respectivamente.

Habitualmente se propone que la ecuación de Michaelis y Menten es sólo válida para las velocidades iniciales (Deichman y col; Johnson y Goody, 2011; Schnell), y de hecho así se usa habitualmente bajo los fundamentos de evitar la inhibición por producto (Johnson y Goody, 2011; Murray, 2002). Los resultados mostrados abren el camino para restringir el uso del modelo y sobre todo de la ecuación de Michaelis y Menten a las condiciones iniciales porque, aparte de otras cuestiones, en ese instante, sea por el complejo ES (Deichman y col; Johnson y Goody, 2011) o por el sustrato (Schnell), se cumpliría el estado estacionario. El principal

fundamento de esto último es la mínima variación que esas concentraciones sufren en el diferencial de tiempo involucrado en el estado inicial.

La otra cuestión es la referida al valor de K_m . Su definición, como constante de disociación del estado estacionario del complejo ES, también tendría solamente ese sentido en las condiciones iniciales. Así, de utilizar K_m calculada bajo condiciones no iniciales se tendría otro sentido aún no dilucidado. Esto lleva a pensar en revisar la validez de la ecuación integrada de Michaelis y Menten, dado que la misma se obtiene manteniendo K_m constante en todo el tiempo de reacción.

Todo esto aquí presentado lleva a una cuestión que podría ser trasladada a la docencia: dar y explicar los modelos y ecuaciones que se usan en forma muy generalizada, pero advirtiendo también de los posibles límites, rangos o situaciones de validez que pudieran tener.

Por otro lado, el manejo y uso de herramientas matemáticas básicas puede ser muy útil en la formación de los estudiantes en química (Gutman y Castro, 2003; Galdeano-Bienzobas y Valiente-Barderas, 2010). De hecho, en la pequeña muestra utilizada (ver sección 4.4) se muestra una aceptación significativa por parte de los alumnos del curso extracurricular.

Finalmente, en este trabajo intentamos mostrar evidencia de: i) el no cumplimiento estricto de las condiciones de estado estacionario, ii) los posibles impactos que podría haber sobre la constancia en el valor de K_m , iii) la posibilidad de profundizar la inclusión del uso de herramientas matemáticas en procesos químicos básicos, y iv) las opiniones sobre iii) de los integrantes de una pequeña cohorte de un curso de extensión universitaria sobre el tema.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Ingeniería Química de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional el apoyo continuo para la realización de trabajos de desarrollo, investigación y extensión en el marco de la especialidad, y en especial a su Secretaría de Investigación por la ayuda y colaboración en el pedido de los subsidios correspondientes. Además, se agradece la siempre buena predisposición del Dr. Juan C. Calvo para responder y colaborar frente a consultas y solicitudes.

Referencias

- Deichmann, U., Schuster, S., Mazat, J. P., Cornish-Bowden, A. (2014). Commemorating the 1913 Michaelis–Menten paper *Die Kinetik der Invertinwirkung*: three perspectives. *The FEBS journal*, 281(2), 435-463. <https://doi.org/10.1111/febs.12598>
- Galdeano-Bienzobas, C. y Valiente-Barderas, A. (2010) Competencias en Ingeniería Química. *Educación Química* 21 (3) 260-264. DOI: [10.1016/S0187-893X\(18\)30092-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30092-2)
- Garrone, NA, Cozza, EN, Coralizzi, AI, Romero, SV (2024) Mathematical approach of the steady-state of the enzyme-substrate complex in Michaelis-Menten model. (PAPER ID: 4099085, no disponible aún en internet)).
- Gutman, I., & Castro, E. A. (2003). La relación entre la química y la matemática. *Ciencia e Investigación*, 55(1),33-37. SEDICI-Repositorio de la Universidad Nacional de La Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/121664/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

