

GALICIA QUÍMICA



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE GALICIA



Colexio Oficial de
Químicos de Galicia

Colegio Oficial de Químicos de Galicia

GALICIA QUÍMICA



Colegio Oficial de
Químicos de Galicia



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE GALICIA

Revista del Colegio Oficial de
Químicos de Galicia
2º Semestre 2026
Volumen 8, nº 2

ISSN 2659-3726

El contenido de los artículos es propiedad y responsabilidad de cada autor

www.colquiga.org/revista-galicia-quimica

Edita: COLQUIGA

Comité Editorial:

Manuel Rodríguez Méndez

Pastora M. Bello Bugallo

Maquetación y Diseño:

Fabiola Ramírez Gradilla

Índice

Editorial	3
Didáctica Química	
<i>Siete Ediciones Transformando la Enseñanza de la Química</i>	5
Metodologías Docentes	
Panadería artesanal: una estrategia para la enseñanza de macromoléculas y metabolismo en la escuela media vocacional	10
Los ingresantes ¿Cómo se llevan con la Tabla Periódica?	18
IA-CONECTA: consolidación y expansión del uso estratégico de inteligencia artificial para el fomento de competencias académicas transversales en la educación superior	25
Experiencia de Aprendizaje-Servicio en el Grado en Ciencias Ambientales: Divulgando sobre la calidad del aire	34
Sostenibilidad en Química Analítica: Innovación Docente para una Evaluación Integral mediante GreenLAB	40
Inteligencia artificial generativa para los procesos de aprendizaje significativo en Química Analítica	47
“Visita tu Campus de Ferrol” y “Jornadas de Puertas Abiertas”. Contribución del Laboratorio de Química de la EPS Al Desarrollo de Dichas Actividades	50
Sobre la Videoquímica	55
Medición de la actividad de lactasa mediante colorimetría de hardware abierto.	62
Determinación del calor de reacción mediante una práctica de laboratorio	67
Crucigramas como herramienta didáctica para el aprendizaje de la Bioquímica	71
Una pila “la mar de salada”. (Pila de concentración)	75



Juan J. Sanmartín Rodríguez
vicedecano - vicepresidente del Colegio y
Asociación de Químicos de Galicia.

Este número de Galicia Química nace al calor del VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química, organizado por AQUIGA y COLQUIGA del 21 al 23 mayo de 2026. Siete ediciones avalan ya un proyecto que ha crecido hasta convertirse en un espacio de referencia para la comunidad docente de la química en habla hispana y más allá. El congreso sirve aquí de inspiración y de marco: la preocupación por cómo enseñamos química es el hilo conductor de todos y cada uno de los artículos que el lector encontrará en estas páginas.

La didáctica de la química no es un asunto menor ni un campo auxiliar de la ciencia. Es, en buena medida, la condición de posibilidad de todo lo demás. Sin una enseñanza eficaz y motivadora, la cadena que va del

descubrimiento científico a su aplicación social se rompe en el eslabón más frágil: la formación de las personas. Una sociedad que no comprende los fundamentos de la química es una sociedad más vulnerable ante los retos del siglo que le ha tocado vivir, desde la transición energética hasta la salud pública, desde la seguridad alimentaria hasta el cambio climático. Enseñar bien la química no es, por tanto, una cuestión de métodos pedagógicos: es una responsabilidad cívica.

Y sin embargo, la enseñanza de la química afronta obstáculos persistentes. La percepción social de la disciplina como difícil, abstracta o alejada de la vida cotidiana sigue condicionando las vocaciones científicas y el rendimiento del alumnado. Ante este diagnóstico, la comunidad docente responde con creatividad, rigor y compromiso: reinventando el laboratorio, incorporando la tecnología con sentido crítico, adaptando los métodos a la diversidad del aula y buscando puentes entre la ciencia y la experiencia vital de quienes aprenden. De todo ello da cuenta esta revista.

La presente edición ofrece una selección de doce trabajos que ilustran bien la riqueza y la amplitud del campo. El número se abre con una crónica del congreso que recoge sus aportaciones más destacadas. Le siguen propuestas metodológicas de muy diversa índole: desde el uso de la panadería artesanal como recurso para enseñar macromoléculas y metabolismo, hasta la reflexión sobre cómo se relaciona el alumnado universitario con la Tabla Periódica en sus primeros contactos con la disciplina. La inteligencia artificial ocupa un lugar destacado, con dos contribuciones que abordan su integración en la educación superior desde perspectivas complementarias: el fomento de competencias transversales y el aprendizaje significativo en Química Analítica, ámbito este en el que también se presenta una propuesta de evaluación de la sostenibilidad mediante la herramienta GreenLAB.

El compromiso con el entorno y la sociedad se refleja en una experiencia de Aprendizaje-Servicio sobre calidad del aire, así como en las actividades de divulgación científica desarrolladas desde el laboratorio de química de la EPS de Ferrol en el marco de jornadas de puertas abiertas. El laboratorio experimental sigue teniendo su espacio propio, con trabajos sobre la determinación del calor de reacción y la medición de la actividad enzimática mediante colorimetría de hardware abierto. Y la creatividad didáctica aparece en propuestas tan distintas como el uso de crucigramas para el aprendizaje de la Bioquímica o la reflexión sobre el potencial pedagógico del vídeo como recurso para la enseñanza de la química. Un número, en definitiva, tan variado como lo es la propia disciplina que pretende servir.

«La química es una ciencia eminentemente práctica; no se puede aprender en los libros, se debe adquirir mediante el ejercicio en el laboratorio.»

Justus von Liebig

CONGRESO INTERNACIONAL

XXX ENCONTRO GALEGO – PORTUGUÉS DE QUÍMICA

PONTEVEDRA
GALICIA – ESPAÑA



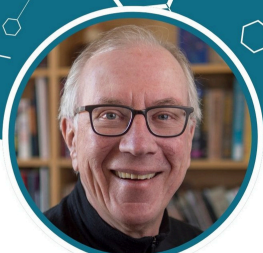
Prof. Pedro Góis

Facultade de Farmacia
Universidade de Lisboa



Prof. Cláudia Silva

Facultade de Enxenharia
Universidade do Porto



Prof. Thomas R. Cech

Dir. Interdisciplinary Quantitative
Biology Program
University of Colorado Boulder – EEUU
Premio Nobel de Química, 1989



Prof. Diego Peña

Director Científico CiQUS.
Profesor de Investigación
Oportunus – USC



Prof. Isabel Pastoriza

CINBIO/Facultade de Química
Universidade de Vigo



NOVIEMBRE
18-20, 2026



**APERTURA
INSCRIPCIONES**
14 de Agosto 2026

**ACEPTACIÓN
DE COMUNICACIONES**
16 de Octubre 2026

**CIERRE DE
INSCRIPCIONES**
1 de Noviembre 2026

18, 19 y 20 de
Noviembre 2026
CONGRESO

2 de Octubre 2026

**LIMITE DE PRESENTACIÓN
DE RESÚMENES**

Hasta el 26 de Octubre 2026

**INSCRIPCIÓN
ANTICIPADA**



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE GALICIA



Colexio Oficial de
Químicos de Galicia



ence
ENERGÍA & CELULOSA

Web del Congreso

www.encontrogaleoportugues.org



Siete Ediciones Transformando la Enseñanza de la Química

Juan José Sanmartín Rodríguez
Asociación de Químicos de Galicia - España. juan@juansanmartin.net

Crónica del VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química

Una cita que ya es tradición, la Asociación de Químicos de Galicia (AQUIGA) volvió a dar cita a docentes e investigadores en el VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química. Celebrado en formato virtual del 21 - 23 de mayo de 2026, el congreso confirmó que el proyecto iniciado en 2019 ha madurado hasta convertirse en un referente reconocido en el ámbito de la educación química en habla hispana y más allá.

La edición de 2026 contó con la participación de ponentes e investigadores procedentes de España, México, Argentina, Brasil, Colombia, Bangladesh... hasta 13 países, reflejando la dimensión verdaderamente internacional que ha alcanzado el evento.

Las ponencias plenarias: cuatro miradas al futuro de la didáctica

Las cuatro conferencias plenarias constituyeron, como de costumbre, el corazón del congreso y marcaron las grandes líneas de debate que se desarrollaron en las sesiones posteriores.

La primera plenaria corrió a cargo de Viviani M. L. dos Santos, de la Universidade Federal do Vale do São Francisco (Brasil), con una ponencia titulada "Química que Conecta, Investiga e Transforma". La investigadora brasileña presentó experiencias pedagógicas fundamentadas en el Aprendizaje Basado en Problemas y en proyectos, en las que el alumnado abandona el aula para identificar problemas reales —desde la calidad del agua hasta la gestión de residuos oleaginosos— y diseñar soluciones concretas. El nivel de implicación generado llegó a materializar el depósito de patentes ante el Instituto Nacional da Propriedade Industrial de Brasil, un resultado tan insólito como revelador de lo que puede lograrse cuando la química se enseña desde la vida real.



La segunda ponencia plenaria, a cargo de Nuria Muñoz Molina, profesora del Colegio La Inmaculada de Algeciras y miembro del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química de las Reales Sociedades Españolas, llevó por título "¿Cómo enseñamos Química? Del aula al laboratorio. Del laboratorio a la divulgación". Muñoz Molina defendió con pasión y argumentos sólidos la idea de que la química se aprende haciéndola y comunicándola. Partiendo de una premisa incómoda —los resultados en química en las PAU se sitúan de forma sistemática por debajo de la media de otras materias—, propuso un cambio de paradigma en el que el laboratorio deja de ser un espacio auxiliar para convertirse en el centro del proceso de aprendizaje, y la divulgación científica pasa a integrarse como competencia esencial del alumnado.



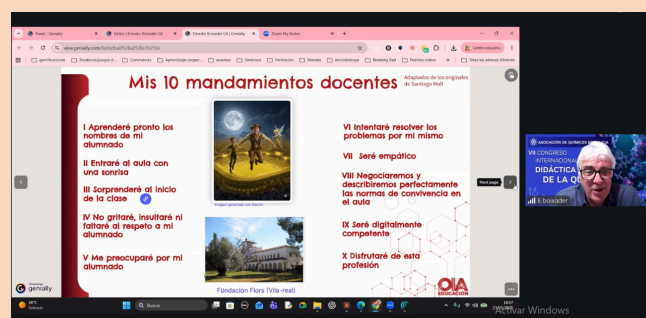


La perspectiva internacional se enriqueció con la intervención de Md Zahidul Islam, de Zahid's Chem Clinic (Chittagong, Bangladesh), quien presentó los resultados del denominado ZAHID Teaching Innovation Model: un enfoque pedagógico que integra gamificación, narrativa, aprendizaje híbrido y visualización multimodal, desarrollado a lo largo de casi una década con más de 8.000 estudiantes evaluados dentro de un ecosistema de aprendizaje que alcanza a más de 500.000 aprendices. Los datos son contundentes: el 78% de los estudiantes mejoró al menos dos niveles de calificación, y la ansiedad hacia la química descendió un 65%. Una demostración de que las herramientas digitales de bajo coste, bien implementadas, pueden transformar la educación científica incluso en contextos de recursos limitados.

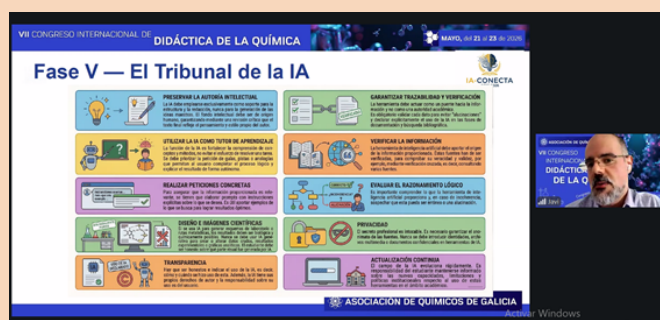
Cerró el bloque de plenarias Ernesto Boixader Gil, de la Fundación Flors de Vila-real, con una conferencia que se convirtió en una de las más celebradas del congreso: "Aburrir en clase de Química es un crimen: gamificación e inteligencia artificial para transformar el aprendizaje científico". Boixader presentó la experiencia "CSI Flors", una narrativa gamificada que sumerge al alumnado en una investigación científica ficticia para resolver casos mediante la aplicación de conceptos de física, química y biología, con dinámicas inspiradas en los escape rooms educativos. Su defensa de la inteligencia artificial como aliada del docente —para generar actividades, crear laboratorios virtuales y personalizar la evaluación formativa— resonó con fuerza en un auditorio consciente de que la IA ha llegado al aula para quedarse.

Tendencias y debates: la IA, la sostenibilidad y la inclusión

Si hubiera que identificar los ejes transversales que vertebraron el conjunto de las comunicaciones presentadas, tres destacan con claridad: la inteligencia artificial en el aula, la sostenibilidad como contenido y metodología, y la inclusión educativa como horizonte irrenunciable.



La presencia de la inteligencia artificial fue omnipresente. Desde el aprendizaje activo mediante herramientas de IA en carreras científicas, hasta estrategias para el uso ético y seguro de la IA en el ámbito universitario —un ejemplo es la ponencia con el sugestivo título "IA-CONECTA: De la dependencia a la co-creación"—, el congreso dedicó una atención especial a cómo integrar estas tecnologías sin perder de vista los valores pedagógicos que deben guiar su uso. En la misma línea, la comunicación "¿Qué conocen los profesores de ciencias sobre inteligencia artificial?", ofreció una radiografía sobre el grado de familiaridad del profesorado con estas herramientas, con resultados que invitan tanto a la reflexión como a la acción formativa.

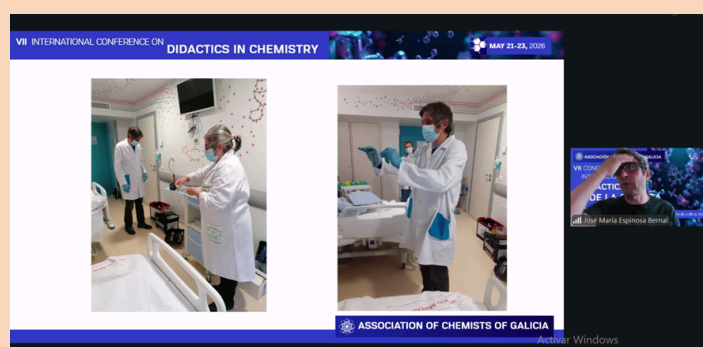




Merece mención especial la iniciativa "Cienciaterapia", que lleva actividades de ciencia divertida a las plantas de oncología infantil, convirtiendo la química en una herramienta de humanización y bienestar en contextos hospitalarios. Esta comunicación, quizás la más emotiva del congreso, recordó que la didáctica de la química puede trascender las aulas para incidir directamente en la calidad de vida de las personas.

La sostenibilidad se abordó desde múltiples frentes. Varias comunicaciones apostaron por incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible al currículo de química, mientras que otras lo hicieron desde la perspectiva de la Química Verde, evaluando la sostenibilidad de métodos analíticos o integrando estos principios en la enseñanza experimental de la Química Orgánica. Otros trabajos como, por ejemplo, evaluación de la sostenibilidad en la producción de nylon 6,6 mediante la metodología Estrella Verde ejemplificó cómo la formación en ingeniería puede articular Química Verde y aprendizaje competencial de forma coherente.

La inclusión educativa y la atención a la diversidad también encontraron su espacio. La comunicación sobre accesibilidad cognitiva en prácticas químicas para alumnado con trastornos en el neurodesarrollo, así como las estrategias para trabajar con alumnado de altas capacidades sin caer en la quimiofobia, mostraron que la didáctica de la química tiene mucho que aportar al debate sobre la equidad educativa.



El laboratorio como espacio de aprendizaje renovado

El bloque dedicado a las prácticas de química fue especialmente rico y variado, reflejando la vitalidad de una comunidad docente que no renuncia al trabajo experimental como pilar de la educación científica, pero que lo reinventa constantemente. Destacar la propuesta de un fotómetro impreso en 3D y controlado mediante Arduino-Python para el estudio de la Ley de Beer-Lambert, que ilustra cómo el maker movement está penetrando en el laboratorio docente con resultados prometedores.

Igualmente llamativa fue la aplicación de técnicas de microalgas para enseñar el equilibrio CO_2 -pH en disoluciones acuosas, o la propuesta de estudiar la fotosíntesis con microorganismos vivos, aportaciones que acercan la investigación de frontera al aula de secundaria y bachillerato.



Una comunidad que habla muchos idiomas

Uno de los aspectos más destacables de esta séptima edición fue la consolidación de la dimensión iberoamericana del congreso. Las aportaciones procedentes de diferentes países conformaron un mosaico de realidades educativas que enriqueció enormemente el debate. Problemas comunes —la motivación del alumnado, la brecha digital, la falta de acceso a laboratorios bien equipados, la irrupción de la IA— se abordan con soluciones distintas según el contexto, y ese contraste es en sí mismo una fuente de aprendizaje invaluable para todos los participantes.

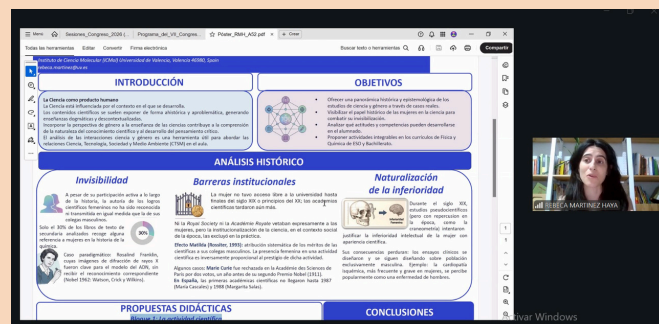
La presencia de la Asociación de Químicos de Galicia en este espacio iberoamericano no es casual: la historia de la química gallega está profundamente entrelazada con la de América Latina, y este congreso es, en cierto modo, una expresión contemporánea de esos lazos. Un elemento de orgullo de un proyecto que, por su alcance, es ya claramente global.

Perspectivas de futuro

El VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química ha dejado un extraordinario balance positivo.

Las comunicaciones presentadas evidencian que la comunidad docente vinculada a la química se encuentra en un momento de notable dinamismo: la irrupción de la inteligencia artificial, lejos de generar miedo o parálisis, está siendo recibida con espíritu crítico y creativo; la sostenibilidad ha pasado de ser un añadido curricular a constituir un eje transversal de la enseñanza; y la inclusión educativa se reconoce ya como una responsabilidad ineludible de todos los niveles del sistema.

Pero quizás el mensaje más importante que dejó el congreso sea el más sencillo: enseñar química bien importa. Importa para el desarrollo científico y tecnológico de nuestras sociedades. Importa para despertar vocaciones en las nuevas generaciones.

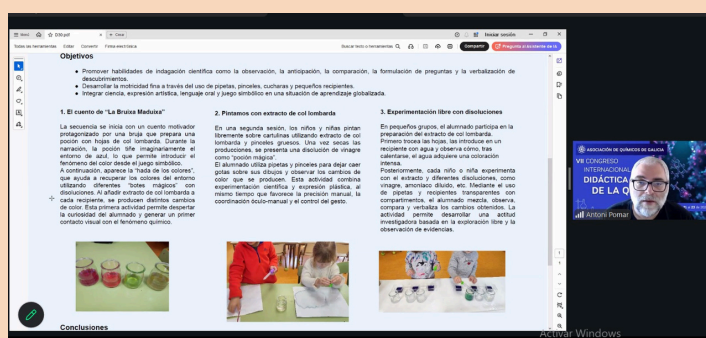


Agradecimientos

No quiero finalizar sin expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las instituciones y organizaciones que, con su apoyo y compromiso, han hecho posible la realización de este encuentro académico: al Grupo de Asociaciones de Química (GAQ), a la Universidad Politécnica Santa Rosa, al Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, a la Facultad de Química de la UNAM, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam y al Colegio Of. de Químicos de Galicia. Gracias por compartir nuestra visión y por formar parte de este proyecto. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales para hacer posible el éxito de este congreso.

Referencia

El Libro de Resúmenes del VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química (ISBN 978-84-09-87031-8)
www.colquiga.org/_files/ugd/398543_41e683b7ac704429bf400b21f932145c.pdf





Colexio Oficial de
Químicos de Galicia



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE GALICIA

www.colquiga.org/formacioncolquiga

CURSOS DE FORMACIÓN DEL COLEGIO Y LA ASOCIACIÓN DE QUÍMICOS DE GALICIA



PORTAL DE FORMACIÓN COLQUIGA

¡¡TÚ FORMACIÓN ES MÁS
IMPORTANTE QUE NUNCA!!

MIRA NUESTRA OFERTA FORMATIVA Y
BENEFÍCIATE DE LOS DESCUENTOS QUE
TENEMOS PARA TI.



MODALIDAD PRESENCIAL U ONLINE

FORMACIÓN ONLINE

- Curso de atmósferas explosivas (ATEX) [leer más](#)
- Agentes biológicos en seguridad laboral [leer más](#)
- Higiene y manipulación de alimentos [leer más](#)
- Manipulación de equipos con gases fluorados [leer más](#)
- Covid-19 [leer más](#)
- Curso de manipulador de alimentos. [Leer más](#)
- Curso de preparación del examen de obtención y renovación del título de consejero de seguridad de transporte de mercancías peligrosas por carretera (normativa ADR) [leer más](#)
- Buenas prácticas en los laboratorios. [Leer más](#)



623 033 325



secretaria@colquiga.org

Panadería artesanal: una estrategia para la enseñanza de macromoléculas y metabolismo en la escuela media vocacional

Adriana Milena Sánchez Martínez* ¹ / Edgar Antonio Reyes Montaña* ²

¹ Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Ciencias.
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

² Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Ciencias.
Departamento de Química. Grupo de Investigación en Proteínas.

*admsanchezma@unal.edu.co

eareyesm@unal.edu.co

Resumen

En la educación básica y media en Colombia, e incluso en algunos contextos universitarios, las ciencias naturales suelen enseñarse mediante conceptos desarticulados y alejados de la vida cotidiana de los estudiantes. En este contexto, la bioquímica, a pesar de ser esencial para comprender procesos vitales relacionados con el metabolismo y la dinámica celular, rara vez se aborda en la educación media (Cárdenas-Navas y Martínez-Rivera, 2021; Fernández-Novell et al., 2002). Para contribuir a disminuir esta brecha, se diseñó una estrategia didáctica basada en la elaboración artesanal de pan con masa madre, utilizada como herramienta para enseñar conceptos básicos del metabolismo de carbohidratos a estudiantes de undécimo grado. La propuesta se desarrolló bajo un enfoque de investigación-acción participativa (IAP), promoviendo la participación reflexiva de los estudiantes. A través de diferentes instrumentos de evaluación, se analizaron sus interpretaciones, explicaciones y aplicaciones de conceptos metabólicos, así como el uso del lenguaje científico. Los resultados evidenciaron mejoras en la comprensión de temas relacionados con levaduras, fermentación y macromoléculas, además de un uso más adecuado del vocabulario científico. Se concluye que la panadería artesanal constituye una estrategia innovadora y motivadora que favorece la integración entre teoría y práctica, facilitando el aprendizaje aplicado de conceptos básicos de bioquímica en el contexto escolar.

Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales en la educación media colombiana se ha caracterizado por abordar la biología, la química y la física de manera separada, lo que dificulta la construcción de un conocimiento científico integrado y contextualizado (Martínez Rivera et al., 2021; Cárdenas-Navas y Martínez-Rivera, 2021). Esta fragmentación curricular ha sido señalada como una de las causas de las dificultades que presentan los estudiantes tanto en las pruebas de estado como en el ingreso a programas universitarios relacionados con las ciencias naturales. Frente a esta problemática, el presente trabajo propone el diseño e implementación de una estrategia didáctica basada en la elaboración artesanal de productos de panadería con masa madre, orientada a facilitar el aprendizaje del metabolismo de los carbohidratos y de algunos procesos bioquímicos asociados en estudiantes de educación media vocacional. La propuesta contempla el diseño de experiencias prácticas para la construcción de conceptos básicos de bioquímica, su implementación con estudiantes de grado undécimo de una institución privada en Bogotá y la evaluación de los aprendizajes alcanzados. La propuesta resulta relevante al plantear una alternativa didáctica interdisciplinar que conecta contenidos bioquímicos con actividades cotidianas y significativas para los estudiantes, favoreciendo la integración entre teoría y práctica mediante una experiencia innovadora como la panadería artesanal.

Desarrollo

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, abordado desde la IAP, la cual permite a los actores involucrados ser partícipes activos en la construcción del conocimiento (Balcazar, 2003; Kemmis y McTaggart, 2005). Este enfoque fue elegido debido a la oportunidad que brinda para transformar prácticas pedagógicas tradicionales dando protagonismo al estudiante en su proceso de aprendizaje.

La pregunta de investigación que orientó el estudio fue: ¿Cómo puede la elaboración de pan artesanal con masa madre favorecer la enseñanza y comprensión de macromoléculas y metabolismo en estudiantes de educación media vocacional?

El estudio se llevó a cabo con 21 estudiantes de grado undécimo (entre 15 y 17 años) de una institución privada en Bogotá. El grupo fue seleccionado de manera estratégica, dado que no cuentan con la asignatura de bioquímica en su plan curricular, pero sí con las asignaturas de química desde grado octavo y biología a partir de grado segundo de primaria. La propuesta se implementó durante dos periodos académicos (18 semanas), con una intensidad de cuatro horas semanales y se estructuró en tres fases:

1. Fase de formulación: identificación del problema, definición de objetivos y planeación de la estrategia didáctica.
2. Fase de diseño y aplicación: introducción de contenidos de bioquímica y química orgánica relacionados con carbohidratos, fermentación y metabolismo celular, integrados a diversas actividades teóricas y prácticas alrededor de elaboración de pan artesanal.
3. Fase de evaluación: análisis de los productos aplicados, triangulación de la información y categorización de los resultados.

Instrumentos de recolección de datos se encuentran:

- Evaluaciones cortas diagnósticos y finales: evaluaron el nivel de comprensión de conceptos básicos de carbohidratos y metabolismo.