- Hommes, F. A. (1962). The integrated michaelis-menten equation. *Archives Of Biochemistry And Biophysics*, 96(1), 28-31. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(62\)90444-7](https://doi.org/10.1016/0003-9861(62)90444-7)
- Johnson, K. A., Goody, R. S. (2011). The original Michaelis constant: translation of the 1913 Michaelis–Menten paper. *Biochemistry*, 50(39), 8264-8269. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bi201284u>
- Leow, J. W. H., Chan, E. C. Y. (2019). Atypical Michaelis-Menten kinetics in cytochrome P450 enzymes: A focus on substrate inhibition. *Biochemical pharmacology*, 169, 113615. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2019.08.017>
- Matković L., Gómez-Sánchez C.E., Cozza E.N. (2001) Inhibition of aldosterone production in rat adrenal mitochondria by 18-ethynyl-11-deoxycorticosterone: a simple model for kinetic interpretation of mechanism-based inhibitors. *The journal of biochemistry*, 129(3), 383-390. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a002868>
- Mukhametgalieva, A. R., Lushchekina, S. V., Aglyamova, A. R., & Masson, P. (2022). Steady-state kinetic analysis of human cholinesterases over wide concentration ranges of competing substrates. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1870(1), 140733. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2021.140733>
- Murray, JD (2002) Mathematical Biology. Chapter 6: Reaction Kinetics. Springer. <http://pcleon.if.ufrgs.br/pub/listas-sistdin/MurrayI.pdf>
- Schnell, S. (2014). Validity of the Michaelis–Menten equation—steady-state or reactant stationary assumption: that is the question. *The FEBS journal*, 281(2), 464-472. <https://doi.org/10.1111/febs.12564>
- Srinivasan, B. (2022). A guide to the Michaelis–Menten equation: steady state and beyond. *The FEBS journal*, 289(20), 6086-6098. <https://doi.org/10.1111/febs.16124>

PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE QUÍMICA GENERAL EN DIVERSOS CONTEXTOS: ESTUDIO DE COHORTES 2018 AL 2024

Lucía Odetti, Clarisa Medina, Lucio Eisenack, Sofía Pontoni, Germán Hugo Sánchez

*Departamento de Química General e Inorgánica, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas,
Universidad Nacional del Litoral (FBCF-UNL), Santa Fe, Argentina.*

*Autores corresponsables: luodetti@gmail.com, clarisa.medina.22@gmail.com,
leisenack@rectorado.unl.edu.ar, sofipontoni96@gmail.com, gsanchez@fbcf.unl.edu.ar*

Resumen

A lo largo de los años, el Departamento de Química General e Inorgánica de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral ha implementado diversas acciones centradas en la enseñanza de la Química. El objetivo de este trabajo es documentar las prácticas educativas desarrolladas en las asignaturas de Química General y Química General e Inorgánica, analizando tres períodos clave: pre-pandemia (2018-2019), pandemia (2020-2021) y post-pandemia (2022-2024). Este análisis incluyó datos cuantitativos sobre la cantidad de estudiantes y su condición final en el cursado (regular, promocionó, libre y abandonó). El propósito es ofrecer una visión detallada del impacto de estas prácticas en el desempeño estudiantil y detectar posibles áreas de mejora para optimizar la enseñanza en el futuro, en el marco del Proyecto de Investigación CAID2020 “Prácticas de la Enseñanza de la Química que promuevan la Educación para el Desarrollo Sostenible”.

Palabras clave: ingreso y permanencia; prácticas de enseñanza; educación en química; educación universitaria; pandemia.

UNIVERSITY TEACHING PRACTICES OF GENERAL CHEMISTRY IN VARIOUS CONTEXTS: COHORT STUDY 2018 TO 2024

Abstract

Over the years, the Department of General and Inorganic Chemistry of the Faculty of Biochemistry and Biological Sciences of the National University of the Litoral has implemented various actions focused on the teaching of Chemistry. The aim of this paper is to document the educational practices developed in the subjects of General Chemistry and General and Inorganic Chemistry, analyzing three key periods: pre-pandemic (2018-2019), pandemic (2020-2021) and post-pandemic (2022-2024). This analysis included quantitative data on the number of students and their final condition in the course (regular, promoted, free and dropped). The purpose is to offer a detailed vision of the impact of these practices on student performance and to detect possible areas for improvement to optimize teaching in the future, within the framework of the Research Project CAID2020 "Chemistry Teaching Practices that Promote Education for Sustainable Development".