- Informes de laboratorio: permitieron aplicar los conocimientos en prácticas experimentales de identificación de carbohidratos.
- Exposiciones y debates: favorecieron la argumentación sobre fermentación y respiración celular.
- Infografías y cuadros comparativos: registraron los procesos de fermentación en masa madre y levadura comercial, así como la valoración sensorial de los panes elaborados.
- Diarios de campo: sistematizaron observaciones de la docente-investigadora y percepciones de los estudiantes durante el proceso.

Posteriormente, el análisis de la información se realizó mediante una codificación cualitativa al aplicar cada instrumento, esto para identificar patrones en las producciones escritas, orales y gráficas de los estudiantes. Este procedimiento se desarrolló en tres momentos principales: codificación inicial, categorización y triangulación. Inicialmente se realizó una lectura completa de los instrumentos recolectados, incluyendo quices, informes de laboratorio, infografías, debates y diarios de campo, con el fin de identificar evidencias relacionadas con la comprensión de conceptos bioquímicos, el uso del lenguaje científico y la capacidad de establecer relaciones entre procesos. Posteriormente, se efectuó una codificación abierta en la que los fragmentos relevantes fueron clasificados según el tipo de desempeño observado, por ejemplo, respuestas centradas en la repetición de definiciones o explicaciones que relacionaban la fermentación con la producción de dióxido de carbono y el análisis de variables experimentales.

En una segunda etapa, los códigos obtenidos se agruparon en categorías asociadas a los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom (figura 1): recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Esta organización permitió identificar el nivel de desempeño alcanzado por cada estudiante considerando el conjunto de sus producciones. Finalmente, se realizó una triangu-

lación de datos entre los diferentes instrumentos para contrastar las respuestas escritas, orales y prácticas, permitiendo validar la coherencia de los resultados y analizar la profundidad con la que los estudiantes comprendían y aplicaban los conceptos antes y después de la implementación de la estrategia didáctica.



Figura 1. Niveles de la taxonomía de Bloom. Recuperado de <https://concepto.de/taxonomia-de-bloom/>

Resultados

Los resultados evidenciaron un impacto positivo de la estrategia didáctica en distintos niveles del aprendizaje. En cuanto a la comprensión conceptual, los estudiantes pasaron de explicaciones generales y poco fundamentadas a un mayor dominio de conceptos relacionados con glucólisis, fermentación alcohólica y respiración celular, duplicándose el número de estudiantes con niveles altos de comprensión en categorías como estructura y función de los carbohidratos. En el contexto experimental, los informes de laboratorio mostraron avances en la interpretación y justificación de resultados, relacionando las propiedades de los carbohidratos con los procesos de fermentación desde fundamentos teóricos. Asimismo, se fortaleció la argumentación y el uso del lenguaje científico, evidenciado en debates más estructurados y en la incorporación de términos especializados como enzimas, glucosa, metabolismo energético y levaduras.

Las producciones creativas, como infografías y cuadros comparativos, reflejaron una mejor capacidad de síntesis, manejo de herramientas TIC y comprensión de las diferencias bioquímicas entre el pan elaborado con levadura comercial y masa madre. Finalmente, los diarios de campo reportaron un aumento en la motivación (tabla 1) y participación estudiantil, favoreciendo la relación entre los contenidos científicos y situaciones de la vida cotidiana mediante experiencias prácticas y significativas.

Nivel de motivación	Antes (%)	Después (%)
Bajo	40	5
Medio	50	30
Alto	10	65

Tabla 1 Porcentajes de motivación identificado en los instrumentos.

Los porcentajes correspondientes a los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom se determinaron mediante un análisis cualitativo de las producciones escritas, orales y gráficas realizadas por los 21 estudiantes participantes. En cada instrumento se identificaron indicadores de desempeño asociados a los niveles de recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Posteriormente, se estimó la proporción de estudiantes que evidenció cada nivel cognitivo antes y después de la implementación de la estrategia didáctica, permitiendo analizar la evolución del aprendizaje conceptual. Para ello, se evaluaron diferentes momentos e instrumentos de recolección de información, entre ellos: evaluaciones cortas, informes de laboratorio, debates, infografías y la elaboración de pan artesanal a partir de masa madre. Luego se clasificó cada respuesta según el nivel cognitivo que demostraba, por ejemplo:

Estudiante	Nivel más alto evidenciado
E1	Comprender
E2	Aplicar
E3	Analizar
E4	Aplicar
E5	Recordar

Posteriormente se realiza el cálculo del porcentaje:

$$\text{porcentaje} = \frac{\# \text{ de estudiantes en ese nivel}}{\text{total de estudiantes}} \times 100$$

De esta forma en conjunto, los resultados mostraron una evolución desde niveles cognitivos básicos (recordar y comprender) hacia niveles superiores (analizar y evaluar), de acuerdo con la taxonomía de Bloom como se aprecia en la tabla 2.

Categoría cognitiva (Bloom)	Antes de la intervención (%)	Después de la intervención (%)
Recordar	70	20
Comprender	60	40
Aplicar	25	55
Analizar	10	45
Evaluar	5	30
Crear	0	15

Tabla 2 Porcentajes de los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom

Con el fin de estructurar la secuencia didáctica y organizar los momentos de intervención, evaluación y retroalimentación, se diseñó el esquema presentado en la figura 2, el cual representa el proceso desarrollado para la enseñanza del metabolismo de los carbohidratos a través de la elaboración de pan artesanal con masa madre.

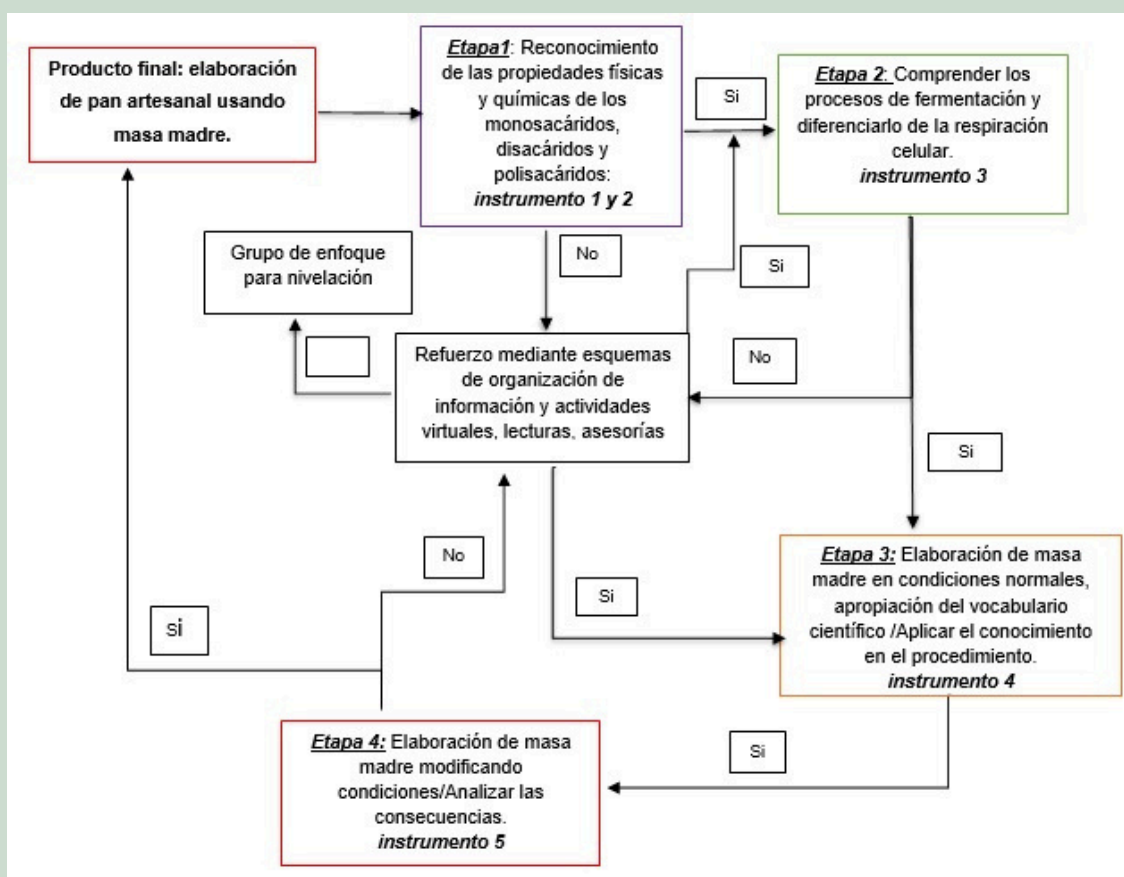


Figura 2 Secuencia didáctica para la enseñanza del metabolismo de carbohidratos mediante la elaboración de pan artesanal con masa madre. Adaptación propia.

La implementación de la secuencia didáctica, organizada en cuatro etapas, permitió evidenciar una progresión en la apropiación conceptual y en la aplicación del conocimiento bioquímico por parte de los estudiantes. La estructura por fases, acompañada de procesos de evaluación y retroalimentación continua, favoreció la consolidación gradual de los aprendizajes. En la primera etapa, orientada al reconocimiento de las propiedades físicas y químicas de los carbohidratos, inicialmente se identificaron dificultades para diferenciar monosacáridos, disacáridos y polisacáridos; sin embargo, posteriormente se observó una mayor precisión conceptual y un uso más adecuado del lenguaje científico. En la segunda etapa, centrada en la comprensión de la fermentación y su diferencia con la respiración celular, los estudiantes lograron superar confusiones relacionadas con las condiciones aerobias y anaerobias, estableciendo relaciones más claras entre fermentación, producción de dióxido de carbono y crecimiento de la masa madre.

En la tercera etapa, correspondiente a la elaboración de la masa madre, se evidenció un avance hacia niveles de aplicación del conocimiento, ya que los estudiantes relacionaron conceptos bioquímicos con el procedimiento experimental y explicaron las transformaciones observadas durante la fermentación utilizando terminología científica. Finalmente, en la cuarta etapa, enfocada en la modificación de variables del proceso, los estudiantes analizaron los efectos de los cambios experimentales sobre la actividad microbiana, la producción de gas y las características físicas de la masa, alcanzando niveles cognitivos superiores relacionados con el análisis e interpretación de resultados. A pesar de los avances, persistieron algunas limitaciones en la explicación molecular detallada de ciertos procesos no observables directamente. En conjunto, los resultados sugieren que la articulación entre teoría y práctica mediante la panadería artesanal, junto con la retroalimentación constante, favoreció el tránsito

desde niveles básicos de reconocimiento hacia desempeños de mayor complejidad cognitiva.

Discusión

Los resultados evidencian que la incorporación de prácticas cotidianas y significativas, como la fermentación y la elaboración artesanal de pan, favorece el desarrollo progresivo de niveles cognitivos superiores según la taxonomía de Bloom, permitiendo a los estudiantes avanzar desde procesos básicos de recordar y comprender hacia habilidades de análisis, evaluación y creación, coincidiendo con lo reportado por Freeman et al. (2014) y Hmelo-Silver (2004). Este progreso se reflejó en la calidad de los productos académicos elaborados, como informes, infografías, evaluaciones cortas y cuadros comparativos, así como en un uso más preciso del lenguaje técnico y en una argumentación fundamentada en la evidencia obtenida durante las actividades experimentales.

La experiencia demostró que trasladar los contenidos bioquímicos a contextos observables y cercanos, como el crecimiento de la masa madre, los cambios de textura o los aromas producidos durante la fermentación, facilita una comprensión más significativa de los fenómenos científicos. Los estudiantes no solo dejaron de repetir definiciones, sino que comenzaron a explicar procesos, justificar decisiones experimentales y relacionar conceptos de química orgánica y bioquímica con situaciones reales. Asimismo, las producciones escritas y orales mostraron una evolución hacia explicaciones más estructuradas y contextualizadas.

En concordancia con investigaciones previas en didáctica de las ciencias, los hallazgos confirman que las actividades prácticas contextualizadas fortalecen la comprensión de procesos complejos y promueven habilidades propias del pensamiento científico (López y Tamayo, 2012; Freeman et al., 2014), como la formulación de hipótesis, la interpretación de variables y la argumentación basada en datos. Además, la

incorporación del enfoque de investigación-acción participativa permitió ajustar continuamente la propuesta según las necesidades del grupo, favoreciendo una evaluación formativa y un aprendizaje flexible y participativo (Kemmis y McTaggart, 2005).

No obstante, los avances no fueron homogéneos en todos los estudiantes. Mientras algunos lograron establecer relaciones entre estructura molecular, función biológica y procesos experimentales, otros permanecieron en niveles descriptivos, lo que evidencia la importancia del acompañamiento docente y del diseño didáctico en la consolidación de aprendizajes más profundos. En términos generales, la panadería artesanal se consolidó como una estrategia pedagógica capaz de integrar teoría, práctica y reflexión crítica, conectando contenidos de química y bioquímica con experiencias cotidianas y contribuyendo al fortalecimiento de competencias científicas en la educación media.

Conclusiones

Con la panadería artesanal como una estrategia para la enseñanza de conceptos básicos de bioquímica, a estudiantes de grado undécimo, y revisando los resultados arrojados por las diversas herramientas escritas, orales, así como prácticas, se pudo determinar que los estudiantes alcanzaron niveles superiores de aprendizaje según los mencionados en la taxonomía de Bloom, en los procesos de metabolismo de los carbohidratos.

El diseño e implementación de la estrategia didáctica fue pertinente pues se tuvo en cuenta factores como las particularidades del grupo de trabajo, las edades, y los conocimientos básicos que tenían antes de aplicar los diferentes instrumentos. Además de ello, pese a los ajustes durante la aplicación de la estrategia se cumplió con el esquema temático planteado desde un inicio.

Se pudo evidenciar que la elaboración de masa madre y posteriormente de pan es un método eficaz para que el estudiante comprenda cómo en el proceso de fermentación y teniendo claros

conceptos como monosacáridos, disacáridos polisacáridos, hongos, respiración celular, influencia de la temperatura, entre otros, se puede tener un producto de sabor agradable o un producto que no cumpla con el estándar requerido.

Referencias

- Álvarez, A. E. (2012). Estrategia didáctica de aula para la enseñanza de mezclas en química utilizando la cocina como herramienta motivadora en el aprendizaje. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Balcazar, F. E. (2003). Investigación acción participativa (IAP): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos en Humanidades*, 7, 59–77.
- Cárabez Trejo, A., & Chavarría Krauser, A. (2013). Química de los carbohidratos. *Bioquímica de Laguna*, 201–209.
- <https://www.researchgate.net/publication/286640492>
- Cárdenas-Navas, A.-M., & Martínez-Rivera, C.-A. (2021). Contenidos escolares en ciencias naturales desde el currículo oficial de Colombia. *SciELO Colombia* https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532021000300328
- Carrascal, D., Salcedo, G., & Vergara, T. (2014). Algunas propiedades químicas de aldehídos y cetonas.
- Chang, R. (2002). *Química general* (7.ª ed., pp. 1–204). McGraw-Hill.
- <http://en.scientificcommons.org/48774967>
- Cummings, J. H., & Stephen, A. M. (2007). Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(S1), S5–S18. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602936>
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Eisenberg, D. M., & Imamura, B. (2020). Teaching kitchens in the learning and work environments: the future is now. *Global Advances in Health and Medicine*, 9, 2164956120962442. <https://doi.org/10.1177/2164956120962442>

- Falabella, G. (2002). Investigación participativa: Nacimiento y relevancia de un nuevo encuentro ciencia-sociedad. In *Experiencia y metodología de la investigación participativa*.
- Fálder, Á. (2002). Enciclopedia de los alimentos: trigo, harina y pan. *Distribución y Consumo*, 12(66),125–133.http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_2002_66_125_133.pdf
- Fernández-Novell, J. M., Gomis, R. R., Cid, E., Barberà, A., & Guinovart, J. J. (2002). Bridging the gap in biochemistry between secondary school and university. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 30(3), 172–174. <https://doi.org/10.1002/bmb.2002.494030030216>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- García Olmedo, F. (1964). Las amilasas en panificación. *Cereales*, 169, 13–16. http://oa.upm.es/8003/1/Olmedo_168.pdf
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., & Di Cagno, R. (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3), 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>
- Hmelo-Silver, CE Aprendizaje basado en problemas: ¿Qué y cómo aprenden los estudiantes?. *Educational Psychology Review* 16 , 235–266 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hu, Y., Zhang, J., Wang, S., Liu, Y., Li, L., & Gao, M. (2022). Lactic acid bacteria synergistic fermentation affects the flavor and texture of bread. *Journal of Food Science*, 87(4), 1823–1836. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16082>
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory Action Research: Communicative Action and the Public Sphere. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The Sage Handbook of Qualitative Research* (3ª ed., pp. 559–604).
- Koppmann, M. (2020). Masa madre: de la antigüedad a la modernidad. *Ciencia y Sociedad*, 17–21.
- Lancetti, R. (2017). Desarrollo de masas madre y evaluación de propiedades reológicas y tecnológicas de panificados. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5467/LancettiRomina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- León, C. (2020, 27 mayo). Química general orgánica y biológica Timberlake. Academia.edu. https://www.academia.edu/43183095/Quimica_general_organica_y_biologica_Timberlake20200527_24922_1yn4k89
- López, A., & Tamayo, O. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8, 145–166.
- López, J. (2015). La taxonomía de Bloom y sus actualizaciones.
- Lokesh Kumar, R., Sehrawat, R., & Kong, Y. (2021). Oat proteins: A perspective on functional properties. *LWT*, 152, 112307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112307>
- María, Á., & Osorio, G. (2017). Propuesta para la enseñanza de bioquímica en grado 11.
- Martínez Rivera, C. A., Casimiro Lopes, A., Cárdenas Navas, A. M., & Jirón Popova, M. (2021). La organización de los contenidos escolares en orientaciones curriculares para el conocimiento escolar en Ciencias Naturales (Bogotá, Colombia). *Praxis en Educación*, 17(2), 153–166. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/praxis/article/view/3781>
- McKee, T., & McKee, J. R. (2009). *Bioquímica: Las bases moleculares de la vida*. McGraw Hill.
- Memorias foro Derechos Básicos De Aprendizaje y Evaluación. (s.f.). Com.co. Recuperado el 21 de noviembre de 2022, de <https://santillanaplus.com.co/pdf/memorias-dba.pdf>
- Morrison, R., & Boyd, R. (1998). *Química orgánica*. México: Ed. Addison Wesley Longman.
- Parra, R. (2010). Review. Bacterias ácido-lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 8(1), 93–105.
- Pilco, C. J., Mejía, C. M., Toalombo, R. M., Azogue, D. M., & Báez, M. P. (2023). Identificación y cuantificación de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación de mostos de vinos. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 2430–2445.

- Portafolio, R. (2022, 27 junio). El país importa 1,9 millones de toneladas de trigo. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/el-pais-importa-1-9-millones-de-toneladas-de-trigo-567510>
- Reynhart, P. (2017). El aprendiz de panadero. RBA Libros.
- Ríos Ramos, E. P., & Zelada Romero, H. M. (2017). Determinación del rendimiento de glucosa por hidrólisis enzimática de almidones de yuca (*Manihot esculenta*), camote (*Ipomoea batatas*) y papa (*Solanum tuberosum*).
- Rubio Mero, C. B. (2020). Aplicación de masa madre de cultivo, con tres tipos de harinas (maíz, morocho y garbanzo) para la elaboración de panes en la ciudad de Guayaquil [Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química].
- Sciarini, L. S., Steffolani, M. E., & Leon, A. E. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. Universidad Nacional de Córdoba, 33(2), 61–74. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/53213>
- Stowe, R. L., & Cooper, M. M. (2019). Assessment in Chemistry Education. Israel Journal of Chemistry, 59(6–7), 598–607
- Suárez, W. A. (2022). Comparativo entre distintas masas madre de panadería, teniendo en cuenta el sustrato de elaboración, rendimiento y eficacia en la elaboración de panes artesanales [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49805>
- The role of gluten in breadmaking and the challenge of elaborating gluten-free bread. (s.f.). Agriscientia, 33(2), 61–74. <http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v33n2/v33n2a01.pdf>
- View of methods of teaching natural sciences to primary school pupils on the basis of a competent. (s.f.). <https://archives.palarch.nl/index.php/jae/article/view/4589/4539>
- Yan, X. (2017). 2018_Pnas_Si_Spe. Proceedings of the National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1073/pnas>
- Zhou, F., Sang, A., Zhou, Q., Wang, Q. Q., Fan, Y., & Ma, S. (2023). The impact of an integrated PBL curriculum on clinical thinking in undergraduate medical students prior to clinical practice. BMC Medical Education, 23(1), 460.

Los ingresantes ¿Cómo se llevan con la Tabla Periódica?

Sandro J. González Lafarga^{1,*}, Alejandro Ferrero¹, Cinthia T. Lucero¹, Marcela González¹ Sabrina Balda¹, Joaquín Arturo¹.

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa, Argentina.

* sandrogonzalez1962@hotmail.com

Resumen

La tabla periódica es una herramienta muy significativa para la enseñanza de la química ya que se utiliza permanentemente para todas las temáticas, se trata de un material prioritario en las clases de cualquier rama de la química, por ello, hicimos una actividad de diagnóstico con alumnos ingresantes a la facultad, visualizando un aprendizaje memorístico priorizando el uso de la herramienta por sobre la construcción, los porqués de la periodicidad de las propiedades y la constitución en grupos y periodos. Nuestro principal objetivo fue la evaluación diagnóstica del grupo de ingresantes, entendiendo que la misma debe ayudar a mejorar la práctica docente y el desempeño de los estudiantes. Como objetivos secundarios teníamos los inherentes a la temática y al uso de la información numérica y gráfica. El 11,3 % llegó a un resultado esperado, mientras que el 84,9 % hizo un ordenamiento imperfecto que no se condice con la intención de la actividad. Estos resultados nos dejan muy en claro que el aprendizaje de la tabla periódica en el nivel secundario no ha sido significativo, máxime viendo que esos alumnos tuvieron al menos una química en sus estudios anteriores.

Palabras Claves: Química; Elemento; Tabla Periódica; Evaluación diagnóstico; Ingresantes.

Introducción

La tabla periódica es una herramienta muy significativa para la enseñanza de la química ya que se utiliza permanentemente para todas las temáticas, se trata de un material prioritario en las clases de cualquier rama de la química, en nuestra cátedra de química general es uno de los primeros temas luego de ver la teoría atómica y la estructura de la materia.

Esta actividad nos permitirá contar con un punto de partida de un alto porcentaje de nuestros alumnos que nos hará adaptar nuestras clases en función de los resultados. Los alumnos ingresantes a las carreras de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Licenciatura en Geología, Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas han transitado, en sus estudios secundarios, por pocas químicas y generalmente utilizan la tabla periódica sin mucha explicación sobre su construcción histórica lo que lleva más a un aprendizaje memorístico que a la interpretación del porqué los elementos están ubicados en grupos y periodos, menos aún sobre el proceso de construcción.

La construcción de la Tabla Periódica tiene aportes de varios científicos casi en simultáneo, Newlands en 1884, antes de conocerse la existencia de las partículas subatómicas, trabajó con las masas atómicas y sus propiedades físicas y químicas. Es de notable mérito la participación de Mendeléiev, en 1889, postuló que las propiedades físicas y químicas de los elementos son función de las masas atómicas. Moseley en 1913 demostró que estas propiedades son en función del número atómico (Z). Apoyados en la concepción de elemento logran establecer la Ley Periódica que dice que ciertas propiedades químicas y físicas de los elementos tienden a repetirse de manera sistemática a medida que se incrementa el número atómico.

Autores como Raviolo y otros (2022) [1] consideran que el concepto de elemento químico es clave para esta construcción. La IUPAC admite dos definiciones para elemento químico, 1. "Una especie de átomo; átomos con el mismo número de protones en el núcleo atómico". 2. "Una sustancia química pura compuesta de átomos con el mismo número de protones en el núcleo atómico."

A veces este concepto es llamado sustancia elemental como una forma de diferenciarlo del elemento químico definido en 1, aunque mayoritariamente el término elemento químico se usa para ambos conceptos". Los libros de texto en general suelen utilizar estas dos acepciones del término elemento químico, que corresponden a dos conceptos diferentes, sin aclarar este doble significado Raviolo (2008) [2].

Pinto, G. y otros (2019 Año Internacional de la Tabla Periódica) [3] consideran que para su comprensión y desarrollo histórico se necesita tener unas ideas básicas sobre el concepto de elemento químico, tipos de elementos y la historia de sus descubrimientos.

El presente trabajo no tiene como objetivo desarrollar de manera exhaustiva la historia de la construcción de la Tabla Periódica. Por este motivo, se recurre a aportes de autores que han abordado este proceso con mayor profundidad, recuperando y destacando algunos fragmentos de sus publicaciones.

En este sentido, se coincide con Pinto (2022) [4], quien señala que las contribuciones de Mendeléiev, Meyer y otros científicos del siglo XIX a la construcción de la Tabla Periódica adquieren una dimensión aún mayor si se considera el contexto científico de la época. En aquel momento, la estructura de la materia a nivel atómico era todavía desconocida y los métodos disponibles para la separación y purificación de los elementos resultaban limitados y rudimentarios.

Asimismo, estos científicos se referían inicialmente a un "sistema periódico", denominación que con el paso del tiempo se consolidó bajo el término actualmente aceptado de "tabla periódica". Esta evolución conceptual refuerza lo señalado por Moreno Martínez (2015), quien sostiene que la enseñanza de los conceptos, principios y leyes fundamentales de la química desde una perspectiva histórica constituye una potente herramienta para el aprendizaje significativo de dicha ciencia en las aulas de nuestros centros escolares.

Desde esta perspectiva, la búsqueda de un orden en los elementos químicos ha representado, desde los inicios de la química moderna, un objetivo central tanto para el desarrollo de la disciplina como para su enseñanza. En este marco, la tabla periódica se ha consolidado como uno de los instrumentos conceptuales más relevantes para comprender la organización y las relaciones entre los elementos químicos.

Desarrollo

Con alumnos ingresantes a las carreras de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Licenciatura en Geología, Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas realizamos una actividad diagnóstica con Tabla Periódica. La misma se desarrolló durante las semanas de ambientación, previas al comienzo del cuatrimestre en la FCEyN de la UNLPam.

La actividad consistió en ordenar 32 elementos en una tabla de 4 filas y 8 columnas, les entregamos una grilla de datos de 32 elementos "ficticios" ordenados por su masa atómica creciente, además, valores de las siguientes propiedades: radio atómico, punto de ebullición, afinidad electrónica, número de oxidación, 1era energía de ionización y gráficos de estas propiedades en función de las masas atómicas crecientes.

Los elementos "ficticios", para los alumnos, son los elementos principales del periodo 2 al 5, del Litio al Xenón a los que les cambiamos el símbolo y multiplicamos por 1,7 los valores de las propiedades y solo pusimos un valor de estado de oxidación a aquellos elementos que tienen más de uno, con algunas variantes de la actividad realizada por Raviolo 2022 [1] con otro grupo de participantes y distintos objetivos.

Nuestro principal objetivo fue la evaluación diagnóstica del grupo de ingresantes, entendiendo que la misma debe ayudar a mejorar la práctica docente y el desempeño de los estudiantes. Es una herramienta para reflexionar sobre las fortalezas y áreas de oportunidad de la práctica educativa, permitiendo

tomar decisiones informadas para la mejora continua.” (Mejoredu, 2023).[5].

Como objetivos secundarios teníamos los inherentes a la temática y al uso de la información numérica y gráfica, si bien les dimos mucha información, la misma trataba de que no influyeran los conocimientos previos y que los resultados nos arrojaran un punto de partida para la enseñanza de una temática de relevancia en nuestra cátedra de química general.

Metodología

El presente trabajo está planteado en 3 etapas, en la primera desarrollamos la evaluación diagnóstica, en la segunda etapa repetiremos la actividad con todo el curso luego de transcurrido el desarrollo de la temática habiendo instrumentado la evaluación formativa, y la tercera etapa plantearemos una actividad sumativa, al final de la cursada, que nos permita completar el ciclo evaluativo.

La primera etapa hicimos la actividad diagnóstica con 53 alumnos ingresantes de las carreras mencionadas, lo hicimos en el curso de ambientación previo a la cursada de la química general.

Entregamos a los alumnos la consigna:

“A partir de la información brindada (tabla y gráficos), ordenar los 32 elementos en una tabla de 8 columnas por 4 filas”

Acompañamos con un cuadro de los 32 elementos “ficticios” ordenados por pesos atómicos crecientes completando con información de las siguientes propiedades: masa atómica, radio atómico, punto de ebullición, 1era energía de ionización, afinidad electrónica y N° de oxidación (solo se agregó un estado de oxidación por elemento), con una breve definición de cada propiedad. Anexo 1

También les dimos 5 cuadros de cada propiedad vs masa atómica. Anexo 2

Los elementos utilizados fueron los principales del periodo 2 al 5 cambiando los símbolos químicos y los valores de propiedades fueron multiplicados por 1,7 para tratar de simular elementos ficticios y esconder cualquier situación

que pudiera interferir en el desarrollo de la actividad por conocimientos previos.

Pretendemos hacer un diagnóstico e introducir una metodología de trabajo respecto de las tres etapas de la evaluación: diagnóstica, formativa y sumativa.

Los 32 elementos utilizados como ficticios se muestran en la tabla 1:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
2	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
3	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe

Tabla 1: Tabla con los elementos abarcados en la actividad.

Resultados esperados:

Con los elementos ficticios esperábamos obtener la tabla 2, para lo cual utilizando las masas atómicas creciente y los números de oxidación podrían argumentar las inversiones de elementos como Ar por K (Ao ; Gj) y I por Te (Bp ; Tg). También esperábamos que argumentaran sus decisiones en base a la información entregada analizando datos y gráficos.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Lr	Bt	Um	Cy	Nk	Ke	Fp	Lw
2	Nq	Xp	Af	To	Py	Kh	Cv	Ao
3	Gj	Ft	Gq	Yu	Ut	Sz	Bp	Ov
4	Rl	Sx	Vj	Ef	Ok	Tg	Mx	Xb

Tabla 2: Tabla con los elementos ficticios.

Resultados obtenidos:

En esta primera etapa de la actividad participaron 53 alumnos ingresantes, de los cuales el 96 % hizo el intento, solo dos alumnos entregaron la actividad sin respuesta. El 11,3 % arribó al resultado esperado utilizando básicamente las masas atómicas en orden creciente, de estos 6 trabajos 3 fueron correctos

ya que, además utilizaron los números de oxidación y argumentaron dentro de lo esperado y los otros 3 lograron una importante aproximación, su argumentación deja en claro que no hubo cruzamiento de datos; el 84,9 % de alumnos que hicieron distintos ordenamientos con el uso del punto de ebullición o de la afinidad electrónica o del radio atómico, como así también tuvimos un ordenamiento alfabéticamente, entre otros, que no se condicen con la intención de la actividad.

Algunos ejemplos de los resultados obtenidos:

En principio mostraremos los 6 mejores trabajos

Tabla presentada por el alumno 16: utiliza las masas atómicas no pudiendo relacionar otros datos por lo que logra muchas coincidencias, pero no logra utilizar las demás propiedades ni los cuadros.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe

Tabla A16

Tabla presentada por el alumno 30: utiliza la masa atómica logrando un resultado idéntico y manifiesta dificultades a la hora de usar la demás información.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe

Tabla A30

Tabla presentada por el alumno 31: ordena según masas atómicas crecientes, no utiliza otros datos y argumenta que ese es el orden que siguen los elementos en la tabla periódica.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe

Tabla A31

Tabla presentada por el alumno 29: podemos decir que es uno de los mejores trabajos, utilizó las masas atómicas y los números de oxidación logrando las inversiones correspondientes y dando las explicaciones esperadas.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe

Tabla A29

Tabla presentada por el alumno 41: establece un orden creciente de masas atómicas, corrige con el número de oxidación, además agrega el número de orden y de oxidación en la tabla transformándose en uno de los mejores trabajos.

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Xe

Tabla A41

Tabla presentada por el alumno 46: es otro de los buenos trabajos, justifica la periodicidad a través de los números de oxidación y la repetencia de las tendencias físicas como el radio atómico, habla de la repetencia de valores cada 8 elementos, ubica los gases nobles, reconoce grupos y periodos y encuentra la mayor dificultad en la interpretación de las gráficas en las zonas donde las masas son similares. Es uno de los pocos que argumenta con coherencia el uso de los datos y gráficos.

Lr	Br	Um	Cy	Nk	Ke	Fp	Lw
Nq	Xp	Ar	To	Pv	Kh	Cv	Gj
Ar	Fe	Gg	Yu	Uc	Se	Bp	Ov
Pi	Sx	Uj	Ef	Or	Mx	Tg	Xo

Tabla A46

Hasta aquí les mostramos el 11,3 % siendo los 6 mejores trabajos, los demás, 2 alumnos no respondieron nada y los 45 alumnos restantes hicieron diversos intentos, solo vamos a mostrar algunos.

La tabla presentada por el alumno 33: argumenta que ordena por masas atómicas crecientes, pero no argumenta porqué deja en blanco algunos casilleros, podemos inferir que al modificar el cuadro entregado de 4 x 8 y transformarlo en 5 x 8 luego toma esas decisiones que no argumenta.

Lr							Br
Um	Cy	Nk	Ke	Fp	Lw	Nq	Xp
Ar	To	Pv	Kh	Cv	Gj	Ar	Fe
Gg	Yu	Uc	Se	Bp	Ov	Ri	Sx

Tabla A33

La tabla presentada por el alumno 34: Elige los puntos de ebullición y los incorpora a la tabla, argumenta que pensó ordenar por las masas atómicas, pero quedó conforme con esta presentación.

Tabla para completar con los 32 elementos							
LW	FP	KE	NH	CY	UM	AO	CV
KH	Py	OV	BT	BP	SZ	TO	UT
YU	Xb	Mx	Gg	EF	OR	AF	Tg
La	XP	VS	Nq	Fr	SX	GJ	Ri

Tabla A34

La tabla presentada por el alumno 36: Elige los puntos de ebullición para ordenarlos de menor a mayor empezando por los negativos, hace referencia a que, si en un futuro utiliza los elementos en reacciones químicas, su tabla, o estas referencias pueden ayudarlos en la manipulación.

LW	NK	FP	AO	KE	OV	XB	CV
BP	MX	PY	KH	SZ	RL	GJ	UT
NQ	TG	XP	LR	SX	FT	OK	VJ
GA	BT	AF	EF	YU	TO	UN	CY

Tabla A36

La tabla presentada por el alumno 44: argumenta su orden por el número de oxidación creciente e incorpora a la tabla la afinidad electrónica.

Tabla para completar con los 32 elementos							
OK	Kh	EU	LW	U	SX	AF	To
UT	SZ	FP	AO	Nq	Py	GJ	CY
Py	Ty	Br	OV	GJ	XP	Uj	EF
NK	KE	Mx	XB	BT	AT	UN	YU

Tabla A44

La tabla presentada por el alumno 34: Elige los puntos de ebullición y los incorpora a la tabla, argumenta que pensó ordenar por las masas atómicas, pero quedó conforme con esta presentación.

Discusión

Los resultados de esta primera etapa nos dejan muy en claro que el aprendizaje de la tabla periódica en el nivel secundario no ha sido significativo, máxime viendo que esos alumnos tuvieron al menos una química en sus estudios anteriores, siendo muy bajo el porcentaje de alumnos que conecta con la actividad.

Tres cuestiones para tener en cuenta hacia adelante con la temática:

1. Promover con docentes del nivel secundario un cambio en la metodología de enseñanza de la tabla periódica tendiente a aplicar la historicidad de los hechos y a compartir material de difusión que involucren herramientas de enseñanza con resultados probados mediante investigación educativa.
2. Materializar esta base de conocimientos generando una participación más activa de los alumnos procurando mejorar la enseñanza de los conceptos: elemento, periodicidad, propiedades periódicas, ley periódica e interpretación de datos y gráficos.

3. También rescatamos que la metodología de aplicar los pasos de la evaluación: diagnóstico, formativa y sumativa, debería mejorar la enseñanza ya que los alumnos son conocedores de su punto de partida, luego realizan actividades formativas pensadas con las mayores falencias encontradas en el diagnóstico tratando de ir progresando el conocimiento para evitar el fracaso en la evaluación sumativa.

Para la segunda etapa, después de haber desarrollado la temática mediante la teoría, la práctica de aula y el laboratorio de propiedades periódicas, realizaremos la actividad con la totalidad de la clase, unos 90 alumnos (incluye alumnos recursantes e ingresantes que no asistieron al periodo de ambientación), posteriormente cotejaremos con los resultados de la primera etapa. Por último, introducir en la evaluación sumativa indicadores que nos permitan visualizar el avance en la progresión de los conocimientos sobre la periodicidad de las propiedades fisicoquímicas.

Anexo 1

Tabla de propiedades físicas y químicas de los elementos

Presentados en orden creciente de la masa atómica

símbolo	masa atómica	radio atómico	punto ebullición	1ra energía ionización	afinidad electrónica	n° de oxidación
	g/mol	Pm	°C	kJ/mol	kJ/mol	
Lr	11,7	258,4	2281	884	102	1
Bt	15,3	190,4	4197	1530	0	2
Um	18,4	144,5	6676	1361,7	46	3
Cy	20,4	130,9	8206	1847,9	207	4
Nk	23,8	127,5	-115	2383,4	0	-3
Ke	27,2	124,1	-108	2233,8	240	-2

símbolo	símbolo	radio atómico	punto ebullición	1ra energía ionización	afinidad electrónica	n° de oxidación
	g/mol	Pm	°C	kJ/mol	kJ/mol	
Fp	32,3	122,4	-111	2856	558	-1
Lw	34,3	119	-145	3536	0	0
Nq	39,1	316,2	1501	843,2	90	1
Xp	41,3	272	1853	1254,6	0	2
Af	45,9	243,1	4282	982,6	75	3
To	47,8	200,6	5551	1337,9	228	4
Py	52,7	187	471	1720,4	122	-3
Kh	54,6	175,1	757	1700	340	-2
Cv	60,4	168,3	-20	2126,7	593	-1
Gj	66,5	385,9	1290	712,3	82	1
Ao	68	166,6	-109	2585,7	0	0
Ft	68,2	334,9	2523	1003	3	2
Gq	118,5	229,5	3747	984,3	49	3
Yu	123,4	209,1	4794	1295,4	201	4
Ut	127,3	204	1389	1609,9	131	-3
Sz	134,3	198,9	1165	1599,7	332	-2
Bp	135,8	193,8	100	1938	553	-1
Ov	142,5	190,4	-90	2296,7	0	0
Rl	145,4	421,6	1170	685,1	80	1
Sx	148,9	365,5	2349	935	9	2
Vj	195,2	282,2	3522	948,6	49	3
Ef	201,8	238	4423	1205,3	206	4
Ok	207,1	239,7	2698	1417,8	172	-3
Mx	215,7	226,1	313	1713,6	502	-1
Tg	216,9	243,1	1680	1477,3	323	-2
Xb	223,2	222,7	-64	1989	0	0

Anexo 2: Entregamos 5 gráficos de las propiedades vs. masas atómicas que por lo extenso no agregamos en esta publicación.

Bibliografía

- [1] Raviolo, A. (2008). Definiciones básicas de la química: una discusión didáctica II. Elemento, sustancia elemental y compuesto. Educación en la Química, 14(2), 77-89.
- [2] Raviolo, A. y otros. Experiências em Ensino de Ciências V.17, N.3 2022.
- [3] 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.
- [4] Pinto, G. (2022) La Tabla Periódica como Recurso para la Educación STEM. Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)
- [5] Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (Mejoredu).2023. México, 12 de mayo de 2023.

IA-CONECTA: consolidación y expansión del uso estratégico de inteligencia artificial para el fomento de competencias académicas transversales en la educación superior

Javier Peña*, Iria González Mariño

Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Salamanca. Plaza de los Caídos s/n. 37008-Salamanca.

*javierpena@usal.es

Resumen

El proyecto de innovación docente IA-CONECTA se ha centrado en la integración de herramientas de inteligencia artificial generativa en la educación superior con el fin de fortalecer competencias académicas transversales vinculadas a la búsqueda de información, el estudio, la redacción, el análisis y la presentación de contenidos. Frente a enfoques limitados al simple uso de estas tecnologías, la propuesta se diseñó para acompañar al estudiantado en un proceso formativo orientado al empleo ético y responsable de diferentes herramientas de inteligencia artificial en contextos académicos reales. La metodología se articuló en diferentes fases: diagnóstico inicial, formación aplicada, análisis de errores, reflexión ética, trabajo cooperativo y evaluación final. Los resultados muestran una valoración positiva del proyecto, una diversificación en el uso de herramientas de IA, una mejora percibida en la elaboración de prompts y una mayor capacidad para distinguir entre usos éticos y no éticos de estas tecnologías. Asimismo, la experiencia ha favorecido cambios en la forma de abordar las tareas universitarias y ha generado materiales con potencial de transferencia a otros contextos docentes.

Introducción

La incorporación de herramientas de inteligencia artificial generativa al ámbito universitario ha abierto nuevas posibilidades para apoyar tareas habituales como la búsqueda de información, la comprensión de textos complejos, la organización de ideas, la redacción académica y la preparación de presentaciones. En los últimos

años, este tipo de tecnologías ha pasado de ser una novedad puntual a convertirse en un recurso cada vez más presente en la actividad diaria del estudiantado, lo que obliga a repensar su integración desde una perspectiva pedagógica rigurosa. [1-5] Entre las principales ventajas de estas herramientas destaca su capacidad para facilitar procesos de síntesis, la generación de esquemas, el apoyo al estudio y la exploración inicial de contenidos, contribuyendo a que los estudiantes trabajen de forma más ágil y autónoma. Sin embargo, su utilización en contextos académicos también plantea riesgos, entre ellos la aparición de errores o alucinaciones, la invención de referencias, los problemas de privacidad y la posible pérdida de pensamiento crítico cuando no existe supervisión adecuada [6, 7].

En este contexto, la innovación docente debe enseñar a utilizar estas nuevas herramientas de manera estratégica, reflexiva y responsable. Resulta especialmente importante que el estudiantado aprenda no solo a obtener respuestas, sino también a formular mejores preguntas, verificar la fiabilidad de la información recibida, identificar sesgos y limitaciones, y tomar decisiones fundamentadas sobre cuándo y cómo conviene apoyarse en la inteligencia artificial. El proyecto IA-CONECTA surge precisamente con esa finalidad, proponiendo una intervención formativa centrada en el uso académico de herramientas como ChatGPT, Gemini, NotebookLM, Perplexity o Gamma en tareas de estudio, análisis, redacción, verificación y comunicación de contenidos. Esta propuesta da continuidad a una experiencia previa centrada en la integración de herramientas de inteligencia artificial en la elaboración de trabajos académi-

cos, desarrollada en el marco del PID ID2023105 durante el curso 2023-2024. [8]. Su planteamiento se aleja de una visión exclusivamente instrumental de la IA y apuesta por una integración orientada al desarrollo de competencias transversales, la reflexión ética sobre la autoría, la transparencia y la trazabilidad, y la participación activa del estudiantado en la creación de materiales útiles para otros contextos universitarios. De este modo, el proyecto se concibe como una experiencia de innovación orientada a transformar la relación del estudiantado con la inteligencia artificial, favoreciendo un uso más autónomo, crítico y fundamentado en evidencias. Más allá de enseñar a manejar programas concretos, el objetivo de la propuesta es dotar al estudiantado de una base sólida para buscar, analizar y procesar la información con criterio, reforzando así la verificación de contenidos y la organización de su propio aprendizaje. Para llevar a cabo esta propuesta, el proyecto se implementó con un grupo de 22 estudiantes pertenecientes a las titulaciones del Grado en Química y Grado en Biotecnología donde se imparten asignaturas del área al que pertenece el profesorado participante. Este perfil permitió abordar el uso de la inteligencia artificial desde diferentes perspectivas y necesidades académicas, garantizando que los recursos diseñados a lo largo de la experiencia tuvieran una aplicación real y directa.

Objetivos

El objetivo principal de este proyecto era favorecer una integración estratégica, crítica y responsable de la inteligencia artificial generativa en el trabajo académico universitario. La propuesta buscaba utilizar estas herramientas como vehículo para desarrollar competencias transversales ligadas a la gestión de la información, el pensamiento crítico y la creación de contenidos. Para ello, el proyecto se estructuró en torno a tres ejes:

- Eje instrumental y diagnóstico: evaluar el punto de partida del estudiantado e introducir de forma pautada herramientas específicas para optimizar tareas reales como la búsqueda de bibliografía o la estructuración del estudio.
- Eje ético y reflexivo: promover una toma de conciencia sobre los riesgos asociados a la IA, incidiendo en la detección de sesgos, las alucinaciones, la privacidad y la necesidad ineludible de verificar la información generada de forma automatizada.
- Eje de aplicación y de transferencia: transformar al estudiante de un mero "usuario" a un "coproductor" activo, implicándolo en el diseño de recursos docentes innovadores (plantillas, guías y protocolos de verificación) que resulten transferibles a otros compañeros y a futuros contextos formativos.

Desarrollo

El proyecto IA-CONECTA se diseñó con un enfoque práctico y formativo, orientado a favorecer una integración progresiva de herramientas de inteligencia artificial generativa en el trabajo académico universitario. Desde el punto de vista metodológico, la propuesta se estructuró en varias fases (Figura 1), comprendiendo desde el diseño inicial hasta la evaluación del impacto y la transferencia de resultados. Este planteamiento permitió articular un itinerario de aprendizaje en el que se combinaron preparación previa, formación aplicada, trabajo cooperativo, reflexión crítica y evaluación final.

Figura 1. Esquema general de las fases del proyecto IA-CONECTA.



La primera fase estuvo orientada al diseño general de la intervención y a la preparación de las condiciones necesarias para su desarrollo. En este momento se seleccionaron las herramientas de inteligencia artificial que iban a emplearse a lo largo del proyecto y se elaboraron materiales introductorios para facilitar una incorporación progresiva del estudiantado a la experiencia. Además, se habilitó un espacio virtual en Studium como entorno centralizado para la organización de materiales, la comunicación con los participantes y la gestión de las distintas actividades previstas.

La segunda fase se centró en el diagnóstico del punto de partida del estudiantado y en una primera aproximación formativa al uso académico de la inteligencia artificial. Para ello, se aplicó un cuestionario inicial destinado a identificar usos previos, percepciones, dificultades y necesidades formativas, de manera que la intervención pudiera ajustarse al perfil real de los participantes. A partir de esta base, se desarrollaron sesiones introductorias y talleres prácticos orientados a trabajar la formulación de instrucciones, la búsqueda y comprobación de información, la comprensión de textos y el uso supervisado de herramientas de IA en tareas universitarias reales. Dentro de esta misma fase se incorporó también una dinámica aplicada de revisión de errores, denominada “Clínica de IA”, en la que se analizaron situaciones problemáticas relacionadas con el uso académico de estas tecnologías. Esta actividad permitió introducir estrategias de verificación, reformulación y contraste de la información generada.

Una vez completada la fase inicial de formación, el proyecto avanzó hacia un modelo de aprendizaje activo basado en la implicación directa del estudiantado en tareas de exploración y creación. Para ello, los participantes se organizaron en grupos de trabajo con misiones diferenciadas, orientadas a ámbitos como la verificación de información, el estudio asistido mediante IA y la comunicación de contenidos. Esta estructura permitió desarrollar una dinámica

basada en el trabajo en pequeño grupo y la elaboración de recursos.

La cuarta fase se centró en la incorporación explícita de una dimensión ética al proyecto. Para ello, se desarrolló una actividad específica de debate y reflexión, denominada “Tribunal de la IA”, concebida como un espacio para abordar cuestiones relacionadas con la autoría intelectual, la honestidad académica, la privacidad, la transparencia y la trazabilidad del uso de herramientas generativas. En el marco de esta fase se definieron principios básicos de uso responsable de la inteligencia artificial en el contexto universitario, posteriormente recogidos en un decálogo.

La quinta fase se orientó a la evaluación del desarrollo del proyecto y de su impacto formativo en el estudiantado. Para ello, se recurrió a una estrategia de recogida de evidencias basada en la combinación de instrumentos cuantitativos y cualitativos, entre ellos un cuestionario inicial, un cuestionario post-intervención y la revisión de los materiales elaborados durante la experiencia. Este planteamiento permitió disponer de información suficiente para valorar la evolución del estudiantado y el alcance de la intervención en relación con los objetivos planteados.

La última fase estuvo orientada al cierre del proyecto y a la organización final de los materiales generados. En esta etapa se integraron los recursos elaborados a lo largo de la experiencia en un dossier unificado, concebido con una finalidad de transferencia y reutilización en otros contextos académicos. De este modo, el proyecto se convirtió en una propuesta con proyección más allá de su contexto inmediato de implementación.

Materiales y recursos

El proyecto se apoyó en un conjunto de herramientas de inteligencia artificial generativa y de asistencia al aprendizaje seleccionadas en función de su utilidad para distintas tareas académicas. Entre ellas se incluyeron ChatGPT y Gemini para la generación guiada de ideas, la reformulación de textos y la estructuración de

contenidos; Perplexity como herramienta orientada a la búsqueda y rastreo de información; NotebookLM para el trabajo con documentación propia, el estudio guiado y la elaboración de materiales de apoyo; y Gamma para la organización visual y la preparación de presentaciones académicas. La combinación de estos recursos permitió cubrir necesidades diversas vinculadas a la búsqueda de información, el análisis, el estudio y la comunicación de contenidos. Junto a estas herramientas, se elaboraron materiales didácticos y organizativos específicos para facilitar la implementación del proyecto. En primer lugar, el profesorado diseñó guías rápidas de uso destinadas a ofrecer orientaciones básicas sobre el funcionamiento de las aplicaciones seleccionadas, sus posibilidades en contextos universitarios y algunas pautas iniciales para un empleo responsable (Figura 2). Estos materiales actuaron como soporte común para el estudiantado y contribuyeron a homogeneizar el acceso inicial a las herramientas empleadas durante la experiencia.

Además, el proyecto contó con un espacio virtual en Studium que funcionó como entorno centralizado para la organización del trabajo. En este espacio se integraron los materiales de apoyo, los avisos, las actividades, los foros de comunicación y los buzones de entrega, facilitando tanto la coordinación del profesorado como el seguimiento del trabajo desarrollado por los estudiantes.

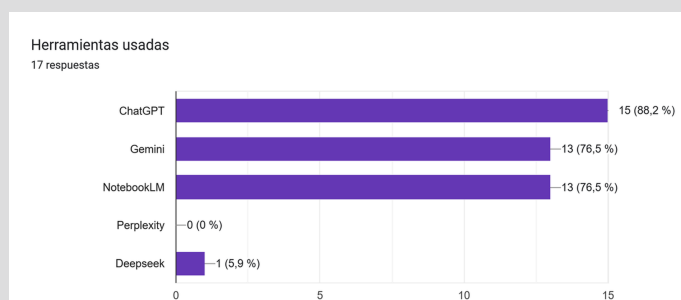
Finalmente, como parte del proyecto se generaron también materiales elaborados de forma colaborativa por el estudiantado, integrados posteriormente en un dossier final unificado con vocación práctica y transferible. Estos materiales complementaron el desarrollo de la experiencia y constituyen recursos susceptibles de reutilización en otros contextos docentes interesados en promover un uso académico, crítico y responsable de la inteligencia artificial.