Keywords: admission and permanence; teaching practices; chemistry education; university education; pandemic.

1. Introducción

En el marco de la democratización del sistema de educación superior, un fenómeno propio de las sociedades contemporáneas, han emergido diversas problemáticas que, en las últimas décadas, han guiado la construcción de agendas de investigación y el desarrollo de debates sobre políticas universitarias (Tarabella et al., 2016). La Universidad Nacional del Litoral (UNL) ha estado involucrada activamente en estas discusiones, y desde hace más de veinte años, cuestiones como el acceso, la permanencia y la desafiliación de estudiantes durante los primeros años de vida universitaria, la vinculación entre los conocimientos y habilidades adquiridos durante el trayecto universitario, y la posterior inserción laboral, han sido temas de preocupación constante para las distintas gestiones. Sin embargo, nuestra historia educativa ha evidenciado una desigualdad estructural, donde el acceso a la educación, especialmente en el nivel superior, sigue siendo selectivo (Blesio, Morelli y Odetti, 2021).

Para muchos jóvenes, en particular aquellos provenientes de contextos socioculturales vulnerables, la educación universitaria no aparece como una opción viable al momento de planificar su futuro. Esta realidad se ha visto agravada por la irrupción de la pandemia en 2020, que, junto con las medidas de aislamiento social, preventivo y obligatorio (ASPO), obligó a implementar acciones excepcionales en el ámbito educativo (Talanquer et al., 2020). Estas medidas afectaron tanto la modalidad de cursado como el desarrollo de las actividades académicas, y requirieron un esfuerzo conjunto para adaptarse al nuevo contexto y garantizar la continuidad educativa. A lo largo de este proceso, se han reforzado los desafíos relacionados con la equidad y la inclusión en la educación superior, al tiempo que se han sumado nuevos retos derivados de la crisis sanitaria global, exigiendo una respuesta integral que permita avanzar hacia un sistema educativo más justo y accesible para todos (Blesio et al., 2023).

Desde el Departamento de Química General e Inorgánica (DQGI) de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (FBCB-UNL), a lo largo de los años se han llevado a cabo diversas acciones específicas enfocadas en la enseñanza de la disciplina y en el registro y análisis de estas prácticas educativas (Regonat, Sánchez y Odetti, 2020; Sánchez, Medina y Odetti, 2023). Estas acciones han estado marcadas por un proceso continuo de adaptación de las prácticas educativas, que respondieron tanto a las necesidades académicas como a los contextos sociales y tecnológicos cambiantes. Este trabajo tiene como objetivo describir las prácticas educativas en las asignaturas de Química General (QG) y Química General e Inorgánica (QGI) implementadas en tres períodos clave: la pre-pandemia (2018 y 2019), el período de pandemia (2020 y 2021), y el período post-pandemia (2022, 2023 y 2024). A través de esta revisión, se busca ofrecer una visión integral de cómo las estrategias pedagógicas

evolucionaron para enfrentar los desafíos presentados por cada contexto. El análisis de estos tres períodos se complementó con datos cuantitativos que incluyeron la cantidad de estudiantes habilitados a cursar, aquellos que lograron la regularidad, promocionar, los que quedaron libres y los que abandonaron. Estos datos proporcionan una visión detallada del impacto de las distintas modalidades de enseñanza sobre el desempeño estudiantil, permitiendo identificar tendencias y áreas de mejora.

2. METODOLOGÍA

En el marco del paradigma interpretativo se llevó adelante una investigación documental de tipo descriptivo con enfoque mixto empleando un diseño no experimental.

Para este estudio se consideraron las asignaturas de QG y QGI, las que se desarrollan en el primer cuatrimestre del primer año de diversas carreras científico-tecnológicas de la FBCB - UNL. En particular, QG forma parte del plan de estudios de las carreras de Bioquímica, Licenciatura en Biotecnología, Licenciatura y Tecnicatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo, Licenciatura en Saneamiento Ambiental, y Tecnicatura Universitaria en Salud Ambiental. Por su parte, QGI forma parte de la carrera de Licenciatura en Nutrición.

Se recopilaron documentos públicos del DQGI en donde se consignan las condiciones de cursado, planificaciones de cátedra, así como también actas de cursado en el período 2018-2024. La información fue ordenada y sistematizada para conformar el corpus de datos a ser analizados.

Se realizó un análisis cualitativo mediante herramientas del Análisis del Contenido (Bardin, 1991) de las prácticas educativas implementadas en las asignaturas de QG y QGI a lo largo del período 2018-2024, describiendo las condiciones de cursado que se proporcionan en los programas de estudio. Además, se realizó un análisis cuantitativo, evaluando la evolución de la matrícula y los resultados académicos de los estudiantes. Para ello, se examinó la cantidad de alumnos que iniciaron el cursado en cada período y su situación académica al finalizar el primer cuatrimestre: estudiantes regulares, promocionados, libres y aquellos que abandonaron.

El período de estudio se dividió en tres fases: los dos años pre-pandemia (2018 y 2019), el período de pandemia (2020 y 2021), y la etapa post-pandemia (2022, 2023 y 2024), lo que permite analizar las variaciones en las dinámicas educativas y su impacto en el rendimiento estudiantil bajo distintos contextos.

3. Resultados

La FIGURA 1A y B muestra la cantidad de estudiantes que cursaron las asignaturas de QG y QGI entre los años 2018 y 2024.