Manual de Iniciación: Inteligencia Artificial Generativa para Estudiantes - PROYECTO: ID2025/120: IA-CONECTA Manual de Iniciación: Inteligencia Artificial Generativa para Estudiantes 1. Introducción: Tu Nuevo Asistente de Investigación Bienvenido al mundo de la Inteligencia Artificial (IA) generativa, una tecnología que está revolucionando la forma en que accedemos al conocimiento y creamos contenido. Aquí podrás descubrir una herramienta que puede transformar tu manera de aprender, escribir e investigar. 1.1. ¿Qué es la Inteligencia Artificial Generativa y ChatGPT? ChatGPT es un modelo de lenguaje avanzado desarrollado por OpenAI que utiliza Inteligencia Artificial para comprender y generar texto en lenguaje natural. Su función principal es procesar tus indicaciones (conocidas como <i>prompts</i>) para responder a una amplia variedad de consultas de manera coherente y contextualizada. El acrónimo GPT significa <i>Generative Pre-trained Transformer</i> (Transformador Generativo Pre-entrenado), lo que describe su arquitectura y funcionamiento: Generativo: Tiene la capacidad de crear contenido nuevo, desde un párrafo hasta un ensayo completo. Pre-entrenado: Ha sido alimentado con un volumen masivo de texto de Internet, lo que le permite entender patrones, estilos y contextos del lenguaje humano. Además de su entrenamiento inicial, modelos como ChatGPT se refinan continuamente a través de la interacción con los usuarios para mejorar la calidad de sus respuestas. Transformador: Utiliza una arquitectura de red neuronal avanzada que le permite procesar y generar texto con una gran sofisticación. 1.2. ¿Por qué es una herramienta tan útil para estudiar? La IA generativa puede ser un asistente en tu vida académica. A continuación, se presentan cuatro beneficios que puedes aprovechar: Mejora de la investigación académica. Te ayuda a procesar grandes volúmenes de información rápidamente. Puedes pedirle que resuma artículos científicos complejos, explique conceptos teóricos difíciles o te ayude a encontrar conexiones entre diferentes áreas del conocimiento. Asistencia en la redacción. Es una herramienta de gran utilidad en cada etapa del proceso de escritura, desde la generación de ideas y la creación de un esquema inicial hasta la mejora de borradores, la corrección de gramática y la optimización de la claridad de tus textos. Desarrollo de presentaciones. Puede ayudarte a estructurar el contenido de tus diapositivas, sugerir puntos clave para cada sección y generar textos concisos y de alto impacto para tus presentaciones académicas. 1	Guía de Uso de NotebookLM - PROYECTO: ID2025/120: IA-CONECTA Guía de Uso de NotebookLM 1. Introducción: Tu Asistente Personalizado ¿Alguna vez te has enfrentado a un semestre lleno de lecturas, con textos densos y a veces aburridos que parecen imposibles de digerir? Esta guía está diseñada para enseñarte a utilizar NotebookLM, una herramienta de Inteligencia Artificial de Google, para transformar esa sobrecarga de información en conocimiento claro y manejable. El objetivo es que aprendas a trabajar de forma más eficiente, profundices en tus materias y organices tus ideas como nunca antes. NotebookLM (donde "LM" significa <i>Language Model</i> o Modelo de Lenguaje) es un asistente de investigación de IA personalizado que trabaja exclusivamente con los documentos que tú le proporcionas. A diferencia de otros asistentes que extraen información de todo Internet, NotebookLM basa sus respuestas únicamente en tus notas de clase, artículos y libros de texto. Esto lo convierte en un experto en tu materia de estudio. Para entender mejor su valor, aquí tienes algunas de sus ventajas: Basado en tus fuentes: Sus respuestas se limitan estrictamente al contenido que has subido, garantizando relevancia y precisión. Evita "alucinaciones": Como dice un estudiante, lo usas "porque alucina, y cuando se trata de estudiar solo quieres que las respuestas sean solo sobre tu información". Al no inventar nada fuera de tus documentos, los errores son mínimos. Cita sus respuestas: Cada afirmación incluye una cita que te muestra exactamente de qué parte de tus documentos extrajo la información, facilitando la verificación. Diseñado para analizar y organizar: Sus funciones están optimizadas para sintetizar, conectar ideas y estructurar información de manera lógica para el estudio. 2. Primeros Pasos: Creando tu Espacio de Trabajo El primer paso para usar NotebookLM es organizar tus materiales de estudio de forma lógica. La plataforma funciona a través de "Cuadernos" (Notebooks), que actúan como carpetas de proyecto donde puedes agrupar todas las fuentes relacionadas con una asignatura, un tema o un trabajo específico. Tipos de Fuentes que Puedes Añadir Puedes construir tu base de conocimiento personal subiendo una gran variedad de formatos: Documentos desde tu ordenador: Archivos en formato PDF. Archivos de Google Drive: Integra tus documentos directamente desde la nube. Sitios web: Simplemente pega la URL de una página web relevante. 1	Guía de Uso de Gemini - PROYECTO: ID2025/120: IA-CONECTA Guía de Uso de Gemini 1. Introducción: Gemini no es sólo un Chatbot, es un Ecosistema de Investigación El término "Gemini" no se refiere a un único producto, sino a una familia de modelos de Inteligencia Artificial de última generación desarrollados por Google. Esta familia incluye varios modelos, siendo los más relevantes para el entorno universitario Gemini 1.5 Pro y Gemini 1.5 Flash. Gemini 1.5 Pro es el modelo diseñado para tareas de alta complejidad y razonamiento, logrando una calidad superior con una eficiencia computacional avanzada. Por otro lado, Gemini 1.5 Flash es una variante más ligera y rápida, optimizada para tareas que requieren alta eficiencia y baja latencia, como resúmenes rápidos o clasificación de datos. Las ventajas para su uso en ciencias son: Ventana de Contexto Masiva: Gemini 1.5 Pro ha consolidado un avance en la comprensión de contextos largos, procesando de manera consistente hasta 1 millón de tokens. Un millón de tokens equivale a procesar de una sola vez aproximadamente 1500 páginas de texto, más de 700.000 palabras, una hora de video o hasta 11 horas de audio. Para un investigador, esto significa la capacidad de "subir" un borrador completo junto con diez artículos científicos y realizar preguntas transversales. Capacidades Multimodales Nativas: Gemini fue construido para razonar de forma fluida e integrada a través de diferentes tipos de información: texto, código, imágenes, audio y video. La ciencia es un campo inherentemente multimodal, donde no se trabaja solo con texto, sino con elementos como por ejemplo espectros, gráficos de cinética, estructuras moleculares, diagramas de rutas metabólicas y videos de procedimientos de laboratorio. La capacidad de Gemini para interpretar un gráfico complejo, analizar datos o entender un diagrama de flujo junto a una consulta de texto, es una herramienta muy útil para el análisis de datos experimentales. Integración con el Ecosistema de Investigación de Google: El verdadero potencial para el trabajo académico no reside en la interfaz de chat, sino en las herramientas especializadas que utilizan los modelos Gemini. NotebookLM es una herramienta diseñada para la investigación "anclada" (grounded), que obliga a la IA a basar sus respuestas únicamente en las fuentes que se le proporcionen (ej: PDFs de papers, 1
---	---	--

Figura 2. Algunas de las guías de uso de herramientas de IA elaboradas durante el proyecto.

Resultados y discusión

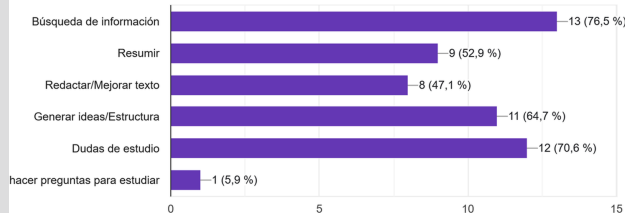
La evaluación del proyecto, basada en la comparación entre el cuestionario inicial y final (Figuras 3 y 4), así como en la revisión de los materiales elaborados por el estudiantado, muestra un impacto global positivo tanto en el uso académico de la inteligencia artificial como en la percepción crítica de sus posibilidades y limitaciones.



¿Cuál ha sido tu mayor frustración o dificultad?
17 respuestas



¿Para qué has intentado usarla principalmente?
17 respuestas



Del 1 al 5, ¿cuánto confías en lo que la IA te responde sobre temas de tu carrera?
17 respuestas

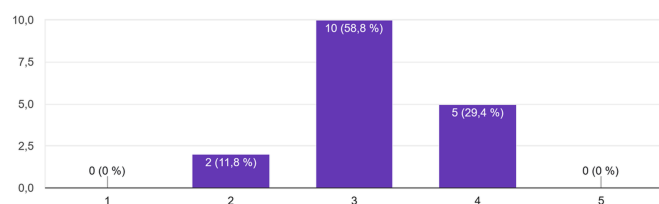
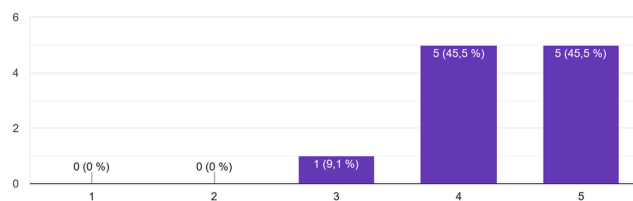


Figura 3. Resultados de la encuesta inicial: herramientas utilizadas y percepción de los riesgos.

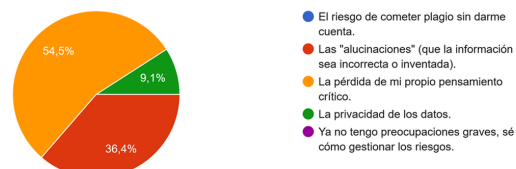
En una escala de 1 a 5, ¿qué tan útil crees que es la IA para mejorar tu rendimiento académico de forma real?

11 respuestas



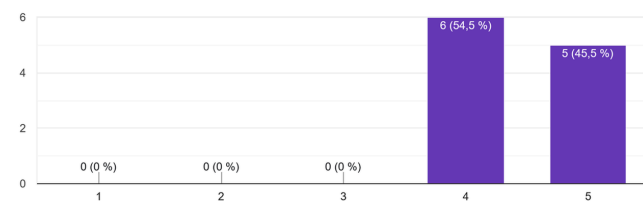
¿Cuál dirías que es AHORA tu mayor preocupación al usar IA?

11 respuestas



En una escala de 1 a 5, ¿qué tan de acuerdo estás con la siguiente afirmación AHORA?: "Sé cómo diferenciar un uso ético de un uso no ético de la IA en mis trabajos universitarios"

11 respuestas



Valora del 1 al 5 la utilidad de las siguientes dinámicas que hicimos en clase:

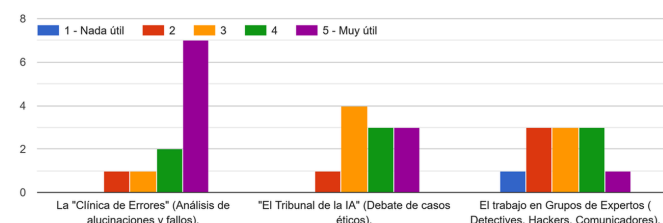


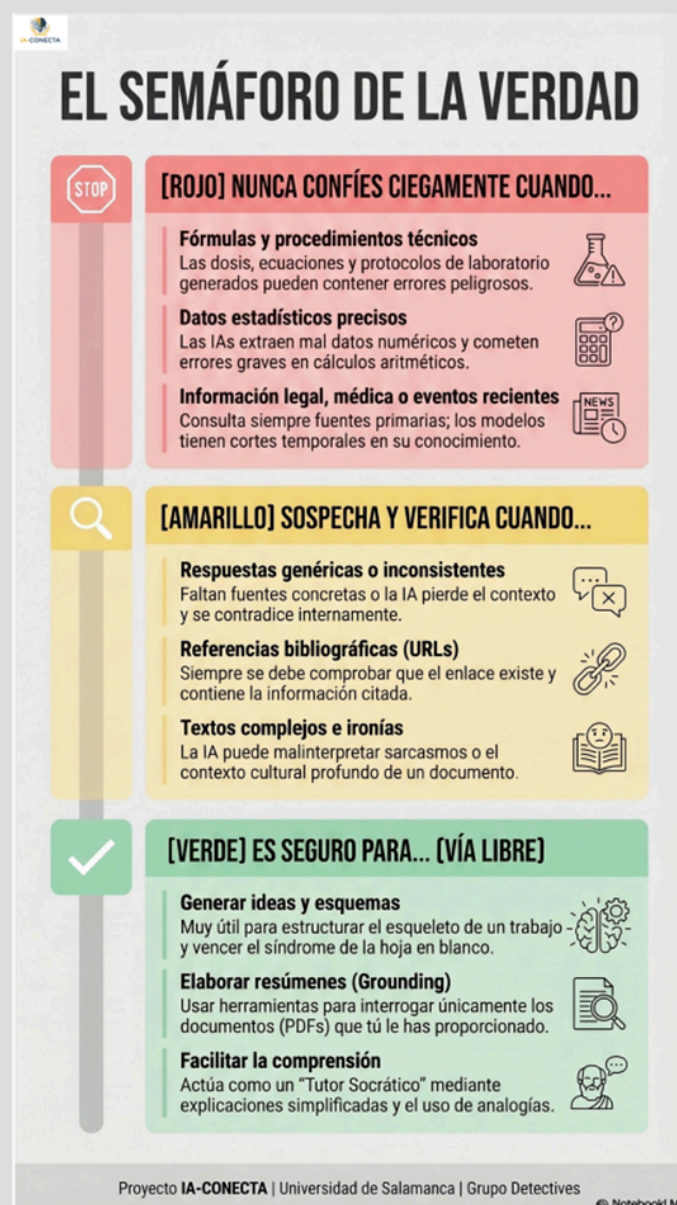
Figura 4. Resultados de la evaluación final del estudiantado.

Uno de los resultados más destacados del proyecto fue la incorporación habitual de la inteligencia artificial a las tareas académicas del estudiantado participante. En la evaluación final, el 45% afirmó utilizar estas herramientas muy frecuentemente, el 36% con frecuencia y el 18% de forma ocasional, sin respuestas en las categorías de uso nulo o casi inexistente. Además de ese incremento de uso, se observó una diversificación de herramientas. Mientras

que en fases iniciales el protagonismo recaía sobre aplicaciones más conocidas y generalistas, en la evaluación final NotebookLM apareció en el 100% de las respuestas, Gemini en el 91% y ChatGPT en el 54%, lo que apunta a una mayor especialización en función de la tarea realizada. Este desplazamiento indica que el alumnado no solo amplió su repertorio tecnológico, sino que empezó a seleccionar herramientas con mayor criterio funcional. Desde el punto de vista competencial, la autoevaluación del estudiantado también mostró una evolución favorable. En relación con la capacidad para redactar prompts eficaces, el 82% se situó en el nivel 4 y el 9% en el nivel 5, sin respuestas en los niveles más bajos. Del mismo modo, la utilidad de la inteligencia artificial para mejorar el rendimiento académico obtuvo valoraciones altas, concentrándose el 90% de las respuestas en los niveles 4 y 5. Un aspecto especialmente significativo fue el cambio en la percepción de los riesgos asociados a estas tecnologías. Si en los momentos iniciales predominaban preocupaciones relacionadas con el plagio involuntario o la falta de control sobre el contenido generado, al cierre del proyecto la principal preocupación pasó a ser la posible pérdida de pensamiento crítico, señalada por el 55% de los participantes, seguida por las alucinaciones o errores de contenido, mencionadas por el 36%. También resulta especialmente relevante que la totalidad del estudiantado se situara en los niveles 4 y 5 al valorar su capacidad para diferenciar un uso ético de un uso no ético de la inteligencia artificial en los trabajos universitarios.

La valoración de las actividades desarrolladas mostró que el estudiantado respondió de forma especialmente positiva a aquellas dinámicas en las que se trabajó con ejemplos concretos, errores reales y situaciones que exigían tomar decisiones críticas. En este sentido, la Clínica de IA fue la actividad mejor puntuada, seguida del Tribunal de la IA, mientras que el trabajo en grupos de expertos recibió valoraciones más heterogéneas, aunque globalmente favorables.

En relación con los productos elaborados, los recursos finales generados por el estudiantado obtuvieron valoraciones altas de utilidad. Entre ellos destacaron especialmente el Semáforo de la Verdad, el Kit de Supervivencia de Exámenes y la Plantilla Maestra, que concentraron la mayoría de sus puntuaciones en los niveles superiores. (Figura 5).



KIT DE SUPERVIVENCIA DE EXÁMENES

Esta guía transforma el estudio pasivo en un proceso dinámico de tres fases apoyado por IA. Se enfoca en la creación de un "cerebro digital" basado en fuentes propias (grounding) para evitar datos falsos, la tutoría personalizada 24/7 y la autoevaluación científica para maximizar la eficiencia académica.



PASO 1: CONSTRUYE TU CEREBRO DIGITAL

Usa el cribado inteligente para conceptos clave y centraliza tus PDFs en un entorno cerrado (**Grounding**).



PASO 2: EL TUTOR 24/7

Genera guías automáticas, glosarios y resúmenes, o utiliza el **Audio Overview** para repasar mediante podcasts.



PASO 3: AUTOEVALUACIÓN (ACTIVE RECALL)

Crea tests personalizados de opción múltiple y realiza **simulacros de examen oral** mediante el chat.



ESTRATEGIAS DE ALTA EFICIENCIA

3 LEYES DE EFICIENCIA

Ley / Técnica	Objetivo Principal
Pareto (80/20)	Identificar el 20% de conceptos esenciales que explican el 80% del tema.
Feynman	Validar la comprensión propia identificando vacíos lógicos en la explicación.
Chunking	Dividir capítulos densos en bloques lógicos de 5 minutos de lectura.

GROUNDING (Anclaje)
Técnica que garantiza que la IA responda basándose solo en tu **material oficial** para eliminar errores.

SIMULACRO ORAL
Pide pistas a la IA en lugar de respuestas para deducir los conceptos por ti mismo.

Proyecto IA-CONECTA | Universidad de Salamanca | Grupo Optimizadores

LA PLANTILLA MAESTRA

Esta infografía desglosa el método "híbrido" propuesto por el **Proyecto IA-CONECTA** de la Universidad de Salamanca. Contrasta el error común de dejar que la IA genere el diseño final con un proceso estructurado en tres fases donde el humano mantiene el mando intelectual.

❌ LA TRAMPA: DELEGAR EL DISEÑO FINAL

El Error: Pedirle a una IA Generativa (Gamma, Canva Magic) "Hazme una presentación sobre este paper científico".

Delegar el resultado final compromete la precisión y el estilo del trabajo académico.



El Resultado (Desastre)

Comparativa de riesgos técnicos detectados en la generación automática según el contexto del proyecto

Defecto Visual	Causa Técnica	Impacto Científico
Dislexia Visual	Alucinación en capas de texto de imagen	Esquemas y fórmulas erróneas
IA Verborreica	Falta de síntesis jerárquica	Exceso de diapositivas innecesarias
Simplificación	Pérdida de matices técnicos	Falta de rigor en conceptos complejos

✅ LA SOLUCIÓN: EL FLUJO HÍBRIDO (El Humano al Mando)



Fase 1: SINTETIZAR (ChatGPT / Gemini)
Usa la IA para extraer viñetas cortas y títulos impactantes de textos densos.

Fase 2: ESTRUCTURAR (NotebookLM)
Sube tus papers para sugerir un Storyboard o esquema visual lógico.

Fase 3: MAQUETAR (Humano + Canva / PPT)
El humano añade los gráficos reales y revisa el acabado final de la plantilla.



Proyecto IA-CONECTA | Universidad de Salamanca | Grupo Divulgadores.



DECÁLOGO IA-CONECTA: CÓDIGO ÉTICO PARA EL USO DE LA IA



PRESERVAR LA AUTORÍA INTELECTUAL

La IA debe emplearse exclusivamente como soporte para la estructura y la redacción, nunca para la generación de las ideas maestras. El fondo intelectual debe ser de origen humano, garantizando mediante una revisión crítica que el texto final refleje el pensamiento y estilo propio del autor.



UTILIZAR LA IA COMO TUTOR DE APRENDIZAJE

La función de la IA es fortalecer la comprensión de conceptos y métodos, no evitar el esfuerzo de resolver una tarea. Se debe priorizar la petición de guías, pistas o analogías que permitan al usuario completar el proceso lógico y explicar el resultado de forma autónoma.

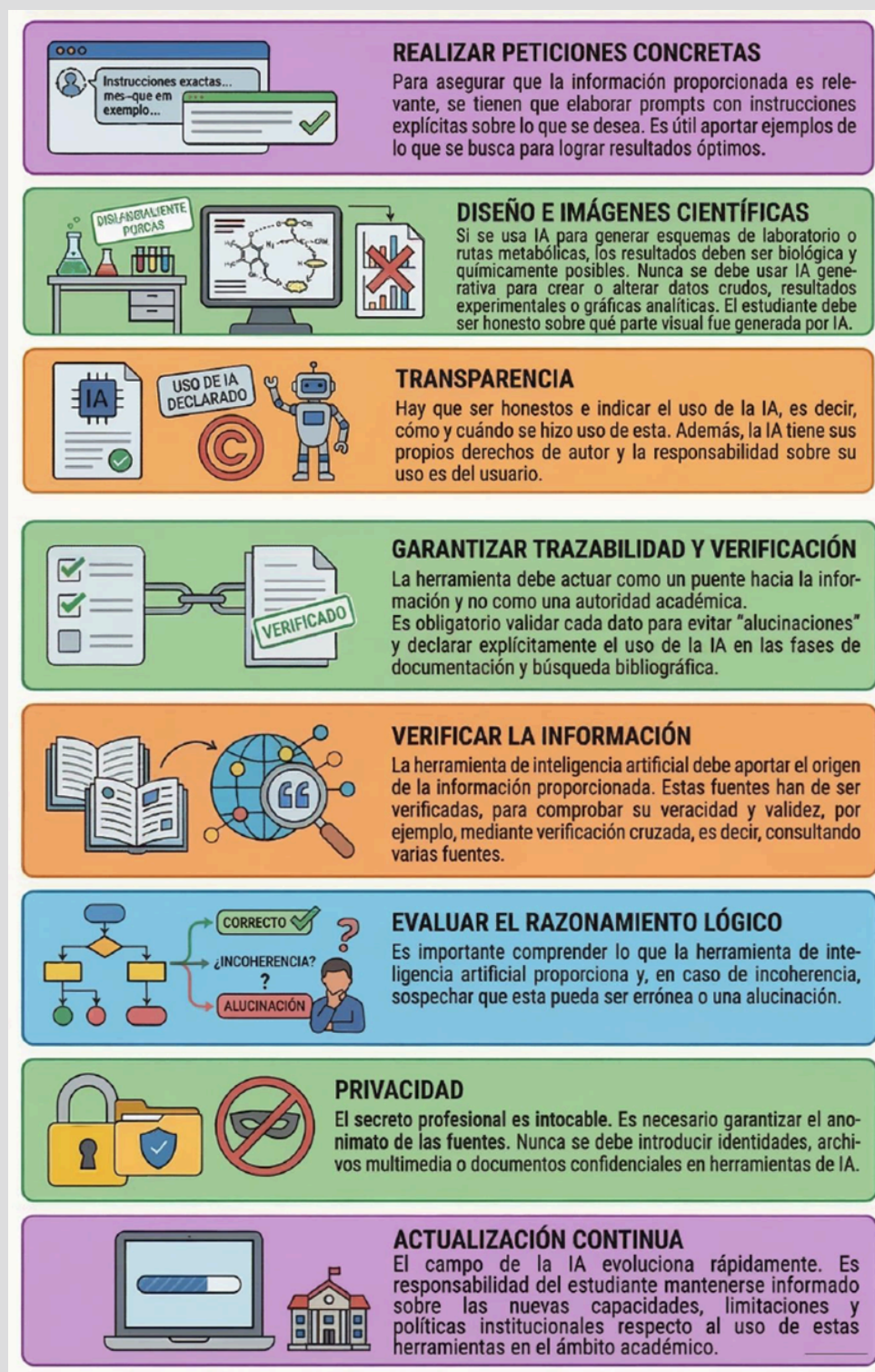


Figura 5. Materiales finales de transferencia elaborados por el estudiantado.

Uno de los resultados más relevantes del proyecto fue, precisamente, el cambio declarado por los propios estudiantes en su forma de enfocar el estudio y la elaboración de trabajos universitarios. El 73% afirmó que el proyecto había mejorado algunos aspectos de su manera

de trabajar, especialmente en relación con la verificación de la información, mientras que el 27% consideró que el cambio había sido radical y que ahora utilizaba un flujo de trabajo claramente distinto al inicial. Los comentarios cualitativos reforzaron esta interpretación, ya que

en ellos se repitieron de forma consistente tres ideas principales: el descubrimiento de nuevas herramientas, la mejora en la elaboración de prompts y una mayor conciencia ética en el uso de la inteligencia artificial.

En conjunto, estos resultados ratifican que IA-CONECTA ha funcionado como una experiencia de innovación docente capaz de mejorar la familiaridad del estudiantado con herramientas avanzadas de IA y la calidad del uso que hace de ellas. De esta forma, ha favorecido una relación más reflexiva, supervisada y ajustada a fines académicos concretos, lo que constituye probablemente una de sus aportaciones más valiosas desde el punto de vista pedagógico.

Conclusiones

La experiencia desarrollada en el proyecto IA-CONECTA muestra que la integración de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria puede abordarse desde una perspectiva pedagógica rigurosa, más allá de su uso como simple apoyo instrumental. Uno de los principales aportes del proyecto ha sido demostrar que la formación en inteligencia artificial no debe centrarse únicamente en enseñar a manejar aplicaciones concretas, sino en desarrollar criterios para su utilización fundamentada. En este sentido, la experiencia ha contribuido a reforzar competencias vinculadas a la verificación de la información, la elaboración de instrucciones más eficaces y la selección de herramientas en función de la tarea académica. Además IA-CONECTA ha puesto de manifiesto el valor de las metodologías activas y participativas. La implicación del estudiantado en el análisis de errores, en la discusión de dilemas éticos y en la elaboración colaborativa de materiales ha permitido consolidar una experiencia de innovación con proyección más allá de su contexto inmediato. En conjunto, el proyecto ofrece una base útil para futuras iniciativas orientadas a promover un uso académico, crítico y responsable de la inteligencia artificial en la educación superior.