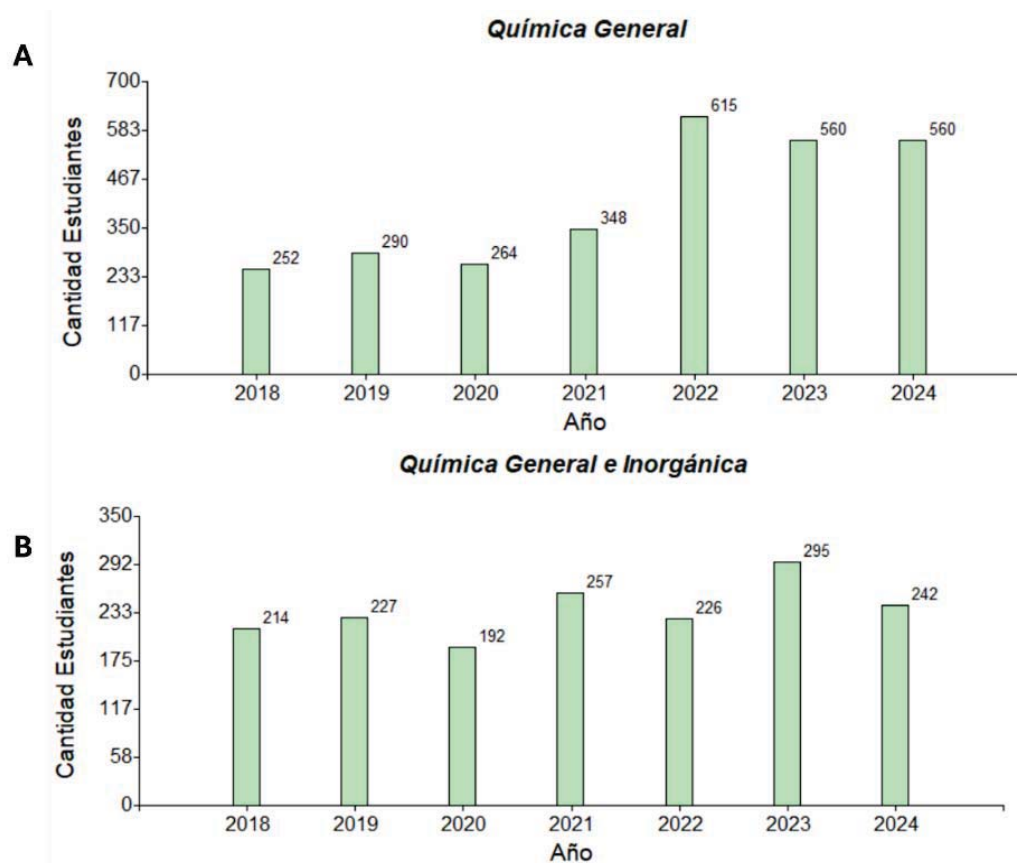


FIGURA 1. Cantidad de estudiantes habilitados a cursar QG (A) y QGI (B) durante el periodo 2018-2024.

En QG (FIGURA 1A), se observa un aumento en la matrícula a partir del año 2021. Este incremento puede atribuirse a varios factores. En primer lugar, es posible que haya un mayor interés por las carreras científico-tecnológicas, impulsado por la creciente demanda en áreas relacionadas con la biotecnología y la bioquímica. Además, la transición de la modalidad presencial a la virtual durante la pandemia flexibilizó, específicamente en la UNL, las condiciones de inscripción, lo que facilitó el acceso a un mayor número de estudiantes. Otro factor relevante es la flexibilización en los programas de ingreso. Antes de la pandemia, en la UNL los estudiantes debían aprobar un examen de ingreso centrado en Química durante el mes de febrero. Sin embargo, a partir de 2021, se modificó este sistema, permitiendo a los estudiantes inscribirse directamente en las asignaturas sin pasar por un examen previo. Estos cambios probablemente contribuyeron al incremento en la matrícula, facilitando la entrada a la

universidad y reduciendo las barreras iniciales de acceso a las carreras científicas. Con respecto a QGI (FIGURA 1B) se observa que la cantidad de inscriptos es similar a lo largo de los años. A diferencia de las carreras más ligadas a la Biotecnología o la Salud Ambiental, que han visto un incremento en la demanda durante y después de la pandemia, las carreras con perfiles más específicos, como Nutrición, no se vieron tan afectadas por las flexibilizaciones académicas ni por cambios en las modalidades de ingreso.

Durante el período pre-pandemia (2018 y 2019), la enseñanza se desarrollaba de manera predominantemente presencial. Los estudiantes asistían semanalmente a 2 horas de clases teóricas, 2 horas de coloquios y 4 horas de actividades de laboratorio. Además, se ofrecían clases de consulta específicas para cada uno de estos espacios, permitiendo a los alumnos aclarar dudas y revisar conceptos. En estos dos años han transitado un total de 983 estudiantes (FIGURA 1A y B).

Los estudiantes tenían la posibilidad de promocionar el cursado realizando dos exámenes y de regularizar la asignatura al aprobar la totalidad de las evaluaciones correspondientes a las actividades de laboratorio. El uso de tecnologías digitales en la enseñanza era más limitado en comparación con los años posteriores. El DQGI ya disponía de plataforma virtual, pero su función principal era la de complementar la enseñanza presencial mediante la distribución de materiales, como apuntes y guías de estudio. Esta herramienta digital no era el eje central del proceso educativo, sino un recurso adicional al que los estudiantes podían acceder para apoyar su aprendizaje.

Durante el período de pandemia (2020-2021), la educación experimentó un cambio radical, marcado por la necesidad de adaptarse rápidamente a un entorno completamente virtual debido a las medidas de ASPO impuestas para frenar la propagación del COVID-19. Las clases presenciales fueron reemplazadas por distintas plataformas digitales. Los contenidos teóricos y prácticos, que previamente se impartían en aulas y laboratorios, fueron reformulados para adaptarse a entornos digitales, que antes funcionaban como apoyo complementario y pasaron a ser el núcleo del proceso educativo, donde los estudiantes podían acceder a materiales, entregar trabajos y realizar evaluaciones. En este contexto, el DQGI implementó diversas estrategias para asegurar la continuidad del cursado. Entre ellas se destacaron: la grabación de clases teóricas, que fueron alojadas en YouTube para facilitar el acceso de los estudiantes en cualquier momento; clases de consulta realizadas a través de videoconferencias, permitiendo una interacción directa entre docentes y alumnos; y actividades de laboratorio, que se adaptaron mediante el uso de simuladores virtuales y laboratorios remotos, ofreciendo una experiencia práctica en formato digital. Estas medidas buscaron garantizar una enseñanza de calidad a pesar

de las limitaciones impuestas por el contexto. Entre los años 2020 y 2021 transitaron un total de 1061 estudiantes (FIGURA 1 A y B).

A partir del 2022 en adelante (post-pandemia), se adoptó un modelo híbrido, combinando elementos de la enseñanza presencial con la modalidad virtual que se consolidó durante la pandemia. Este enfoque permitió capitalizar las ventajas de ambos métodos, respondiendo a las necesidades de flexibilidad y accesibilidad impuestas por el contexto posterior a la crisis sanitaria. Este sistema permitió mantener la interacción directa entre estudiantes y docentes, al tiempo que se ofrecía flexibilidad para aquellos con limitaciones de tiempo o movilidad. Las actividades de laboratorio, esenciales en disciplinas como Química, recuperaron su formato presencial, pero con la integración de simulaciones y actividades virtuales complementarias. En la actualidad, las asignaturas de QG y QGI quedaron estructuradas de la siguiente manera: las teorías se presentan en formato de video y están diseñadas como una guía de estudio para cada unidad del programa, disponibles en el entorno virtual correspondiente a cada tema. Los estudiantes deben complementar la información de estos videos con la bibliografía asignada. Las consultas de teoría se realizan a través de encuentros sincrónicos, ya sea por Zoom o de forma presencial. Los coloquios son clases presenciales de asistencia obligatoria, donde se resuelven las actividades incluidas en las guías. Por último, las actividades de laboratorio también son obligatorias y se llevan a cabo de manera presencial, permitiendo a los estudiantes realizar las experiencias prácticas en el laboratorio. Durante el cursado los alumnos tienen la opción de promoción a través de 2 exámenes y de regularizar con un parcial integrador con contenidos básicos de la asignatura y con el 100 % de los evaluatorios aprobados en las actividades de laboratorio. A partir del 2022 transitaron un total de 2498 estudiantes (FIGURA 1 A y B).

La FIGURA 2A y B muestra en porcentaje la distribución de estudiantes al finalizar el cuatrimestre, indicando aquellos que quedaron regulares, promocionaron, libres o abandonaron.

Se observa un aumento en el porcentaje de estudiantes que alcanzaron la regularidad durante los años de pandemia, lo cual podría atribuirse a las flexibilizaciones implementadas en el cursado durante ese período. Estas flexibilizaciones incluyeron la adaptación de los requisitos académicos y la modalidad virtual, lo que posiblemente facilitó que más estudiantes cumplieran con las condiciones necesarias para regularizar las materias. En los años post-pandemia (2022-2024), se observa una leve disminución en los porcentajes de regularidad y promoción en comparación con los años de pandemia, lo que podría deberse a: 1) el retorno gradual a la presencialidad, que implica una recuperación de las exigencias académicas previas a la

pandemia. Esto podría haber impactado en los estudiantes que se habían beneficiado de la mayor flexibilidad de los años anteriores; 2) la adaptación al modelo híbrido: aunque este modelo combina lo mejor de ambos enfoques (presencial y virtual), puede que algunos estudiantes hayan tenido dificultades para ajustarse a este nuevo formato; 3) dificultades en relación a la formación de los estudiantes secundarios que transitaron la pandemia e ingresaron a la Universidad en años posteriores.