Referencias

- [1] Brown, T. B.; Mann, B.; Ryder, N.; Subbiah, M.; Kaplan, J.; Dhariwal, P.; Neelakantan, A.; Shyam, P.; Sastry, G.; Askell, A.; et al. Language Models are Few-Shot Learners. In *Advances in Neural Information Processing Systems 2020*, 33, 1877-1901. <https://arxiv.org/abs/2005.14165v4>
- [2] Zhai, X.; Chu, X.; Chai, C. S.; Jong, M. S. Y.; Istenic, A.; Spector, M.; Liu, J.-B.; Yuan, J.; Li, Y. A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity* 2021, 8812542. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- [3] Pedró, F.; Subosa, M.; Rivas, A.; Valverde, P. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. Working Papers on Education Policy, UNESCO, 2019. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
- [4] Rojas, A. J. An Investigation into ChatGPT's Application for a Scientific Writing Assignment. *Journal of Chemical Education* 2024, 101 (5), 1959-1965. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00034>
- [5] Luckin, R.; Holmes, W.; Griffiths, M.; Forcier, L. B. *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson, London, 2016.
- [6] Gimpel, H.; Hall, K.; Decker, S.; Eymann, T.; Lämmermann, L.; Mädche, A.; Röglinger, M.; Ruiner, C.; Schoch, M.; Schoop, M.; et al. Unlocking the Power of Generative AI Models and Systems such as GPT-4 and ChatGPT for Higher Education: A Guide for Students and Lecturers. *Hohenheim Discussion Papers in Business, Economics and Social Sciences*, No. 02-2023, Universität Hohenheim, 2023. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20710.09287/2>
- [7] Vicerrectorado de Innovación Educativa. Guía para integrar las tecnologías basadas en inteligencia artificial generativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje. UNED, 2023. <https://www.uned.es/universidad/inicio/en/institucional/areas-direccion/vicerrectorados/innovacion/iaeducativa.html>
- [8] Peña, J.; Ballester-Caudet, A. Integración de la Inteligencia Artificial en la Elaboración de Trabajos Académicos. *Revista Galicia Química*, 2024**, n.º 7, vol. 1, pp 21-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10288164>

Experiencia de Aprendizaje-Servicio en el Grado en Ciencias Ambientales: Divulgando sobre la calidad del aire

Iria González-Mariño*, Eliseo Herrero Hernández, Javier Peña

Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, 37008 Salamanca, España
*iriagonzalez@usal.es

Resumen

Introducción: Este trabajo presenta el proyecto basado en la metodología de Aprendizaje-Servicio "Divulgando sobre la calidad del aire en Salamanca", financiado por la Universidad de Salamanca (Convocatoria 2025) y desarrollado en el marco de la asignatura Contaminación Atmosférica del Grado en Ciencias Ambientales durante el curso 2025-2026. La iniciativa surge de la marcada discrepancia observada entre la percepción ciudadana de la contaminación atmosférica como un problema global y su reconocimiento como un factor de riesgo sobre la salud individual. Por ello, el proyecto buscó sensibilizar a parte del estudiantado de 1.º de Bachillerato de la ciudad sobre la calidad del aire que respiran y, simultáneamente, potenciar el desarrollo de competencias transversales en el estudiantado universitario. **Metodología:** Los universitarios diseñaron y ejecutaron talleres interactivos dirigidos a centros de educación secundaria. La evaluación de la intervención se realizó a través de cuestionarios cuantitativos y cualitativos dirigidos a los tres colectivos implicados (estudiantes universitarios, estudiantes de Bachillerato y profesores de secundaria), además de un seminario de valoración y reflexión final junto a un educador ambiental. **Resultados:** Los datos respaldan una excelente receptividad del formato por parte de los estudiantes de Bachillerato y una alta valoración de los universitarios respecto a la adquisición de competencias transversales. Sin embargo, también se detectaron áreas de mejora, como una excesiva carga teórica en los talleres y asimetrías en el nivel de implicación dentro de algunos equipos de trabajo. **Conclusiones:** El ApS se consolida como una metodología docente muy eficaz para la transfe-

rencia social del conocimiento científico. Para futuras ediciones, se concluye la necesidad de incorporar más actividades prácticas e incluso salidas de campo, ampliar la duración de cada actividad a un mínimo de dos horas, e integrar sistemas de coevaluación grupal.

1. Introducción y objetivos

La contaminación atmosférica constituye uno de los desafíos ambientales y de salud pública más críticos del siglo XXI. De acuerdo con los datos de la Organización Mundial de la Salud, la exposición al aire contaminado es responsable de millones de muertes prematuras anuales a escala global, vinculadas a enfermedades cardiovasculares y respiratorias (OMS). A pesar de la severidad de esta evidencia y del análisis existente (Querol, 2018), la percepción pública del riesgo es relativamente baja (Oltra et al., 2015; Giri y Nagendra, 2024). La ciudadanía tiende a percibir la contaminación atmosférica como un problema global, ligado al efecto invernadero antropogénico y el cambio climático, pero tiene más dificultades para reconocer la calidad del aire como un factor de riesgo sobre su salud individual (Maione et al., 2021; Song et al., 2024). Esta disonancia reduce la implicación comunitaria frente a la degradación de dicha calidad, la adopción de hábitos de protección personal o la defensa de conductas proambientales como la movilidad sostenible. El abordaje de la calidad del aire se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Específicamente, se vincula con el ODS 11 - Ciudades y comunidades sostenibles, cuya Meta 11.6 establece explícitamente el compromiso global de reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades de aquí a 2030, instando a prestar

especial atención a la calidad del aire urbano. La educación y la comunicación científica surgen, por tanto, como pilares indispensables para capacitar a las generaciones más jóvenes y fomentar comunidades urbanas más conscientes. Sin embargo, en las universidades, los esquemas de enseñanza convencional a menudo carecen de metodologías efectivas para conectar los contenidos teóricos con estas demandas socioambientales reales. Además, en el caso específico de la asignatura Contaminación Atmosférica (del 3º curso del Grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Salamanca), se había detectado que las actividades de evaluación continua tradicionales resultaban insuficientes para el desarrollo y consolidación de competencias transversales como habilidades de divulgación, creatividad, trabajo en equipo y compromiso ético-social.

Con el propósito de mitigar esta carencia formativa, se diseñó e implementó el proyecto de Aprendizaje-Servicio (ApS) "Divulgando sobre la calidad del aire en Salamanca: la importancia de respirar aire no contaminado", cuyos objetivos generales contemplaron, desde la perspectiva del impacto y servicio social, "Contribuir a la sensibilización y concienciación ciudadana sobre la importancia de la calidad del aire y su impacto en la salud"; y, desde la perspectiva del aprendizaje académico universitario, "Potenciar la formación integral del estudiantado del Grado en Ciencias Ambientales a través de la aplicación práctica de sus conocimientos teóricos en un entorno docente real". De esta forma, la metodología ApS permitió integrar un aprendizaje académico riguroso con la prestación de un servicio comunitario.

2. Metodología

2.1. Contexto académico y participantes

El proyecto se implementó durante el segundo cuatrimestre del curso académico (entre los meses de febrero y mayo de 2026) con una duración total de 14 semanas. Se enmarcó en la asignatura Contaminación Atmosférica, correspondiente al tercer curso del Grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Salamanca (USAL), y en él participaron 20 estudiantes voluntarios (el 50% del total de matriculados). Como reconocimiento a la carga

de trabajo, la dedicación en el proyecto se ponderó con un máximo de 2,0 puntos adicionales sobre la calificación promedio de la evaluación continua de la asignatura.

Los 20 estudiantes se organizaron de forma autónoma en seis equipos de trabajo con un tamaño variable de entre uno y cinco integrantes. La acción de Servicio involucró a aproximadamente 100 estudiantes de 1º de Bachillerato de seis Institutos de Educación Secundaria (I.E.S.) de la ciudad de Salamanca.

2.2. Diseño y desarrollo de los talleres

Cada equipo de trabajo diseñó un taller de carácter expositivo-interactivo, seleccionando una línea temática específica de la calidad del aire y adaptando conceptualmente los contenidos al nivel cognitivo de 1º de Bachillerato. Los talleres diseñados y sus respectivas áreas de enfoque fueron:

- Calima en Salamanca: el abrazo del desierto. ¿Qué es y cómo afecta a tu salud?
- Contaminación ambiental en interiores
- Inspira: la naturaleza entra en tus espacios
- Tipos de ozono y sus efectos
- Tecnologías limpias
- Líquenes como bioindicadores: los centinelas biológicos

El equipo docente del proyecto (los dos profesores de la asignatura y un profesor adicional del mismo Departamento) acompañó a los estudiantes en el proceso de preparación del material divulgativo (presentaciones, paneles, folletos) para garantizar la rigurosidad científica y actualidad de los contenidos. Además, se contó con el asesoramiento pedagógico de un educador ambiental de la Fundación Tormes-EB que orientó a los universitarios en la adaptación de contenidos y en el diseño de las actividades. Los talleres se ejecutaron presencialmente en los seis I.E.S. colaboradores, en los cursos de 1º de Bachillerato, y tuvieron una duración aproximada de 50 minutos. Metodológicamente, todos combinaron bloques de comunicación expositiva con actividades lúdicas interactivas para fomentar el aprendizaje activo.

2.3. Evaluación

Con el fin de evaluar el impacto del proyecto, tanto en términos de Aprendizaje como de Servicio, se recogieron y analizaron datos mediante encuestas individuales dirigidas a los tres colectivos implicados: estudiantes universitarios (Evaluación del Aprendizaje), estudiantes de Bachillerato (Evaluación del Servicio) y profesorado de los institutos colaboradores (percepción del Servicio). Las encuestas integraron preguntas de respuesta sí/no, preguntas de respuesta abierta, ítems de selección múltiple y escalas tipo Likert. Para la evaluación de la dimensión Aprendizaje (estudiantes universitarios), se abordaron cuestiones como la experiencia previa en proyectos ApS, la motivación inicial, la percepción en el desarrollo de competencias e intereses, la valoración global de la intervención y la recogida de propuestas de mejora para futuras ediciones. Para la evaluación de la dimensión Servicio (estudiantes y profesores de Bachillerato) se analizó la adquisición de conocimientos, el desarrollo de competencias e intereses, la valoración global del taller (impartido por pares universitarios) y nuevamente, sugerencias de mejora. Además, entre el profesorado de los institutos se evaluó la percepción de la calidad del servicio prestado y la pertinencia curricular de la actividad.

3. Desarrollo y resultados

3.1. Desarrollo del proyecto

La ejecución del proyecto se estructuró en cuatro fases (Figura 1).

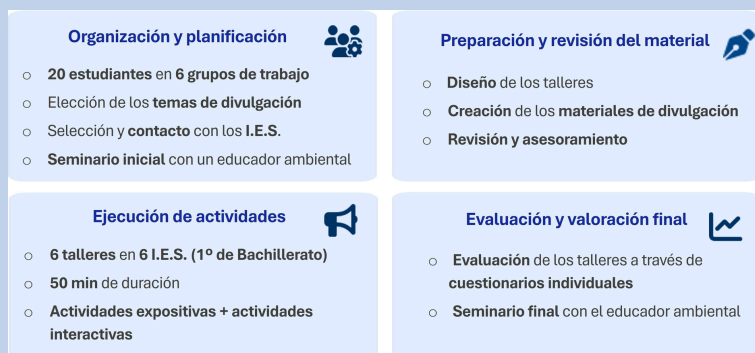


Figura 1. Fases del proyecto de Aprendizaje-Servicio

Fase 1: Organización y planificación (semanas 1-7). Durante la sesión inicial de la asignatura, el equipo docente presentó el proyecto a todos los estudiantes matriculados, estableciendo un período de dos semanas para la inscripción voluntaria del estudiantado y la constitución de los equipos de trabajo. Finalmente, se inscribieron 20 estudiantes de un total de 40 matriculados que se distribuyeron en seis equipos de trabajo. Cada equipo seleccionó una línea temática de divulgación entre las sugeridas por el profesorado o propuesta por ellos mismos. De forma simultánea, se gestionó la participación de los I.E.S. y se llevó a cabo un seminario formativo inicial coordinado por un educador ambiental de la Fundación Tormes-EB. En esta sesión, tanto el personal docente como el estudiantado universitario recibieron pautas metodológicas sobre estrategias de comunicación científica y adaptación de contenidos especializados a nivel curricular de Bachillerato.

Fase 2: Preparación y revisión del material de divulgación (semanas 5-9). En esta fase, los diferentes equipos de trabajo procedieron a la elaboración del material didáctico (presentaciones, paneles, folletos de divulgación, dinámicas de ludificación). Para ello, contaron con la tutorización y supervisión por parte de los profesores y el educador ambiental, garantizando la rigurosidad científica de los contenidos divulgados y la adecuación de la intervención al público objetivo. Para agilizar la comunicación, la resolución de dudas y la revisión de los materiales, se habilitó un curso específico dentro de la plataforma virtual de gestión de la docencia de la USAL (Studium, basada en Moodle). En este espacio, cada equipo dispuso de un foro de comunicación y de un buzón de entrega de tareas.

Fase 3: Ejecución de las actividades de divulgación (semanas 10-12). La tercera fase comprendió la ejecución de los seis talleres en seis I.E.S. de la ciudad de Salamanca. Todos ellos se llevaron en el horario lectivo de asignaturas afines como *Cultura Científica*,

Biología o Química, y se ajustaron a la duración estándar de una sesión escolar (50 minutos). El volumen de las aulas osciló entre 15 y 30 estudiantes de Bachillerato y en todas las intervenciones se contó con la presencia del profesor o profesores de instituto de la materia correspondiente y con uno o dos de los profesores de la USAL implicados en el proyecto. Metodológicamente, todos los talleres combinaron bloques expositivos (charlas, presentación de paneles y folletos) con actividades interactivas de aprendizaje como cuestionarios tipo Kahoot (en versión impresa), bingos, dinámicas de emparejamiento conceptual, etc. Cinco de los seis equipos de trabajo ejecutaron un único taller, mientras que el equipo restante se desdobló en dos para impartir la actividad de manera simultánea en dos aulas separadas.

Fase 4: Evaluación y valoración final (semanas 13-14). La fase de cierre se centró en la recogida y análisis de datos para valorar el impacto del proyecto en términos de Aprendizaje y de Servicio. Para ello, se diseñaron y pusieron a disposición de los tres colectivos implicados (estudiantes universitarios, estudiantes de Bachillerato y profesores de los I.E.S.) encuestas individuales de evaluación de la actividad. Los resultados se exponen a continuación.

3.2. Resultados de la evaluación

Evaluación de la dimensión Aprendizaje. El análisis de las respuestas proporcionadas por los estudiantes universitarios (n=17) reveló que el 94,1% no disponía de experiencia previa en proyectos basados en la metodología ApS. En lo relativo a los factores que motivaron su participación voluntaria (pregunta de opción múltiple), destacan la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura en un entorno docente real (58,8%), seguido por el incentivo de la calificación académica y por el interés en la divulgación de la ciencia (52,9% en ambos casos) (Figura 2A). En términos de desarrollo de competencias, el 88,2% afirmó haber perfeccionado sus habilidades de comunicación y divulgación científica, así como haber reforzado sus conocimientos sobre la calidad del aire y su impacto en la salud. Un 58,8% indicó que la actividad incrementó su motivación para asumir compromisos sociales y ambientales, y porcentajes menores valoraron el trabajo en equipo (47,1%) y el desarrollo de capacidades docentes (35,3%) (Figura 2B). En conjunto, valoraron la experiencia de forma muy

positiva, otorgando al aprendizaje global obtenido una calificación promedio de 4,24 sobre 5,00. Esta calificación supera de manera significativa a la que otorgaron al impacto y la utilidad social que consideran que tuvo su intervención (3,76), denotando una percepción más negativa en el servicio. Sin embargo, todos ellos recomendaron implantar la metodología ApS en otros cursos o asignaturas.

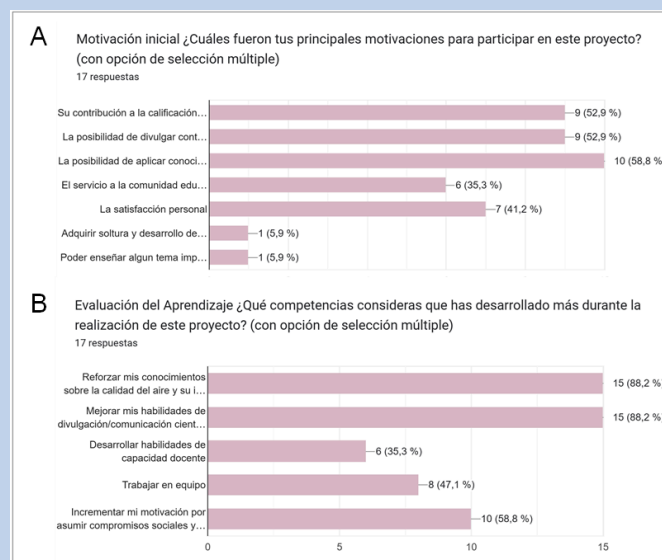


Figura 2. Evaluación de la dimensión Aprendizaje: resultados de las encuestas sobre motivación inicial (A) y desarrollo de competencias (B) realizadas al estudiantado universitario.

Evaluación de la dimensión Servicio. Entre los estudiantes de Bachillerato que respondieron a la encuesta (n=37), el 86,5% reconoció una mejora significativa en sus conocimientos sobre la calidad del aire y sus efectos tras la actividad, valorando de forma notable la transferencia de conocimiento científico. La permeabilidad hacia el cambio de actitudes a largo plazo fue, en cambio, más limitada: el 40,5% manifestó un incremento explícito en su interés por el medio ambiente, un 21,6% consideró haber estimulado su pensamiento crítico y solo un 18,9% reconoció que el taller aumentó su motivación por acceder a estudios universitarios (Figura 3A). Uno de los indicadores más sobresalientes fue la valoración del modelo pedagógico. Al ser encuestados sobre el hecho de recibir formación de manos de estudiantes universitarios en lugar de sus profesores habituales, los estudiantes de Bachillerato otorgaron una calificación promedio de 4,30 sobre 5,00, superando la valoración global promedio del taller (4,03). La continuidad del formato en cursos futuros fue respaldada por el 100% de los encuestados.

Por último, los docentes de los I.E.S. colaboradores (n=8) coincidieron con sus estudiantes al señalar que el mayor impacto de la actividad se produjo en la adquisición de conocimientos específicos sobre calidad del aire (87,5%). Sin embargo, estimaron un impacto notablemente superior al reportado por el propio estudiantado en el desarrollo de competencias transversales: el 75,0% afirmó que la actividad incrementó de manera efectiva el interés medioambiental de los jóvenes, mientras que un 37,5% consideró su contribución al desarrollo de pensamiento crítico y la estimulación de la vocación universitaria (Figura 3B). La valoración global promedio otorgada a los talleres prácticamente igualó a la reportada por sus estudiantes (4,00 sobre 5,00) y, de nuevo, todos ratificaron la conveniencia de repetir la experiencia en cursos futuros.

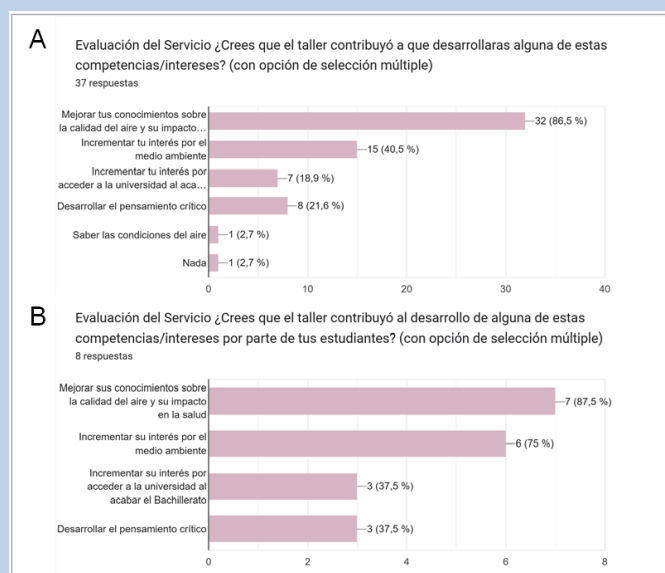


Figura 3. Evaluación de la dimensión Servicio: resultados de las encuestas sobre desarrollo de competencias realizadas al estudiantado de Bachillerato (A) y al profesorado de los I.E.S (B).

Dificultades y propuestas de mejora. Entre las dificultades encontradas y las propuestas de mejora recogidas en las encuestas, tanto el estudiantado universitario como el de Bachillerato coincidió en señalar que los talleres presentaron una densidad teórica excesiva. Por ello, para futuras ediciones se propone contraer la extensión de las ponencias teóricas e incrementar el tiempo dedicado a actividades lúdicas e interactivas, incluyendo visitas guiadas a campo o a estaciones de vigilancia de la calidad del aire. Para hacer viable esta reestructuración, y coincidiendo con las restricciones de tiempo reportadas por los tres

colectivos, se considera indispensable ampliar la duración de los talleres a dos horas. Por otro lado, una parte del estudiantado del Grado reportó la existencia de asimetrías en el reparto de tareas y nivel de implicación dentro de sus equipos de trabajo. Para ponderar de forma justa el desempeño individual, se propone incorporar una estrategia de evaluación entre iguales en la que los miembros de cada equipo valoren la implicación y el trabajo colaborativo de sus compañeros a través de rúbricas estandarizadas. Por último, el seminario final de valoración conjunta (en el que participaron el estudiantado universitario, el equipo docente de la USAL y el educador ambiental de la Fundación Tormes-EB) sirvió para contextualizar los resultados de las encuestas y poner en común algunas reflexiones esenciales:

- **Desarrollo de competencias transversales.** El estudiantado universitario valoró de forma muy positiva la posibilidad que les ofreció la actividad para adquirir experiencia en entornos educativos reales y para consolidar competencias transversales a otras disciplinas.
- **Escalabilidad.** Se concluyó que la expansión de la metodología ApS a otras asignaturas y cursos del Grado en Ciencias Ambientales reportaría beneficios curriculares y formativos a largo plazo.
- **Redefinición del impacto social.** Ante la percepción de los universitarios sobre el limitado impacto del taller en el interés ambiental de los estudiantes de Bachillerato, el educador ambiental instó a revisar dicha percepción bajo el prisma de “siembra pedagógica”, cuyo éxito se valida al activar la implicación ambiental de unos pocos estudiantes específicos en cada aula, al margen del conjunto.
- **Sostenibilidad y transferencia del conocimiento.** Como mecanismo para asegurar el impacto duradero del servicio a la comunidad escolar, se propuso la creación de un repositorio digital centralizado que compile, preserve y deje en acceso abierto todos los recursos y materiales didácticos desarrollados, para ser consultados y utilizados por los I.E.S. participantes u otros centros interesados.

4. Conclusiones

El proyecto ApS implementado ha demostrado ser una estrategia eficaz para la innovación educativa y la transferencia social del conocimiento científico en torno a la calidad del aire. Los resultados destacan la consolidación de competencias transversales, didácticas y de divulgación en el estudiantado universitario, así como la excelente receptividad del modelo pedagógico (actividades impartidas por pares universitarios en lugar de por profesores) por parte del estudiantado de Bachillerato.

Las limitaciones detectadas en torno a la excesiva densidad teórica y la limitada duración de la actividad se traducen en líneas de acción para futuras convocatorias. Así, se concluye la necesidad de ampliar la duración de los talleres a dos horas, priorizar dinámicas experimentales incluyendo salidas a campo o a estaciones de vigilancia de la calidad del aire, incorporar estrategias de evaluación entre iguales (entre los universitarios) que garanticen la equidad en el trabajo de equipo y garantizar la sostenibilidad del servicio mediante la creación y uso de repositorios digitales abiertos. Además, y para evaluar el alcance del Aprendizaje y del Servicio en base a criterios cuantitativos, se considera indispensable incluir la realización sistemática de encuestas pre-actividad a los tres colectivos implicados.

5. Bibliografía

- Giri, A. J., & Nagendra, S. M. S. (2024). Air pollution perception for air quality management: a systematic review exploring research themes and future perspectives. *Environmental Research Letters*, 19(5), 053002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad3bd0>
- Maione, M., Mocca, E., Eisfeld, K., Kazepov, Y., & Fuzzi, S. (2021). Public perception of air pollution sources across Europe. *Ambio*, 50(6), 1150-1158. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01450-5>
- Naciones Unidas. (2015). Meta 11.6: Ciudades y comunidades sostenibles. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://agenda2030lac.org/es/ods/11-ciudades-y-comunidades-sostenibles/metadatos/116>
- Oltra, C., Jorcano, A., & Sala, R. (2015). Percepción Pública de la Contaminación Atmosférica Urbana en Cuatro Ciudades Españolas. *Informes Técnicos Ciemat*, (1359).
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). Calidad del aire ambiente y salud (Datos y cifras). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Querol, X. (Coord.). (2018). La calidad del aire en las ciudades: Un reto mundial. Fundación Gas Natural Fenosa. ISBN: 978-84-09-01905-2.
- Song, W., Kwan, M. P., & Huang, J. (2024). Assessment of air pollution and air quality perception mismatch using mobility-based real-time exposure. *PLoS ONE*, 19(2), e0294605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294605>

Sostenibilidad en Química Analítica: Innovación Docente para una Evaluación Integral mediante GreenLAB

Daniel Gallart Mateu¹, Olga Pardo¹, Francesc Albert Esteve Turrillas¹, Sergio Armenta¹, Salvador Garrigues¹

¹Departamento de Química Analítica, Facultad de Química, Universitat de València. Av. Vicent Andrés Estellés 19, 46100 Burjassot, Valencia, España. daniel.gallart@uv.es.

Resumen

La sostenibilidad constituye uno de los principales retos de la educación superior en el ámbito científico-tecnológico. En particular, la Química Analítica desempeña un papel clave en la formación de profesionales capaces de desarrollar metodologías respetuosas con el medio ambiente y alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Sin embargo, la integración efectiva de los principios de la Química Analítica Verde (Green Analytical Chemistry, GAC) en las prácticas docentes universitarias continúa siendo limitada, especialmente en las asignaturas experimentales. El presente trabajo describe la implementación y evaluación del estudio de innovación docente GreenLAB, desarrollado en el Grado en Química y en el Máster Universitario en Técnicas Experimentales en Química de la Universitat de València.

El estudio tuvo como finalidad promover la adquisición de competencias relacionadas con la sostenibilidad mediante metodologías activas y participativas, incorporando herramientas de evaluación ambiental aplicadas directamente a las prácticas de laboratorio. Para ello, se diseñaron encuestas diagnósticas iniciales y finales, actividades de aprendizaje basado en proyectos y el uso de softwares libres como AGREE, AGREE-Prep, GAPI y BAGI para evaluar la sostenibilidad de los métodos analíticos empleados por el alumnado.