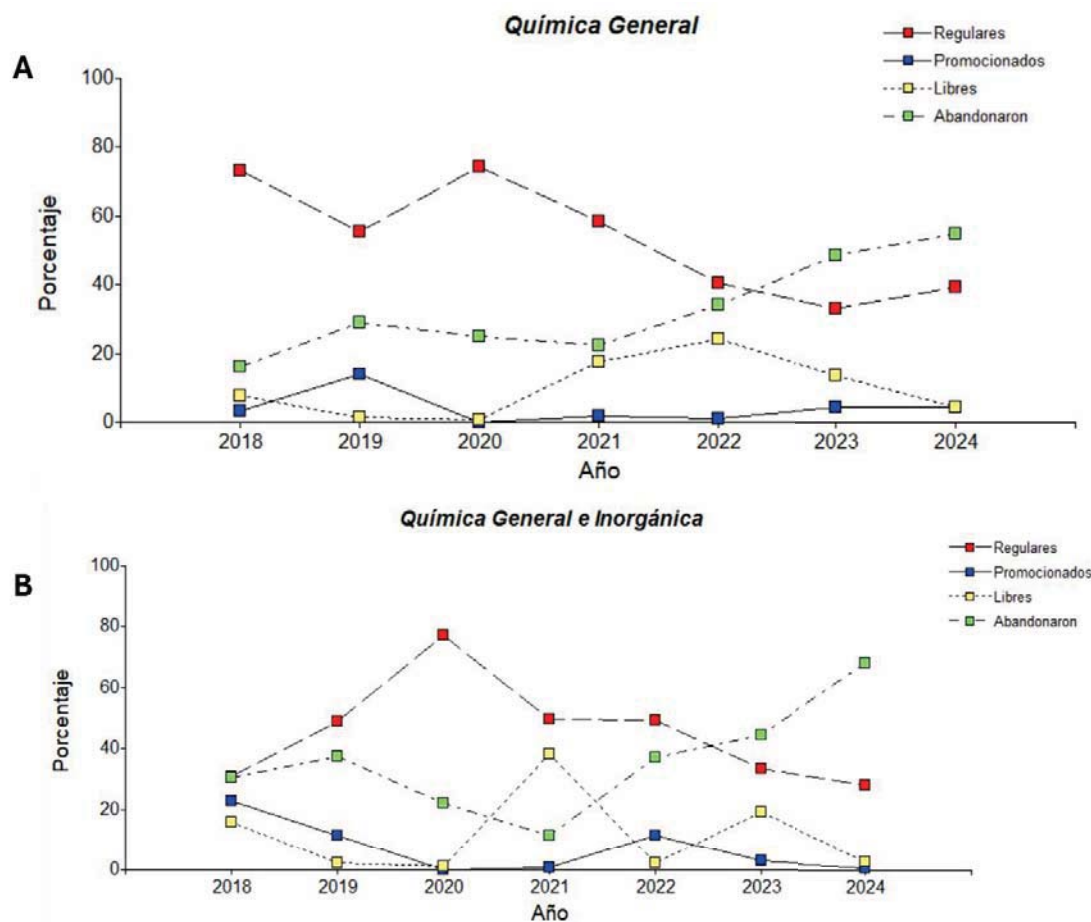


FIGURA 2. Porcentaje de estudiantes que lograron la regularidad, promocionar, quedaron libres y abandonaron durante el período 2018-2024 en QG (A) y QGI (B).

4. Conclusiones

Las asignaturas de QG y QGI han demostrado una notable capacidad de adaptación a lo largo del período 2018-2024. La transición desde un enfoque predominantemente presencial antes de la pandemia, a un entorno completamente virtual durante el confinamiento, y finalmente hacia un modelo híbrido post-pandemia, permitió mantener la continuidad

educativa y garantizar la participación estudiantil. Este proceso de adaptación no solo aseguró el acceso a los contenidos académicos, sino que también optimizó la experiencia de aprendizaje al incorporar herramientas digitales y estrategias pedagógicas más flexibles, como las clases en vídeo, simuladores de laboratorio y consultas en línea.

El aumento en la cantidad de estudiantes, especialmente en QG, a partir de 2021, refleja el impacto positivo de las flexibilizaciones introducidas durante la pandemia. Factores como la eliminación del examen de ingreso en Química y la modalidad virtual facilitaron el acceso a las carreras científico-tecnológicas, lo que generó un crecimiento significativo en el número de inscripciones. Asimismo, las medidas implementadas durante la pandemia, como la adaptación de los requisitos académicos y la flexibilidad en las evaluaciones, contribuyeron a que más estudiantes lograran la regularidad, demostrando que estas estrategias permitieron superar los desafíos del contexto. Sin embargo, en 2023 y 2024 se observa una disminución en los porcentajes de regularidad, lo que podría estar relacionado con el retorno gradual a las exigencias académicas presenciales, la adaptación al modelo híbrido que combina presencialidad y virtualidad, y las dificultades en la formación de los estudiantes que cursaron la secundaria durante la pandemia e ingresaron a la Universidad en los años posteriores.

Finalmente, el modelo híbrido adoptado en el período post-pandemia ha logrado combinar lo mejor de ambos enfoques, virtual y presencial, ofreciendo una experiencia educativa más accesible y flexible. No obstante, es fundamental seguir evaluando el impacto de estas modalidades en el desempeño estudiantil a largo plazo, asegurando que la calidad educativa se mantenga, especialmente en disciplinas como Química, donde la formación práctica es esencial. Los retos futuros incluirán el perfeccionamiento de las herramientas tecnológicas y el desarrollo de estrategias pedagógicas que sigan promoviendo el acceso, la permanencia y el éxito académico de los estudiantes.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional del Litoral por el financiamiento del Proyecto de Investigación CAID 2020 “Prácticas de la Enseñanza de la Química que promuevan la Educación para el Desarrollo Sostenible”.

Referencias

- Bardin, L. (1991). *Análisis de contenido*. Ediciones Akal.
- Blesio, M., Morelli, I., Odetti, L. M. y Pacífico, A. (2023). Iniciación a los estudios universitarios como política de ingreso a la UNL. En: G. Biber y col. (Eds). *IX Encuentro Nacional y VI Latinoamericano sobre Ingreso Universitario: la educación superior como derecho: sentidos, prácticas y apuestas para una agenda de ingreso y permanencia en las universidades públicas*. Nueva Editorial Universitaria - UNSL.
- Blesio, M., Morelli, I. y Odetti, L. M. (2021). Nexos: trayectorias y elecciones en la UNL. Pensar la enseñanza y la formación desde los desafíos del presente. En: O. Lossio, M. Coudannes y J. Bernik (Coomp.). *Libro de ponencias de las Terceras Jornadas de divulgación de experiencias*

- de docencia, extensión e investigación educativa de la FHUC-UNL. Universidad Nacional del Litoral.
- Regonat, M. S., Sánchez, G. H. y Odetti, H. S. (2021). Enseñar Química General universitaria en tiempos de emergencia. *Educación En La Química*, 27(01), 120–124.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/27>
- Sánchez, G. H., Medina, C. y Odetti, H. S. (2023). Ingreso y permanencia en la universidad nacional del litoral: estudio de las prácticas educativas. *HOLOS*, 1(39).
<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/14289>
- Tarabella, L., Mántaras, M., Pacífico, A., Cáneva, A. y Ferreyra, E. (2016). *Articulación de Niveles en la Universidad Nacional del Litoral. Políticas Institucionales Y Prácticas Académicas De Vinculación*. CLABES. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/1320>
- Talanquer, V., Bucat, R.; Tasker, R. y Mahaffy, P. G. (2020). Lessons from a Pandemic: Educating for Complexity, Change, Uncertainty, Vulnerability, and Resilience. *Journal of Chemical Education*, 9(97), 2696–2700.