Los resultados obtenidos muestran una elevada participación del estudiantado, así como una mejora significativa en la conciencia ambiental, el conocimiento de los principios de la GAC y la capacidad de proponer acciones correctivas orientadas a incrementar la sostenibilidad de las metodologías analíticas. Asimismo, el estudio

favoreció la implicación activa del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje, fomentando competencias críticas, reflexivas y colaborativas. Finalmente, se concluye que GreenLAB constituye una experiencia innovadora, transferible y alineada con los retos actuales de la educación universitaria, ofreciendo un modelo replicable para integrar la sostenibilidad en la formación experimental de las Ciencias Químicas.

Introducción

La química, como disciplina científica, ha jugado un papel crucial en el avance y bienestar de la humanidad en las últimas décadas. La innovación en el campo de la Química ha conducido a una utilización más eficiente de los recursos energéticos, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, al aprovechamiento de residuos y al desarrollo de materiales sostenibles y prácticas comerciales transparentes. Sin embargo, es importante reconocer que, en las últimas décadas, la industria química ha enfrentado desafíos significativos relacionados con problemas ambientales que han impulsado una reflexión profunda sobre los impactos de la actividad química en la salud y el medio ambiente, evolucionando hasta lo que a día de hoy se denomina Química Verde, que surge como un enfoque continuo para abordar los problemas potenciales asociados con productos y procesos químicos. Hoy en día, la implementación de los principios de la Química Verde se considera una herramienta poderosa para avanzar hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas, 2015).

En el ámbito analítico, la adecuación de los principios de la Química Verde ha desembocado en la Química Analítica Verde (Green Analytical Chemistry, GAC), que centra su atención en la repercusión ambiental de los métodos analíticos como respuesta a la creciente demanda social de metodologías rápidas, precisas, selectivas y sensibles, teniendo en cuenta, además, su sostenibilidad. No obstante, en muchos casos su aplicación no trasciende más allá del ámbito investigador y no suele calar con profundidad en las prácticas docentes. No obstante, si pretendemos formar futuros profesionales capaces de afrontar con solvencia problemas sobre sostenibilidad, debemos continuar adaptando los contenidos de las asignaturas o bien rediseñar los contenidos y la metodología docente en torno a la sostenibilidad.

En este sentido, la principal tarea educativa debe incluir transmitir un mensaje claro que arroje luz sobre el papel de la Química y en concreto de la Química Analítica, no como parte del problema sino como parte fundamental en la solución (de la Guardia et al., 2012). La educación en el mundo académico debe tener como desafío transformar las prácticas docentes, desde el contenido de las lecciones teóricas hasta las prácticas de laboratorio (de la Guardia et al., 2012) de tal forma que el estudiantado pueda desarrollar en un futuro su labor habiendo aprendido a minimizar el impacto ambiental de su trabajo (Kanchi, 2014). Así pues, modificar este paradigma de la Química, y en concreto, de la Química Analítica debería suponer la formación del alumnado en la evaluación de parámetros de sostenibilidad asociados a las metodologías analíticas empleadas y no sólo al estudio de las propiedades analíticas básicas. Este hecho supone dotar al estudiantado de nuevas competencias específicas, aumentando la seguridad e higiene en el laboratorio y reduciendo el uso de reactivos, energía, disolventes y la descontaminación de los residuos analíticos sin afectar a los contenidos, los objetivos o los resultados de aprendizaje (Plotka-Wasyłka et al., 2021).

Con motivo de esta minimización del impacto medioambiental de la Química Analítica, en los últimos años se han desarrollado distintas herramientas con este fin. Las herramientas para evaluar la sostenibilidad en Química Analítica son enfoques que buscan medir y mejorar la sostenibilidad de los procesos analíticos en términos de impacto ambiental, económico y social (Kanchi, 2014). Entre ellas, cabe destacar el desarrollo de herramientas de evaluación como pueden ser: New Analytical Procedure Index, GAPI (Plotka-Wasyłka et al., 2018), Complementary green analytical procedure index, ComplexGAPI (Plotka-Wasyłka et al., 2021), AGREE-Analytical GREENness Metric Approach (Pena-Pereira et al., 2020), AGREEprep-Analytical greenness metric for sample preparation (Wojnowski et al., 2022) o Blue Applicability Grade Index, BAGI (Manousi et al., 2023). Todas ellas constituyen diferentes herramientas de evaluación de la sostenibilidad diseñada específicamente para la Química Analítica empleando softwares libres, centrándose en la evaluación de diferentes aspectos de la sostenibilidad, como el uso de recursos, la generación de residuos, la eficiencia energética y los impactos ambientales. En este sentido, estas herramientas utilizan una serie de indicadores para evaluar el desempeño de un método analítico en términos de sostenibilidad y proporciona recomendaciones para mejorar su impacto atendiendo a los doce principios de la GAC (Galuzska et al., 2013).

Dado que experiencia docente nos indica que la implicación del alumnado se traduce, en la mayoría de los casos, en una motivación del mismo, para mejorar su implicación, sería necesario plantear que éste adquiriera un papel fundamental en la implementación de propuestas de mejora en las prácticas docentes y en la evaluación de la sostenibilidad tras la aplicación de las herramientas comentadas anteriormente. El efecto de dicha enseñanza podría ser una nueva generación de químicos conscientes de la necesidad de un compromiso ético entre el medio ambiente y la sociedad (de la Guardia et al., 2012).

En este contexto, los principales objetivos de GreenLab fueron, previa la evaluación de los conocimientos del alumnado sobre sostenibilidad, ODS y GAC, la aplicación de los criterios de evaluación de la sostenibilidad mediante herramientas específicas de la GAC en las prácticas de laboratorio que cursa el alumnado y su participación activa en la elaboración de propuestas de mejora para incrementar la sostenibilidad de las metodologías analíticas para su implementación en futuros cursos. A través de esta experiencia se ha buscado consolidar una cultura de sostenibilidad en la enseñanza experimental de la Química Analítica, favoreciendo la formación de profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible y capaces de aplicar criterios ambientales en su futura actividad científica y laboral.

Desarrollo

Etapas 1: Contexto de aplicación de GreenLab

GreenLAB se desarrolló durante el curso académico en diversas asignaturas prácticas pertenecientes al Grado en Química y al Máster Universitario en Técnicas Experimentales en Química de la Universitat de València. Las asignaturas implicadas fueron Laboratorio de Química Analítica I (Cod. 34231), Laboratorio de Química Analítica II (Cod. 34232), Laboratorio de Análisis Instrumental Aplicado (Cod. 36459), Laboratorio de Análisis de Alimentos (Cod. 47142) y Laboratorio de Análisis Medioambiental (42936).

La propuesta se dirigió a estudiantes de diferentes niveles formativos, permitiendo analizar la evolución de la percepción y conocimiento de la sostenibilidad desde los primeros cursos del grado hasta los estudios de máster. Esta diversidad de perfiles favoreció además la transferencia de resultados y la identificación de necesidades formativas comunes. El diseño metodológico del estudio se basó en la combinación de aprendizaje basado en proyectos, flipped classroom y metodologías activas centradas en el estudiante. Todo ello per-

mitió fomentar la autonomía del alumnado y su implicación en el análisis crítico de las metodologías analíticas utilizadas en el laboratorio

Etapas 2: Evaluación inicial de conocimientos y percepción sobre sostenibilidad

La segunda etapa se orientó a diagnosticar el nivel de conocimiento previo del alumnado respecto a los ODS, la Química Analítica Verde y las herramientas de evaluación de sostenibilidad. Para ello se diseñó una encuesta digital mediante Google Forms titulada “Encuesta previa Química Analítica Verde”.

El cuestionario incluyó preguntas relacionadas con:

- Asignaturas cursadas y formación previa: identificación de la asignatura actual y si se ha recibido formación sobre gestión de residuos en el laboratorio.
- Conocimiento sobre los ODS: evaluación del grado de familiaridad con los ODS y su relación con la actividad en el laboratorio.
- Introducción a la Química Verde (GC) y a la GAC: preguntas sobre el conocimiento teórico y práctico de la GAC.
- Relación entre la Química Analítica y los ODS: percepción del alumnado sobre la contribución de esta disciplina a la sostenibilidad.
- Herramientas de evaluación de sostenibilidad: identificación de herramientas como Green Certificate, AGREE, GAPI, entre otras.
- Aplicabilidad en el entorno profesional y académico: valoración sobre la posibilidad de aplicar estos conocimientos para desarrollar prácticas más sostenibles en el futuro profesional y en las prácticas de laboratorio actuales.

Las preguntas que constituyeron el cuestionario fueron mayoritariamente de opción única (tipo “selecciona la respuesta apropiada”), con algunas de selección múltiple, lo que permitió obtener datos cuantitativos fácilmente analizables. Además, se incluyeron preguntas obligatorias para asegurar la completitud de las respuestas.

Etapas 3: Implementación de herramientas de evaluación de sostenibilidad

La tercera etapa se centró en la aplicación práctica de herramientas de evaluación de sostenibilidad durante las sesiones de laboratorio. Para ello, el profesorado introdujo al alumnado en el uso de diferentes softwares libres desarrollados en el contexto de la Química Analítica Verde.

Entre las herramientas utilizadas destacaron:

- AGREE (Analytical GREENness Metric Approach).
- AGREE-Prep.
- GAPI (Green Analytical Procedure Index).
- BAGI (Blue Applicability Grade Index).
- Green Certificate.

Estas herramientas permiten evaluar diferentes parámetros relacionados con la sostenibilidad de las metodologías analíticas, considerando aspectos como:

- Consumo de reactivos químicos.
- Generación de residuos.
- Toxicidad de los compuestos utilizados.
- Consumo energético.
- Seguridad del procedimiento.
- Automatización y miniaturización.
- Impacto ambiental global.
- Una vez realizadas las prácticas del laboratorio, el alumnado seleccionó una metodología analítica y procedió a evaluar su sostenibilidad utilizando las herramientas indicadas. El análisis se llevó a cabo empleando datos experimentales reales obtenidos durante las sesiones prácticas.
- La utilización de softwares libres facilitó la integración de tecnologías digitales en el proceso de aprendizaje, permitiendo además que el alumnado pudiera instalar y utilizar estas herramientas en sus propios dispositivos para futuras actividades académicas o profesionales.

Etapas 4: Metodologías activas y participación del alumnado

Uno de los elementos centrales de GreenLAB fue la participación activa del alumnado en la identificación de problemas y en la propuesta de

soluciones orientadas a mejorar la sostenibilidad de las prácticas de laboratorio. Tras la evaluación de las metodologías analíticas, el estudiantado elaboró propuestas de mejora relacionadas con:

- Sustitución de reactivos por alternativas menos tóxicas.
- Reducción de volúmenes de disolventes.
- Disminución del consumo energético.
- Optimización de tiempos experimentales.
- Rediseño de prácticas para minimizar residuos.
- Inclusión de criterios de sostenibilidad en los sistemas de evaluación.

Estas propuestas fueron discutidas conjuntamente con el profesorado y documentadas como parte de las actividades evaluables de las asignaturas. La dinámica favoreció el pensamiento crítico y la reflexión sobre el impacto medioambiental de la actividad experimental.

Así mismo, el empleo de una metodología basada en proyectos permitió además fomentar competencias transversales relacionadas con el trabajo colaborativo, la toma de decisiones y la resolución de problemas complejos.

Etapas 5: Evaluación de resultados e impacto educativo

Como resultado de la realización de la encuesta previa, se obtuvo una participación del 99% del alumnado matriculado en los grupos de trabajo de las diversas asignaturas implicadas en este estudio. Así mismo, se pudo observar que, a medida que se avanza en el proceso de formación universitario, desde los primeros cursos del Grado en Química hasta los estudios de Máster, existe una concienciación creciente de la repercusión de las actividades realizadas en las propias titulaciones en tanto en cuanto a la sostenibilidad e impacto medioambiental de las mismas.

No obstante, y como era de esperar pese a existir esa concienciación, el nivel de conocimiento respecto a los ODS, Química Verde, GAC y herramientas para evaluar el impacto de las actividades químicas suele ser bajo y requiere de una labor por parte del profesorado para su instrucción y formación.

Este diagnóstico inicial puso de manifiesto la necesidad de incorporar actividades formativas específicas relacionadas con la sostenibilidad en el ámbito experimental de la Química Analítica. Por otra parte, una vez finalizada la segunda y

tercera etapas, la evaluación del impacto del estudio se realizó mediante cuestionarios finales de satisfacción y análisis de las propuestas elaboradas por el alumnado. La Tabla 1 indica el cuestionario post realizado por el alumnado.

P1	¿Qué asignatura acabas de cursar?			
	Laboratorio QA I	Laboratorio QA II	Lab. Análisis Alimentos	Lab. Análisis Medioambiental
P2	¿Has recibido formación durante el curso respecto a la Química Analítica Verde y sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible?			
	Sí, en ambos casos	No, solo de GAC	No, solo de ODS	No, ninguna de las dos
P3	¿Conoces, aunque sea de forma teórica, que son los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?			
	Sí, cada uno de ellos	Sí, aunque no los recuerdo	Creo que sí	No
P4	La gestión de residuos en el laboratorio está relacionada con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)			
	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
P5	¿Consideras que los contenidos de la asignatura que has cursado están relacionados con los ODS?			
	Sí, están relacionados	Sí, están ligeramente relacionados	No	No estoy segur@
P6	Con la información que has recibido durante la asignatura, ¿consideras que la Química Analítica puede contribuir al logro al logro de los ODS?			
	Sí, de forma notable	Sí, pero es poco relevante	Sí, pero el proceso es muy complejo	No
P7	¿Has aplicado la evaluación de la sostenibilidad propuesta por la Química Analítica Verde a alguna de las metodologías analíticas que has empleado?			
	Sí	No		
P8	¿Encuentras relación entre los criterios expuestos por la Química Analítica Verde y los ODS?			
	Sí, están interconectados	No, no les veo relación		
P9	¿Qué herramientas para evaluar la sostenibilidad propuestas por la Química Analítica Verde has empleado durante el transcurso de la asignatura?			
	NEMI	Green certificate	AGREE	AGREEprep
	GAPI complex	BAGI	WAC	Otras
P10	Si has aplicado alguna de estas herramientas de evaluación, ¿consideras útil su implementación en las prácticas de la carrera?			
	Sí	No	A veces	NS/NC
P11	¿Cuál de las herramientas de la evaluación de la sostenibilidad propuestas por la Química Analítica Verde consideras que puede ser más útil en un futuro?			
	Todas	Solo las cuantitativas	Solo las cualitativas	Ninguna, no son útiles
P12	¿Has aprendido estrategias por las que puedes aumentar la sostenibilidad en el trabajo experimental que crees que puedas realizar en un futuro?			
	Miniaturización	Automatización	Reactivos y disolventes	
	Minimización de residuos	Seguridad	Consumo energético	
P13	¿Qué propuestas de mejora de la sostenibilidad podrías proponer teniendo en cuenta lo que has aprendido a lo largo de la asignatura que has cursado?			
	Respuesta libre			

Tabla 1. Cuestionario post-laboratorio empleado en el estudio.

El análisis de dicho cuestionario mostró resultados altamente positivos. La participación en las actividades de mejora de sostenibilidad alcanzó el 100 % del alumnado implicado, mientras que el 93 % respondió a las encuestas finales de satisfacción. Entre los principales resultados destacó que el 100 % del alumnado consideró interesante la actividad relacionada con los ODS y la GAC, mientras que el 86 % manifestó que la aplicación de criterios de sostenibilidad podría permitir desarrollar un trabajo más sostenible desde el punto de vista medioambiental. Finalmente, el 100 % consideró que la GAC puede contribuir al logro de los ODS. Además, se observó una mejora significativa en la capacidad del alumnado para identificar aspectos críticos relacionados con la sostenibilidad de las metodologías analíticas y proponer acciones correctivas viables, ver Figura 1.

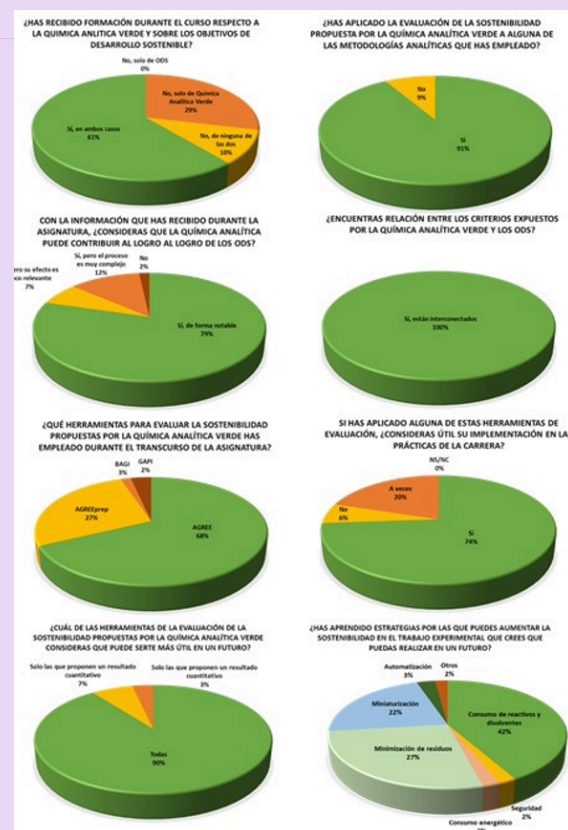


Figura 1. Algunos resultados obtenidos para la encuesta post aplicación del estudio Greenlab.

Desde el punto de vista docente, GreenLab favoreció la incorporación de nuevas estrategias metodológicas y herramientas digitales aplicables a otras asignaturas experimentales, definida como cuarta etapa. Asimismo, permitió establecer un canal de retroalimentación entre profesorado y alumnado orientado a la mejora continua de las prácticas docentes. En este sentido, la Figura 2 indica, a modo de ejemplo, la evaluación previa y la evaluación posterior de tres prácticas de laboratorio junto con las propuestas de mejora realizadas por parte del alumnado incluidas en el informe de laboratorio empleado para evaluar la asignatura.

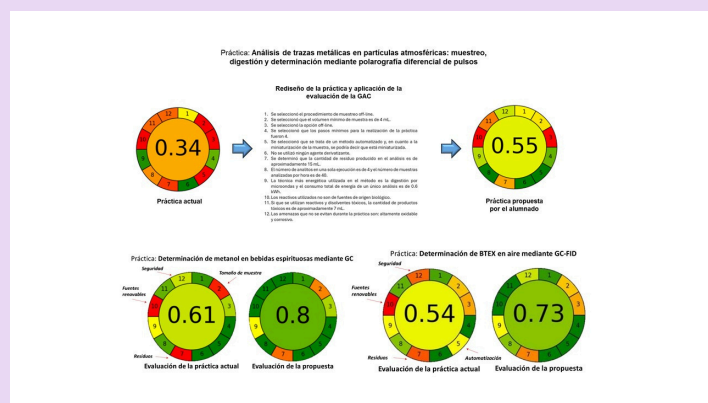


Figura 2. Evaluación previa y la evaluación posterior de tres prácticas de laboratorio junto con las propuestas de mejora realizadas por parte del alumnado incluidas en el informe de laboratorio.

Como se puede observar, en todos los casos los alumnos fueron capaces de rediseñar las experiencias propuestas en las prácticas de los laboratorios atendiendo a los criterios aprendidos a partir de la GAC, aumentando la sostenibilidad de las prácticas realizadas.

Conclusiones

GreenLAB ha demostrado que la integración de la sostenibilidad en las prácticas docentes de Química Analítica es posible, necesaria y altamente beneficiosa para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La incorporación de herramientas de evaluación de sostenibilidad, junto con metodologías activas

centradas en la participación del alumnado, ha favorecido el desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento crítico, la conciencia ambiental y la resolución de problemas complejos.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en el conocimiento y percepción del alumnado respecto a la Química Analítica Verde y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Asimismo, la participación activa en la elaboración de propuestas de mejora ha permitido consolidar una actitud propositiva y comprometida con la sostenibilidad. Desde el punto de vista docente, GreenLAB ha supuesto una experiencia innovadora alineada con los retos actuales de la educación superior y con las demandas de formación de profesionales responsables y comprometidos con el medio ambiente.

Además, la utilización de softwares libres y herramientas digitales ha facilitado la transferencia del estudio a otros contextos educativos, favoreciendo su escalabilidad y replicabilidad. No obstante, la consolidación de este tipo de iniciativas requiere apoyo institucional, formación continua del profesorado y una integración progresiva de la sostenibilidad en los planes de estudio universitarios.

En definitiva, GreenLAB constituye un modelo de innovación docente transferible y adaptable a otras disciplinas experimentales, capaz de contribuir de manera significativa a la formación de una nueva generación de profesionales de la Química comprometidos con el desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Vicerectorado de Ocupación y Programas Formativos de la Universitat de València por la financiación a través del proyecto de innovación docente UV-SFPIE_PIEE-3327240.

Bibliografía

- de la Guardia, M., & Garrigues, S. (2012). Education in green analytical chemistry. In Handbook of Green Analytical Chemistry. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119940722.ch2>.
- Gałaszka, A., Migaszewski, Z., & Namieśnik, J. (2013). The 12 Principles of Green Analytical Chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. Trends in Analytical Chemistry, 50, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.04.010>.
- Kanchi, S. (2014). Applications and education of green analytical chemistry. Organic Chemistry: Current Research, 3. <https://doi.org/10.4172/2161-0401.S1.005>.
- Manousi, N., Wojnowski, W., Płotka-Wasyłka, J., & Samanidou, V. (2023). Blue applicability grade index (BAGI) and software: a new tool for the evaluation of method practicality. Green Chemistry, 25, 7598. <https://doi.org/10.1039/D3GC02347H>.
- Naciones Unidas (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/#>.
- Pena-Pereira, F., Wojnowski, W., & Tobiszewski, M. (2020). AGREE-Analytical GREENness Metric Approach and Software. Analytical Chemistry, 92(14), 10076-10082. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01887>.
- Płotka-Wasyłka, J. (2018). A new tool for the evaluation of the analytical procedure: Green Analytical Procedure Index. Talanta, 181, 204-209. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.01.013>.
- Płotka-Wasyłka, J., Mohamed, H. M., Kurowska-Susdorf, A., Dewani, R., Fares, M. Y., & Andruch, V. (2021). Green analytical chemistry as an integral part of sustainable education development. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 31, 100508. <https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2021.100508>.
- Płotka-Wasyłka, J., & Wojnowski, W. (2021). Complementary green analytical procedure index (ComplexGAPI) and software. Green Chemistry, 23, 8657. <https://doi.org/10.1039/D1GC02318G>.
- Wojnowski, W., Tobiszewski, M., Pena-Pereira, F., & Psillakis, E. (2022). AGREEprep – Analytical greenness metric for sample preparation. Trends in Analytical Chemistry, 149, 116553. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116553>.

Inteligencia artificial generativa para los procesos de aprendizaje significativo en Química Analítica

Clarisa Cienfuegos^{1*}, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites^{2,3}

¹Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.

²Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Calle Juan de Quesada, 30, 35001, Las Palmas, España

³Colegio y Asociación de Químicos de Galicia, España

*e-mail: clarisacien@yahoo.com.ar

Resumen

En la búsqueda de herramientas que nos permitan mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el laboratorio químico, especialmente en aquellos temas que son percibidos por lo estudiantes como más desafiantes y asociados a números pasos de procesos de ejecución, complejas y variadas reacciones químicas, posibilidad de confusión procedimentales que generen contaminación y/o pérdida de material. En esta oportunidad indagamos en la utilización de inteligencia artificial generativa, dentro del marco del aprendizaje significativo, para el dictado del trabajo práctico (TP) de determinación experimental gravimétrica de níquel a partir de una aleación, en la asignatura universitaria Química Analítica I.

Introducción

El aprendizaje significativo (AS) de Ausubel [1], postula que el aprendizaje ocurre cuando una nueva información se conecta de manera no arbitraria y sustancial con los conocimientos previos que el estudiante ya posee en su estructura cognitiva, requiere que el material sea lógico y no arbitrario, que el sujeto tenga ideas previas relevantes que le sirvan de anclaje y un interés propio para realizarlo. A diferencia del aprendizaje mecánico, el cual implica un almacenamiento literal y arbitrario sin comprensión, sin retención y de pronto olvido. Por lo tanto el AS genera así una modificación en la estructura cognitiva del estudiante incorporando información nueva conectada con las ideas previas, provocando un entendimiento profundo y un aprendizaje duradero.

Existen tres tipos principales de aprendizaje significativo: aprendizaje de representaciones (asignar significados a símbolos), aprendizaje de conceptos (asimilar situaciones u objetos designados por un mismo signo), y aprendizaje de proposiciones (adquirir significados mediante la combinación de palabras). La subsunción es el mecanismo mediante el cual la nueva información se integra en la estructura cognitiva ya existente.

Para que ocurra el AS son necesarias algunas condiciones fundamentales: (1) el material debe ser potencialmente significativo (no arbitrario), (2) el estudiante debe contar con conocimientos previos relevantes en su estructura cognoscitiva y tener una disposición favorable para que suceda.

Por lo tanto para que ocurra el AS, debe existir una condición fundamental en cuanto a la disposición del estudiante para que ocurra. En este sentido, en esta oportunidad indagamos en la utilización de Inteligencia artificial generativa (IAG) como herramienta para generar una infografía. Con el objetivo de generar un recurso didáctico motivador que favorezca el aprendizaje con significado en el estudiante, que nos permitan mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el laboratorio químico, especialmente en aquellos temas que son percibidos por lo estudiantes como más desafiantes y asociados a números pasos de procesos de ejecución, complejas y variadas reacciones químicas, posibilidad de confusión, dificultad de comprensión y de retención, errores procedimentales que generen contaminación y/o pérdida de material. Los cuales puede generar en los estudiantes bajo rendimiento académico, números ciclos de recursado, abandono de la

cursada, incluso de la carrera. Es por lo tanto que en este trabajo nos abocamos a la búsqueda de una mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La infografía es una herramienta visual ideal para facilitar los tres tipos de aprendizaje significativo de la citada teoría de Ausubel, debido a que integra símbolos, conceptos y proposiciones en una sola estructura coherente que se conecta con los conocimientos previos del estudiante [3, 4]. A continuación, en la tabla N° 1 se presenta su relación con cada tipo de aprendizaje.

Tipo de aprendizaje	Rol de la infografía como facilitador
Aprendizaje de representaciones (asignar significados a símbolos)	La infografía usa iconos, flechas y colores como símbolos visuales que el lector asocia directamente con sus referentes (objetos, eventos o ideas). Ocurre cuando se asocia un símbolo (palabra, dibujo o sonido) con un objeto o concepto de la realidad. El símbolo pasa a significar ese objeto.
Aprendizaje de conceptos (asimilar situaciones/objetos designados por un mismo signo)	Agrupar visualmente elementos con atributos comunes bajo categorías o etiquetas únicas. Las secciones agrupadas por color o marco permiten identificar regularidades (ej.: todos los ítems con fondo azul pertenecen a la misma categoría conceptual).
Aprendizaje de proposiciones (adquirir significados mediante combinación de palabras)	Presenta ideas completas mediante la combinación de textos breves más elementos visuales, donde el significado resultante es mayor que la suma de las partes. Las flechas que conectan conceptos muestran relaciones causales o jerárquicas, creando proposiciones visuales.

Tabla N° 1: Relación de la infografía con cada tipo de aprendizaje significativo.

Resumen

En esta oportunidad indagamos en la utilización de Inteligencia Artificial generativa, dentro del marco del Aprendizaje Significativo [1], para el dictado del trabajo práctico de determinación experimental gravimétrica de níquel a partir de una aleación [5], en la asignatura universitaria Química Analítica I (QAI) para las carreras de Bioquímica, Farmacia, Licenciatura en Química de nuestra facultad.

La IAG se basa en modelos de aprendizaje automático (machine learning) y procesamiento de lenguaje natural (NLP) para transformar entradas, como texto o datos, en contenido visual nuevo y original, es capaz de generar contenidos de forma automática en respuesta a instrucciones precisas escritas en interfaces conversacionales, conocidas como prompts [6]. Para lo cual hemos realizado el análisis, diseño, generación, corrección y rediseños de input o prompt específico el cual hemos introducido en la IAG, en este caso NotebookLM de la plataforma Google. La cual a diferencia de chatbots generales, se especializa en responder preguntas basándose exclusivamente en las fuentes proporcionadas por el usuario, lo que reduce las "alucinaciones" y aumenta la precisión [7]. En este input o prompt tuvimos que trabajar detalladamente y en varios ciclos de iteración, debido a que la IAG cometía errores en su generación sobre todo del tipo conceptual, lo hicimos hasta obtener un resultado sin error, el cual se muestra en la figura N° 1. Así hemos obteniendo la generación de una infografía específica, la cual aplicamos a los procesos de enseñanza y aprendizaje direccionados a la realización experimental por parte de los estudiantes en el laboratorio de QAI del TP Gravimetría. Se puede observar en la figura siguiente.



Figura N° 1: Infografía obtenida.

Luego de finalizada la experiencia de laboratorio les ofrecimos una encuesta optativa a los estudiantes y obtuvimos los siguientes resultados: el 95 % indicó que las infografías le facilitó la comprensión, el estudio y la síntesis de este tema; el 93 % indicó que le ahorró tiempo de estudio, el 96% indicó que el aprendizaje le resultó más ameno, el 98% indicó que lo visual le simplificó los números pasos y las reacciones químicas complejas del proceso de ejecución y el 99% indicó que experimento sensación agradable al trabajar con las infografías. Asimismo, observamos una disminución de un 33 % del tiempo de ejecución por parte de los estudiantes para llegar al objetivo del TP y un incremento de un 60 % de los aprobados respecto de ciclos anteriores sin infografía como recurso didáctico. Los cuales se representan en la siguiente tabla.

Indicador detectados en los estudiantes al utilizar la infografía generada	Porcentaje
Facilitaron la comprensión, el estudio y la síntesis del tema	95%
Ahorraron tiempo de estudio	93%
Hicieron el aprendizaje más ameno	96%
Lo visual simplificó números, pasos y reacciones químicas complejas	98%
Generaron sensación agradable al trabajar con las infografías	99%
Disminución del tiempo de ejecución para alcanzar el objetivo del TP	33%
Incremento de aprobados respecto a ciclos anteriores sin infografía	60%

Tabla N° 2: Indicadores detectados.

Conclusiones

Por lo tanto inferimos que los estudiantes valoran positivamente las infografías generadas específicamente para este trabajo por IAG. Observamos una mejora en los procesos del AS en QAI y una relación alentadora entre las infografías y la neurociencia [8]. Estos resultados favorables nos llevan a continuar investigando estrategias didácticas en este fructífero campo de la IA aplicada a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Bibliografía

- [1] Ausubel, D.P. (1976). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México, Editorial Trillas. Traducción al español de Roberto Helier D., de la primera edición de Educational psychology: a cognitive view.
- [3] Díaz-López, M. M. (2021). Aprendizaje significativo de bioseguridad a través de infografías interactivas. Educación Médica Superior, 35(2).
- [4] Olguín Guzmán, P. V. (2025). Infografía en la enseñanza aprendizaje. Uno Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1, 7(14), 14–15.
- [5] Skoog, D. A.; Holler, F. J.; Crouch, S. R.; West, D. M. Fundamentos de Química Analítica. México, 2015.
- [6] Holmes, Wayne y Fengchun Miao. Guidance for generative AI in education and research. Unesco, (2023).
- [7] Google, NotebookLM, (2026). <https://notebooklm.google/>
- [8] Nedergaard, J., Skewes, J. C., & Wallentin, M. "Stay focused!": The role of inner speech in maintaining attention during a boring task. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 49.4 (2023): 451.

“Visita tu Campus de Ferrol” y “Jornadas de Puertas Abiertas”. Contribución del Laboratorio de Química de la EPS al Desarrollo de Dichas Actividades

J. M. Fernández¹; M. J. Rodríguez¹; E. González¹; S. Fernández²; J. M. Castro¹
Departamento¹ y Laboratorio² de Química. Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF). Universidade da Coruña (UDC). 15403 Ferrol (A Coruña)

Resumen

El presente trabajo trata acerca de las actividades realizadas por el profesorado de Química de la EPS, excluidas las de docencia reglada e investigación científico-técnica, haciendo especial hincapié en las relacionadas con la divulgación de sus titulaciones, con la finalidad de captación de nuevo alumnado.

1 Introducción

El Área de Química Analítica de la Universidad de A Coruña ha impartido las asignaturas: “Química” y “Química I” de las titulaciones de Ingeniería Naval y Oceánica y de Ingeniería Industrial, respectivamente, desde la creación de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de Ferrol, el curso 1991-92, hasta el 2009-10 [1,2]. Al mismo tiempo, la materia “Química II” del título de Ingeniería Industrial fue impartida por el Área de Ingeniería Química.

Durante el curso 2010-11 se implantaron los Grados en Ingeniería en Tecnologías Industriales y en Ingeniería Mecánica. En ambos Grados, el curso citado y los siguientes, se impartió “Química”, compartiendo la docencia entre las dos Áreas de conocimiento citadas [3,4].

En el mismo curso tuvo lugar la implantación de los Grados en Arquitectura Naval y en Ingeniería en Propulsión y Servicios del Buque. En estos títulos, del ámbito de la Ingeniería Naval y Oceánica, el Área de Química Analítica también impartió la asignatura “Química” [5,6].

Asimismo, el profesorado de las dos Áreas citadas ha contribuido y participado en el desarrollo de las actividades de la EPS que, a continuación, se indican:

1º) Tutorización, en la Etapa de Formación en Centros de Trabajo, de alumnado de Formación Profesional de Primer grado (FP1), durante los cursos 2002-03 a 2004-05.

2º) Plan de Acción Tutorial (PAT), los cursos académicos 2009-10 a 2017-18.

3º) Programa de Becarios de Formación Complementaria de la Universidad de A Coruña, los cursos: 2010-11, 2012-13, 2013-14, 2015-16 y 2018-19, [7].

4º) Dirección de dos proyectos fin de carrera (PFC), un trabajo de fin de grado (TFG) y un trabajo de fin de máster (TFM), los años 2004, 2011, 2016 y 2017.

5º) Impartición de la materia de libre elección de la Oferta General: “Técnicas de Análisis y sus Aplicaciones”, los cursos 2003-04 a 2011-12.

6º) Participación en Comisiones delegadas de la Junta de la EPS: Convalidaciones, Biblioteca y Normalización Lingüística, entre 1992 y 2021.

7º) Desempeño de cargos académicos: subdirector-jefe de estudios de octubre de 1991 a abril de 1993 y secretario, desde abril de 1993 hasta octubre de 1995.

8º) Revisión y divulgación de disposiciones legales y anuncios de interés para la comunidad universitaria del Centro, publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE) y en el Diario Oficial de Galicia (DOG), desde 1995 a 2021.

9º) Divulgación de las titulaciones de Grado: actividad “Visita tu Campus de Ferrol”, durante los años 2015, 2016 y 2017; actividad “Jornadas de Puertas Abiertas”, celebradas los años 2018, 2019 y 2021.

El presente trabajo, cuyo avance fue presentado en un congreso [8], describe las actividades relacionadas en el punto 9º).

El Laboratorio de Química recibió a grupos de alumnos/as de Enseñanza Secundaria Obligatoria o de Bachillerato, acompañados de algunos/as de sus profesores/as.

En primer lugar, se les enseñó el Laboratorio y, especialmente, su material de trabajo y los equipos o instrumentos propios.

Seguidamente, en el tiempo destinado a la visita, se realizaron algunos experimentos sencillos dentro de los ámbitos de la Química Inorgánica y de la Química Orgánica.

2.1. Química Inorgánica

En este apartado se llevaron a cabo varias experiencias, que incluyen cuatro tipos de reacciones:

Ácido-base,

Precipitación,

Formación de complejos,

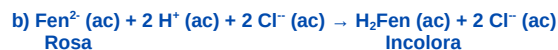
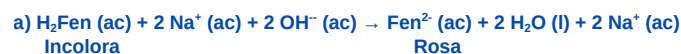
Oxidación-reducción (redox).

2.1.1. Reacciones ácido- base

a) A una disolución incolora de hidróxido de sodio, se le añade disolución de fenolftaleína, apareciendo una coloración rosa.

b) A continuación, a dicho sistema, se le agrega disolución de ácido clorhídrico hasta desaparición del color, formándose una nueva disolución incolora [9].

Representando la fenolftaleína por H_2Fen , las reacciones que tendrían lugar serían:

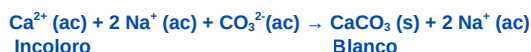


2.1.2. Reacciones de precipitación

Las reacciones que se indican a continuación, se emplean para la identificación de iones [10]:

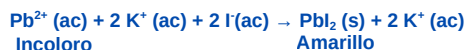
2.1.2.1. Identificación del ion $\text{Ca}(\text{II})$:

A una disolución del ion $\text{Ca}^{(II)}$ se le añade disolución de carbonato de sodio, obteniéndose un precipitado blanco de carbonato de calcio:



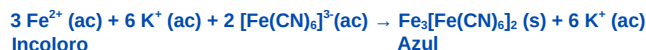
2.1.2.2. Identificación del ion Pb (II):

A una disolución del ion $\text{Pb}(\text{II})$ se le añade disolución de yoduro de potasio, obteniéndose un precipitado amarillo de yoduro de plomo (II):



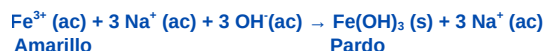
2.1.2.3. Identificación del ion Fe (II):

A una disolución del ion Fe (II) se le añade disolución de ferricianuro de potasio, obteniéndose un precipitado azul de ferricianuro de hierro (II):



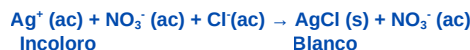
2.1.2.4. Identificación del ion Fe (III):

A una disolución del ion Fe (III) se le añade disolución de hidróxido de sodio, obteniéndose un precipitado pardo de hidróxido de hierro (III):



2.1.2.5. Identificación del ion cloruro (Cl^-):

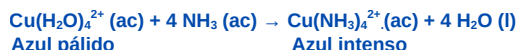
A una disolución del ion cloruro se le añade disolución de nitrato de plata, obteniéndose un precipitado blanco de cloruro de plata:



2.1.3. Reacciones de formación de complejos

2.1.3.1. Identificación del ion Cu (II) mediante reacción con amoníaco [10]:

A una disolución acuosa azul pálido del ion $\text{Cu}(\text{II})$, en la forma $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$, se le añade disolución de amoníaco, obteniéndose un ion complejo de color azul intenso y de fórmula $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$:



2.1.4. Reacciones de oxidación-reducción (redox)

Una reacción de oxidación-reducción es aquella que transcurre con un intercambio de electrones; la especie que pierde electrones se dice que se oxida y la que gana electrones se reduce.

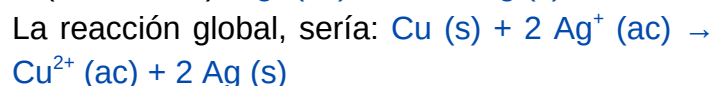
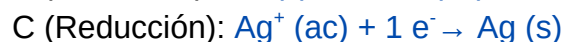
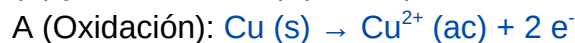
2.1.4.1. Reacciones espontáneas:

2.1.4.1.1. Reacción entre el cobre e iones plata:

En este apartado se comprueba de forma experimental si se disuelve espontáneamente cobre, Cu(s) , en una disolución de iones plata, $\text{Ag}^+(\text{ac})$. En un tubo de ensayo, en el cual se introducen varios hilos de cobre, se añade una parte alícuota de disolución de nitrato de plata. Se observa el aspecto del hilo de cobre a distintos intervalos de tiempo.

A lo largo del experimento se observa la progresiva formación de un sólido de color grisáceo alrededor de los hilos de cobre, por reducción de los iones Ag^+ a plata metálica; al mismo tiempo la disolución adquiere un débil color azul que se intensifica con el tiempo, debido al paso a la misma de cobre en forma de iones Cu^{2+} hidratados.

Las semirreacciones que tienen lugar en el ánodo (A) y en el cátodo (C) de la pila, son:



Es evidente que la reacción es espontánea, lo que se justifica desde el punto de vista termodinámico en el trabajo recogido en la referencia bibliográfica [11].

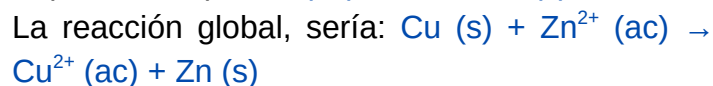
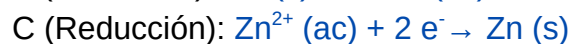
2.1.4.2. Reacciones no espontáneas:

2.1.4.2.1. Reacción entre el cobre e iones cinc:

En este apartado se comprueba de forma experimental si se disuelve espontáneamente cobre, Cu(s) , en una disolución de iones cinc, $\text{Zn}^{2+}(\text{ac})$. En un tubo de ensayo, en el cual se introducen varios hilos de cobre, se añade una parte alícuota de disolución de acetato de cinc. Se observa el aspecto del hilo de cobre a distintos intervalos de tiempo.

En este caso se comprueba que el sistema $\text{Cu (s)-Zn}^{2+}(\text{ac})$ permanece prácticamente inalterado durante toda la experiencia, no visualizándose reacción alguna en el mismo.

Las semirreacciones que tendrían lugar en el ánodo (A) y en el cátodo (C) de la pila, serían:



Es evidente que la reacción no es espontánea, lo que se justifica desde el punto de vista termodinámico en el trabajo recogido en la referencia bibliográfica [11].

2.1.4.2.2. Electrodeposición:

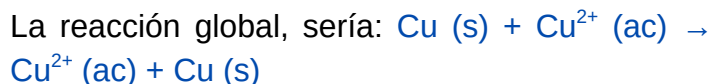
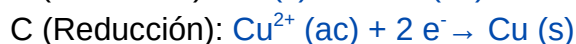
La electrodeposición es el depósito de una lámina muy fina de metal, de unos 0,02 mm de espesor, sobre una superficie conductora de la

electricidad. Se puede conseguir mediante electrólisis (proceso en el que se produce una reacción de oxidación-reducción no espontánea por medio de energía eléctrica procedente de una fuente de corriente continua, como un generador o una batería). Se utiliza en el dorado, plateado y cromado de objetos.

2.1.4.2.2.1. Electrodeposición de cobre:

Se trata de un ejemplo muy sencillo. El objeto que se quiere recubrir actúa como cátodo, y el ánodo es un electrodo de cobre. La disolución en que se sumergen los electrodos contiene una sal de iones Cu^{2+} (CuSO_4). En esta práctica se efectúa la electrodeposición para recubrir un clip metálico de una capa de cobre.

Las semirreacciones que tienen lugar en el ánodo (A) y en el cátodo (C) de la pila, son:



Como puede observarse, en este proceso no existe una reacción neta, sino que hay simplemente una transferencia de cobre desde el ánodo hasta el cátodo [12].

2.2. Química Orgánica

En esta parte de las actividades se realizaron dos experimentos:

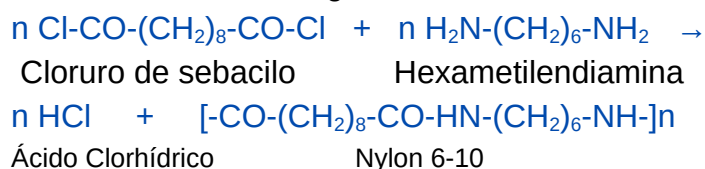
2.2.1. Extracción. Determinación del contenido en grasas totales

Una operación básica en los laboratorios de Química y en la industria es la extracción, que puede ser de varios tipos: líquido-líquido, sólido-líquido, etc. Como ejemplo se realiza una práctica en la que se determina el contenido en grasas totales de un producto vegetal como es el cacahuete, mediante la extracción sólido-líquido en un aparato de Soxhlet. En este dispositivo se evapora hexano que actúa como disolvente, haciéndolo pasar a través de una muestra de cacahuete y extrayendo grasa. Posteriormente el hexano se enfría y vuelve al matraz inicial, donde comienza de nuevo el ciclo. Pasado un cierto tiempo, se retira el hexano y se separa de la grasa extraída mediante destilación fraccionada, pudiendo así recuperar y cuantificar la grasa [13, 14].

2.2.2. Síntesis de un polímero: nylon 6-10

El experimento se realiza en campana de extracción. Se disuelven aproximadamente 200 mg de hexano-1,6-diamina (hexametilendiamina) en 25 mL de agua destilada y se añade 1 mL de disolución de NaOH 4 M en un vaso de precipitados de 100 mL. Se agrega lentamente 1 mL de cloruro de sebacoílo sobre las paredes del vaso, teniendo cuidado de no mezclar las dos fases o capas (orgánica y acuosa). Debe formarse una película blanca de nylon 6-10 entre las dos capas, esta película puede tomarse con unas pinzas o una varilla de vidrio y estirarse lentamente para dar lugar a una fibra que se enrolla fácilmente sobre la varilla de vidrio [15, 16].

La reacción de obtención del polímero por condensación, es la siguiente:



2.3. Resultados

Una vez finalizadas las sesiones de actividades prácticas realizadas en el Laboratorio, se recabó la opinión del alumnado y del profesorado acompañante acerca de las mismas, obteniéndose una valoración positiva de las experiencias presentadas y de la visita en general.

A la vista de estos resultados, el Laboratorio de Química propuso a la dirección de la EPS (transformada en octubre de 2021 en Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol, EPEF) el seguir participando en las actividades relacionadas con las visitas y/o jornadas de divulgación de las titulaciones de Grado de la Escuela.

2.4. Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al técnico del Laboratorio de Química, Juan Antonio Castro Amado, por su ayuda e implicación en el montaje y en la realización de los experimentos seleccionados.

3 Conclusiones

Del presente trabajo se derivan conclusiones relativas a las actividades de:

3.1. Tutorización:

3.1.1. De alumnado de FP1, en su Etapa de Formación en Centros de Trabajo, llevada a cabo en el Laboratorio de Química de la Escuela (EPS).

3.1.2. De alumnado de los primeros cursos de las titulaciones antiguas de ingeniería y de las nuevas de Grado en ingeniería, mediante el PAT.

3.1.3. De alumnado de último curso de las carreras de ingeniería y de Grado en ingeniería, en el Programa Becarios de Formación Complementaria de la UDC.

3.1.4. Tutorización y/o Dirección de PFC, TFG y TFM.

3.2. Impartición:

3.2.1. De la asignatura “Técnicas de Análisis y sus Aplicaciones”.

3.3. Participación:

3.3.1. En varias Comisiones delegadas de la Junta de Escuela de la EPS.

3.4. Desempeño:

3.4.1. De cargos académicos: subdirector-jefe de estudios y secretario, durante los cuatro primeros cursos de funcionamiento de la Escuela.

3.5. Divulgación:

3.5.1. De disposiciones legales y anuncios de interés para la comunidad universitaria de la Escuela, publicados en el BOE y en el DOG.

3.5.2. De las titulaciones de Grado de ingeniería de la Escuela, mediante las actividades “Visita tu Campus de Ferrol” y “Jornadas de Puertas Abiertas”, obteniéndose una valoración muy positiva por parte del alumnado asistente y del profesorado acompañante.

4 Bibliografía

- [1] Resolución de 23 de julio de 1993, de la Universidad de La Coruña, por la que se ordena la publicación del plan de estudios para la obtención del título oficial de Ingeniero Naval y Oceánico (B.O.E. de 18 de agosto de 1993, páginas 25180-25188).
- [2] Resolución de 23 de julio de 1993, de la Universidad de La Coruña, por la que se ordena la publicación del plan de estudios para la obtención del título oficial de Ingeniero Industrial (B.O.E. de 18 de agosto de 1993, páginas 25410-25420).
- [3] Resolución de 30 de marzo de 2011, de la Universidad de A Coruña, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (B.O.E. de 18 de abril de 2011, páginas 40190-40193).
- [4] Resolución de 30 de marzo de 2011, de la Universidad de A Coruña, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería Mecánica (B.O.E. de 18 de abril de 2011, páginas 40199-40203).
- [5] Resolución de 30 de marzo de 2011, de la Universidad de A Coruña, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Arquitectura Naval (B.O.E. de 18 de abril de 2011, páginas 40163-40167).
- [6] Resolución de 30 de marzo de 2011, de la Universidad de A Coruña, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería en Propulsión y Servicios del Buque (B.O.E. de 18 de abril de 2011, páginas 40186-40189).
- [7] Fernández, J.; Rodríguez, M.; González, E.; Fernández, S.; Castro, J. "Programa de Becarios de Formación Complementaria de la UDC. Contribución del Laboratorio de Química de la EPS de Ferrol". *Galicia Química*, 7 (1), 55-61, 2025.
- [8] Fernández, J.; Rodríguez, M.; González, E.; Fernández, S.; Castro, J. "Contribución del Laboratorio de Química a las actividades "Visita tu campus de Ferrol" y "Jornadas de Puertas Abiertas" en la EPS". En M. Rodríguez (Eds.), *V Congreso Internacional de Didáctica de la Química* (p. 81). Online, 2024: Asociación de Químicos de Galicia.
- [9] Bermejo, F.; Bermejo, P.; Bermejo, A. "Química Analítica General, Cuantitativa e Instrumental (Tomo I)" (7ª Edición). Paraninfo, S. A. Madrid, 1991.
- [10] Burriel, F.; Lucena, F.; Arribas, S.; Hernández, J. "Química Analítica Cualitativa" (18ª Edición, 5ª impresión). Thomson Editores Spain-Paraninfo, S. A. Madrid, 2008.
- [11] Fernández, J.; Alonso, E.; González, E.; González, V.; Castro, J. "Estudio de la espontaneidad y visualización de reacciones de oxidación-reducción (redox) sencillas en una práctica de laboratorio". *Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ)*, 29, 6-10, 2013-14.
- [12] Seco, H.; Pérez, J.; Fernández, J.; González, V.; González, E.; Castro, J.; Alonso, E. "Embelllecimiento de objetos de la vida cotidiana". En G. Pinto (Eds.), *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana* (pp. 143-147). Madrid, 2003: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.
- [13] Molina, P.; Lorenzo, A.; Velasco, M. D.; Tárraga, A.; Alajarín, M.; Lidón, J.; Guirado, A. "Prácticas de Química Orgánica". Secretariado de Publicaciones Universidad de Murcia. Murcia, 1991.
- [14] Lloréns, J. A. "Extracción sólido-líquido con equipo soxhlet. Determinación del contenido en grasa del cacahuete". Video. Unidad Docente de Química: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2009.cacahuete
- [15] Brewster, R. Q.; Vanderwerf, C. A.; MacEwen, W. E. "Curso Práctico de Química Orgánica" (2ª Edición, reimpresión). Editorial Alhambra. Madrid, 1978.
- [16] Hellerich, W.; Haenle, S.; Harsch, G. "Guía de Materiales Plásticos: Propiedades, Ensayos, Parámetros". Editorial Hanser. Barcelona, 1992.

Sobre la Videoquímica

F. Vicente*, J.J. García-Jareño, J. Agrisuelas

Universidad de Valencia, Departamento de Química Física. Laboratorio de Electroquímica. C/ Vicente Andrés Estellés,
19. 46100-Burjassot (València, España)

*francisco.vicente@uv.es

Resumen

Se pretende justificar la conveniencia de grabar imágenes de experimentos de laboratorio para favorecer el proceso de aprendizaje mutuo Alumnado/Profesorado en una Enseñanza basada en el Reconocimiento y el Pensamiento Crítico. Se muestra ejemplos de experiencias de interés didáctico basadas en el análisis del color de las superficies para evidenciar la utilidad de la videoquímica en el proceso de aprendizaje. La cuantificación de las intensidades en las bandas del rojo, verde y azul permite seguir la cinética de los procesos con medios relativamente económicos.

Introducción: Observación del cambio de color

Cuando observamos nuestro entorno, hay muchos materiales que cambian de color con el tiempo ante una agresión del medio: las aleaciones metálicas se corroen, las superficies se ensucian, los seres vivos envejecen, los alimentos se degradan, etc. Todos los procesos químico-físicos y biológicos que concurren tienen sus cinéticas asociadas al cambio de aspecto. La interpretación de los colores de los materiales y su evolución se explica en base a la interacción de la radiación electromagnética en la zona del espectro visible que emite el foco iluminante con la superficie de los objetos.

La Videoquímica - la grabación y análisis de imágenes ópticas- proporciona información cuantificada sobre los sistemas que se observan, por lo que debe ser de gran utilidad didáctica para correlacionar muchas magnitudes de los fenómenos observados y, por tanto, emplearse habitualmente en actividades de aprendizaje en los programas docentes actuales. Si bien, el avance sobre la interpretación de las leyes que

rigen el Universo, incluso de sus imágenes (Figura 1) es lento, como lo son las propias Pedagogía y Didácticas en el Mundo de la Enseñanza. Está claro que el Tiempo y sus escalas son determinantes en el desarrollo de los fenómenos, en las medidas de los observables y en el análisis de resultados.



Figura 1. Algunas de los millones de galaxias. Fotografía realizada por Enrique Palmero Dacruz con un telescopio refractor f 5.5 Sky Watcher Spirit 100, con cámara astronómica ZWO ASI 183 en montura ecuatorial de seguimiento, con exposición de 6h 45min.

Al parecer, el proceso social de mercantilización y globalización implica que la Educación dé lugar a productos susceptibles de negocio económico [1-3]. Quizás, por esa razón, la OCDE, desde principios de este siglo, ha pretendido con sus propuestas estandarizadas del aprendizaje [4] que el alumnado adquiriera mejores capacidades de comunicación y en emprendimiento en detrimento frecuentemente de la formación humanística, basándose en datos cuantitativos de los informes PISA. Además, existen muchas evidencias de que el exceso de formalismos y burocracia académica causan tensiones personales, dado que, paralelamente a los currículums formales, se introduce también otros ocultos, como son el de aprendizaje de la obediencia, el de la puntualidad y el de acepta-

ción de jerarquías, los cuales ocasionan tensiones en el proceso educativo, tanto en lo personal, como en el funcionamiento de los propios centros educativos. Por eso, educar en el Pensamiento Crítico y en la lucha por el Reconocimiento [5-8] se muestra como un buen camino para la formación integral de las personas en esta compleja Sociedad, habida cuenta que la Educación es un derecho reconocido por la ONU y en muchas constituciones como la española. Pero esta vía optimista requiere del esfuerzo para conseguir múltiples acuerdos pedagógicos entre los entornos familiares, el profesorado y el propio alumnado.

En este contexto, la gran revolución filosófica que supone el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) justifica, aún más, la necesidad de profundizar en metodologías docentes que lleven implícitas el reconocimiento de las personas participantes en el proceso del aprendizaje y, en particular, en la interacción Alumno/Profesor. En consecuencia, el modesto objetivo de este trabajo se circunscribe en la línea didáctica dirigida al desarrollo de prácticas de laboratorio y, en particular, de experimentos en los que hay cambios de color. Se pretende poner en valor la videoquímica como un recurso metodológico de memorización de los hechos experimentales en el laboratorio.

Se parte de una primera premisa basada en reconocer al Alumno como persona investigadora [9]. Pero la curiosidad natural y la motivación de cada persona en particular dependen de muchas variables que no todas son conocidas por los propios actores del proceso de aprendizaje. La interacción Alumno/Profesor se puede simplificar en base a modelos físicos basados en que, además de los medios circunstanciales, de sus respectivas componentes de Inconsciencia y de Consciencia, de tal manera, que el reconocimiento mutuo [10] requiere, además de una empatía recíproca, de su mutuo aprendizaje [11,12].

Esta interacción, basada en el reconocimiento mutuo Alumno/Profesor (maestro), debería quedar potenciada con el registro de las imágenes de la observación directa experimental. Así, ya que cada hecho experimental implica un conjunto perturbaciones instantáneas, cuya respuesta individual es particular para cada estudiante, el memorizar los fenómenos mediante el uso de la adquisición de imágenes y su almacenamiento, permite postular una segunda premisa: *que el incremento de la consciencia del experimentador debe aumentar con la posible repetición de la observación de las imágenes*. En este sentido, la observación óptica es una perturbación sensorial, próxima fisiológicamente al inconsciente de la persona y a su curiosidad. Este Inconsciente -desde una modelización materialista- es un conjunto de procesos fisiológicos químico-físicos internos a la persona particular, relacionados con su funcionamiento vital y social. En consecuencia, las motivaciones, prejuicios, curiosidad, empatías, temores, intereses, etc. de cada persona, previos al hecho experimental observado en el laboratorio, son desconocidas en gran parte, incluso por la propia persona. Esta diversidad, variable con el transcurso del tiempo, conduce a postular una tercera premisa: *que el proceso de incremento de consciencia de los alumnos -que es lo que persigue el profesor- se ve favorecido con el propio almacenamiento de imágenes, ya que se requiere de un tiempo particular diferente de análisis para cada persona de lo observado en el experimento*.

Grabar en video las experiencias de prácticas de laboratorio es factible actualmente con medios tecnológicos relativamente de bajo coste [13,14], por lo que resulta de gran interés didáctico en un amplio espectro de estudios. También, es obvio que los ficheros almacenados pueden ser útiles como material didáctico en dinámicas grupales.

En este trabajo, se pretende mostrar algunos ejemplos experimentales de intrínseco interés tecnológico que quizás pongan en evidencia esta afirmación y que también sugieran nuevas actividades experimentales incluso como “peque-

ñas investigaciones” en un “aprendizaje por descubrimiento” [15-17].

Se muestran experimentos sobre electrodos composite cargados con micropartículas metálicas [18,19] en la que se observan variaciones de color generadas por una perturbación eléctrica. Se hace particular hincapié en el tratamiento cuantitativo de la evolución del color, que suele mover la curiosidad del experimentador [20,21], en adición a su motivación y qualia (sensaciones y sentimientos) particulares. Para ello, se ha utilizado instrumental de bajo costo con software gratuito y métodos aplicables en laboratorios docentes de niveles preuniversitarios y universitarios.

mas digitales estándar (como las imágenes de 8 bits), la intensidad de cada canal se mide en una escala de 0 a 255. 0: Significa que el canal está totalmente “apagado” (intensidad nula). 255: Significa que el canal está al máximo de su capacidad (brillo total). Por lo que cada determinado color viene dado por los tres $266 = (2)^8$ posibles niveles de sus intensidades respectivas RGB (I_R, I_G, I_B). Eso significa que así se pueden definir $(256 \times 256 \times 256) = 16777216$ colores, que son más que los que el ojo humano puede distinguir [Figura 2]. Una vez seleccionada la zona de observación, el tratamiento estadístico de la imagen permite calcular unos valores medios de las intensidades y sus desviaciones standard en un proceso de cambio de color 1 a color 2 para cada imagen instantánea del video, y así calcular la dependencia de la varianza (desviación standard al cuadrado) con el tiempo. Resultando que la forma de esta curva da información del orden de reacción, y su valor máximo debe corresponder aproximadamente al tiempo de semirreacción [Figura 3].

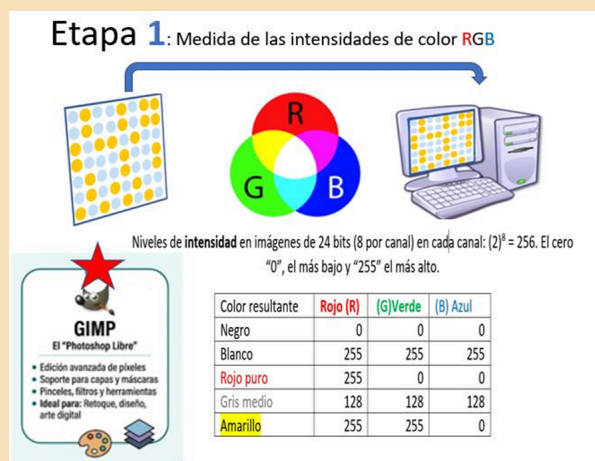


Figura 2. Esquema de la medida de las intensidades (Etapa 1) en los canales de color rojo, verde y azul.

Una forma común de cuantificar el color “verdadero” de una superficie es considerar que un determinado color viene definido por una triada de valores de intensidades en los canales rojo (R), verde (G) y azul (B). La intensidad de color RGB se refiere a la fuerza o el brillo de cada uno de los tres canales de luz primarios: Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Blue). En el sistema digital, los colores no existen como tales, sino como una combinación de estos tres haces de luz que, al mezclarse en distintas proporciones, crean toda la gama cromática que se ve en una pantalla. En la mayoría de los siste-

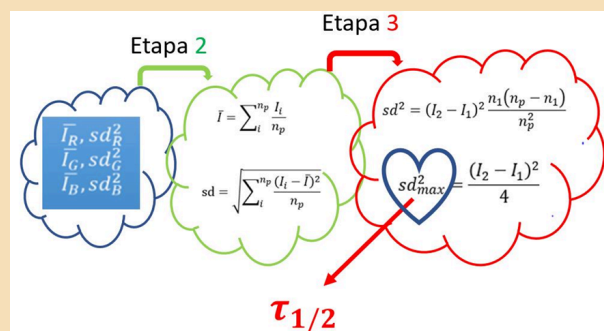


Figura 3. Esquema del cálculo de la desviación estándar (Etapa 2), de la varianza (Etapa 3) y del tiempo de semirreacción del proceso desde la tonalidad de color 1 a la del color 2

Desde usar el móvil hasta respirar oxígeno en Marte

Entre las aplicaciones de los metales y sus aleaciones y composites están sus usos como electrodos, por ejemplo, en el almacenamiento de energía en baterías hasta desarrollos de reactores productores de oxígeno a partir de dióxido de carbono, como difunden los medios sobre la expedición tripulada a Marte prevista por la NASA para antes del 2040.

Por motivos tan importantes como esos – la trascendencia energética de los materiales tecnológicos y las valoraciones difundidas en medios de comunicación-, quizás el profesor pueda despertar el inconsciente -en algún instante- de algún alumno en alguna práctica de laboratorio que le proporcione motivación para así ayudar a un posterior incremento de consciencia a través del análisis crítico y activo. Por ejemplo, sembrar inquietudes para construir pilas, producir hidrógeno o, también, lejía, por decir algo. En este sentido e intención, se pueden diseñar muchas experiencias de laboratorio con instrumental de bajo coste, que sean de particular interés de algún alumno en algún momento de su currículum académico. Lo que se enfatiza concretamente en este trabajo se centra en el recurso docente que supone adquirir imágenes digitales de procesos que impliquen cambios de color, como los que se dan, por ejemplo, en el depósito y disolución anódica de un recubrimiento de níquel metálico sobre un electrodo negro de un composite plástico conductor de la electricidad (Figura 4). Se trata de practicar el Método Científico, a sabiendas de lo mucho que ignoramos de nuestro Universo.

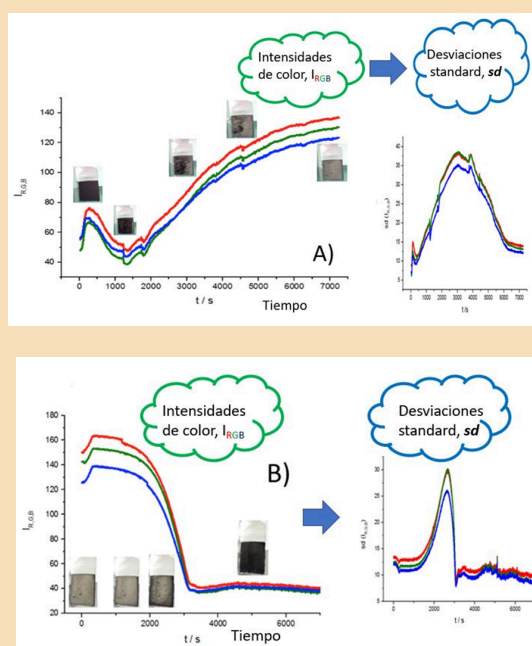


Figura 4. Evolución de las intensidades de color y de sus desviaciones standard en un recubrimiento de níquel sobre un composite negro [detalles experimentales en referencias 18,19]. A) Depósito galvanostático. B) Disolución anódica. Se utiliza una cámara digital (EPA-503278) controlando las condiciones de iluminación (15 W, LED lamp 6500 K).

Breve relato de una explosión inesperada

En 2017, La cámara grabó una “explosión subacuática” (Figura 5) en una práctica docente del grado de Química. Se veía como se desplazaban las burbujas de hidrógeno donde se reducían los protones en una malla de platino hasta donde se oxidaba el agua para dar oxígeno. El objetivo que se perseguía en este experimento era disolver una película previamente depositada de cobre sobre un material composite polipropileno (40)/grafito(50)/cobre(10g). Sí, en efecto, se producía la esperada disolución anódica de la capa metálica y así se observaba como aumentaba paulatinamente la superficie negra del composite. Ahora bien, el alumno, que estaba cursando su trabajo de fin de grado, había aplicado unas 1000 veces más de intensidad de corriente de lo habitual establecido en el diseño de la experiencia -se había confundido al seleccionar la escala de intensidades de corriente-. Con sorpresa de los experimentalistas presentes, a los pocos minutos del de la electrolisis, se había grabado una llama en la superficie del electrodo como resultado de la reacción entre el oxígeno e hidrógeno.

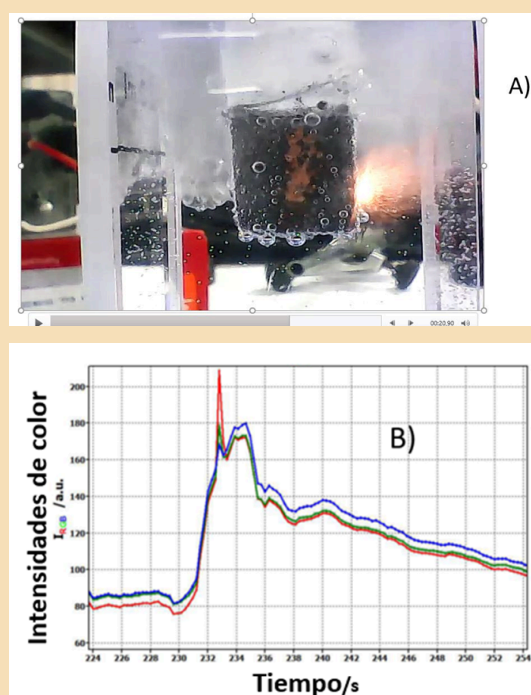


Figura 5. Deflagración subacuática en la disolución anódica de un recubrimiento de cobre. A) Imagen de video a los 235s. B) Evolución del color. Con iluminación ambiental.

Está claro que el fenómeno no parecía que fuera “la fusión fría”, pero el hecho misterioso grabado en vídeo y su análisis RGB daban información desconcertante. Conocíamos la resistencia óhmica del composite, habíamos implementado ya un procedimiento para manipulación de la técnica y del análisis de las imágenes. Se sabía cómo cuantificar el color midiendo las intensidades en el rojo, verde y azul. Estábamos desarrollando la teoría de interpretación cinética del color a partir de las intensidades cromáticas, sus derivadas en el tiempo y su varianza en zonas acotadas de la superficie.

Pensábamos que la videoquímica daba una información espaciotemporal del fenómeno, pero el misterio continúa porque hay observables difíciles de cuantificar en las imágenes del experimento: valores puntuales de temperatura, viscosidad, tensión superficial, solubilidad de gases, relación con la morfología superficial microscópica de los electrodos y sus interfases, el transporte de gases en el medio, etc., cuya ignorancia nos impide todavía construir una ley física que explique completamente el hecho experimental desde una perspectiva determinista.

Pero el almacenamiento de los archivos de la grabación permite volver a considerar reiteradamente el fenómeno, con la incorporación de otros medios e investigadores. Hoy en día, se continúa realizando nuevos experimentos en esta línea de investigación para contrastar algunas nuevas hipótesis y continuar así aplicando el Método Científico. Y lo que es más novedoso: actualmente se puede consultar a las plataformas de IA. De hecho, tras unas consultas en el año 2026, el curioso fenómeno de la llama subacuática resulta no ser tan insólito como aún nos parece a nosotros, ya que nos hemos enterado que desde finales de siglo pasado ya se habían realizado estudios de formación de plasmas subacuáticos [22], incluso hay tecnologías submarinas comerciales para el corte de metales. El misterio continúa y las preguntas a resolver pueden ser infinitas: la curiosidad es un concepto importante en el proceso de aprendizaje.

Conclusión

Un cambio de color, un hecho sorprendente como es una explosión subacuática, o los propios estímulos que genera el entorno [23], quizás pueden ser útiles para favorecer la atención y motivación del alumno, pero, en adición, si se graban las imágenes de las prácticas, se refuerza la memoria del hecho experimental, y eso facilita el Pensamiento Crítico en aras de practicar el Método Científico, que es lo que pretende el profesor de Ciencias. Esto hace suponer que, quizás, la auténtica piedra filosofal que pretendía conseguir el Maestro Alquimista era su propio aprendizaje personal y el del Aprendiz [24]. Pero actualmente está claro que, desde una perspectiva didáctica, la interacción Alumno/Profesor se focaliza en el proceso de aprendizaje. Aunque los medios son muy importantes en cada circunstancia concreta, el Reconocimiento según Axel Honneth, como en cualquier interacción entre personas, debe depender de sus conscientes e inconscientes respectivos. El aprendizaje causa un incremento de sus conocimientos [25] y esto supone unos procesos neuronales complejos, relativamente más lentos que los de la simple interacción empática. En consecuencia, hace falta tiempo de razonamiento y memorización. Por lo que la videoquímica se muestra como una herramienta de gran utilidad, incluso ante alumnos con diversidad funcional visual, ya que las intensidades RGB del color de cada imagen se cuantifica en una escala numérica (generalmente de 0 a 255) para cada una de las bandas en el rojo, verde y azul.

Agradecimientos

A Enrique Palmero Dacruz por sus fotografías de Galaxias. Al Instituto tecnológico del Plástico AIMPLAS (Paterna, España) por proporcionar los composites ternarios. A la Universidad de Valencia por su financiación y uso de medios. A la Asociación de Químicos de Galicia por haber incluido este trabajo en el VII Congreso Internacional de Didáctica (2026).



De izquierda a derecha: F. Vicente, J.J. García-Jareño, J. Agrisuelas

Referencias

- [1] G. Biesta (2023). La buena educación en la era de las mediciones. Ética, Política y Democracia. Morata. ISBN 9788419287137.
- [2] S.J. Ball (2014). Globalización, mercantilización y privatización: Tendencias internacionales en educación y política educativa. Archivos analíticos de políticas educativas, 22(41), 1-17. <https://dx.doi.org/10.14507/epas.v22n41>.
- [3] G. Herrera-Urizar, M. Blanco-Navarro, Paula Lozano-Mulet, P. Neut-Aguayo (2024) ¿Interés Comercial o Pedagógico? Las Plataformas Educativas de las Big Tech y el Libre Desarrollo de la Infancia. REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 22(2), 67-84. <https://doi.org/10.15366/reice2024.22.2.004>
- [4] G. Saura, L. Luengo-Navas (2015). Política Global más allá de lo Nacional. Reforma educativa (LOMCE) y el régimen de estandarización (OCDE). Bordón. Revista de Pedagogía 67(1) 135-148. <http://doi.org/10.13042/Bordon.2015.67109>
- [5] A. Honneth (2009). Patologías de La Razón. Historia y Actualidad de la Teoría Crítica. Katz Editores. ISBN 9788496859494.
- [6] A. Honneth (2016). Reconocimiento y Menosprecio. Sobre la Fundamentación Normativa de una Teoría Social. Entrevista con Daniel Gamper. Katz Editores y Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona. ISBN 9788492945280.
- [7] A. Honneth (2019). Reconocimiento. Una Historia de las Ideas Europeas. Ediciones Alcal S.A. ISBN 9788446047919.
- [8] A. Fabregat. Ética y Terapia Familiar: Implicaciones Éticas de la Teoría del Reconocimiento de Axel Honneth en la Terapia Familiar Sistémica Intergeneracional. Tesis Doctoral de la Universidad de Zaragoza (2015). Directores: Juan Carlos Siurana Aparisi y Pedro Luís Blasco Aznar. ISSN 2254-7606. <http://zaguan.unizar.es>
- [9] F. Vicente, J.J. García-Jareño, J. Agrisuelas (1923). Reconocimiento del alumnado como personas investigadoras. Galicia Química 5(2) 29-35.
- [10] F. Vicente. Un modelo físico para comparar la Empatía y el Reconocimiento en la interacción interpersonal (2022). VI Congreso Internacional de Bioética: Bioética y Democracia ante el reto de la Inteligencia Artificial. Costa Rica-Valencia. Publicado en Bioética y otras éticas aplicadas en la era de la Inteligencia Artificial (2025) 311-324 pp. Ediciones Digitales EG. ISBN 978-84-1380-431-6.
- [11] R. Plá-López (1988). Introduction to a Learning General Theory. Cybernetics and Systems. 19, 411-429.
- [12] Mohamed Nemiche. (2004). Un Modelo Sistémico de Evolución Social Dual. Tesis Doctoral de la Universidad de Valencia Director: Rafael Plá López. ISBN 8437059720.
- [13] Agrisuelas J, García-Jareño JJ, Guillén E, Vicente F (2020) Kinetics of Surface Chemical Reactions from a Digital Video. J Phys Chem C 124:2050–2059. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.9b10689>
- [14] Agrisuelas J, García-Jareño JJ, Perianes E, Vicente F (2017) Use of RGB digital video analysis to study electrochemical processes involving color changes. Electrochem. Commun. 78:38–42. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2017.04.001>
- [15] Física y Química. Investigación, Innovación y Buenas Prácticas (2011). A. Anta, M. Belmonte, A. Camaño, O. Casellas, J. Corominas, D. Couso, A. de Pro Bueno, F. Guitart, M.I. Hernández, G. Irazoque. Ed. Graó. ISBN 9788499800813.
- [16] D. Gil-Pérez, P. Valdez. Enseñanza de las Ciencias 14 (1996) 155-163.
- [17] D. Gil-Pérez, J. Payá (1988). Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. Revista de Enseñanza de la Física 2(2) 73-78.
- [18] Agrisuelas J, García-Jareño JJ, Piedras M, Vicente F (2023) Quality and Efficiency Control of Electrodeposition and Electrodissolution of Ni on a Ternary Composite Electrode Followed by Digital Video Electrochemistry. J Electrochem Soc 170:072505. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ace4f6>

- [19] Agrisuelas J, García-Jareño JJ, Guillén E, Vicente F (2019) RGB video electrochemistry of copper electrodeposition/electrodissolution in acid media on a ternary graphite:copper:polypropylene composite electrode. *Electrochim. Acta* 305:72–80. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.03.016>
- [20] J.J. García-Jareño, J. Agrisuelas, C. López, F. Lorenzo, F. Vicente (2025), Monitorization of Cleaning Processes from Digital Video Spatiotemporal Analysis: Cleaning Kinetics from Characteristic Times. *Appl. Sci.*, 3745. <http://doi.org/10.3390/app15073745>. <https://www.mdpi.com/article/10.3390/app15073745/s1>.
- [21] J.J. García-Jareño, D. Benito, J. Navarro-Laboulais, F. Vicente. Electrochemical behavior of electrodeposited Prussian Blue films on ITO electrode-An attractive laboratory experience. *J. Chem. Edu.* 75 (1998) 881-884. <https://doi.org/10.1021/ed075p881>
- [22] S.K. Sengupta, O.P. Singh (1994). Contact glow discharge electrolysis a study of its chemical yields in aqueous inert-type electrolytes. *J. Electroanal. Chem.* 369, 113-120. [https://doi.org/10.1016/0023-0728\(94\)87089-6](https://doi.org/10.1016/0023-0728(94)87089-6)
- [23] J.C. Siurana (2021). *Ética para Influencers*. Plaza y Valdés Editores. ISBN 9788417121396.
- [24] S. Klossoski (1973). *Alquimia. El arte secreto*. Editorial Debate. ISBN 847444327X.
- [25] F. Faggin (1925). *Irreducible. El encuentro de la ciencia con la conciencia*. Gaia Editorial. ISBN 978-84-1108-192-4.

Medición de la actividad de lactasa mediante colorimetría de hardware abierto.

José María Espinosa Bernal^{1,*}

¹IES Juan Carlos I

*josemaria.espinosa@murciaeduca.es

Resumen

La actividad enzimática de la lactasa es esencial para el proceso catabólico de la lactosa disacárido. La enzima descompone la lactosa en D-galactosa y D-glucosa. Ciertos grupos de poblaciones carecen de esta enzima, así que la misma se vende como suplemento dietético.

En este protocolo aprovechamos esta circunstancia para diseñar una práctica de bajo costo con enzimas (las enzimas comerciales son muy caras). Además, utilizamos un fotómetro open hardware, el Open Colorimeter, de la casa comercial IO Rodeo y comparamos los resultados obtenidos con un espectrofotómetro convencional.

Introducción

Plantear una práctica de laboratorio con enzimas puede ser complicado en el ámbito de la ESO o Bachillerato, ya que las enzimas comerciales son caras y hay que mantenerlas refrigeradas. Sin embargo, podemos encontrar enzimas de uso farmacéutico con un coste muy asequible y que además se encuentra en forma de comprimidos con fechas elevadas de caducidad. Es el caso de la lactasa, enzima que se vende como suplemento dietético para personas que carecen de la misma a un precio muy asequible.

Trabajar con la misma nos permite una conexión con el entorno cotidiano y la salud, ya que la intolerancia a la lactosa es una condición muy común y conocida por los estudiantes. La práctica permite a los alumnos entender que la intolerancia no es una "enfermedad" extraña, sino simplemente la escasez o ausencia de una proteína funcional específica: la enzima lactasa. Al estudiar cómo la lactasa rompe el disacárido de la lactosa en dos monosacáridos simples la D-

galactosa y la D-glucosa, los alumnos comprenden el proceso químico que ocurre normalmente en el intestino delgado y qué sucede cuando este falla (la lactosa no digerida fermenta en el colon, provocando malestar de forma cotidiana). Permite discutir cómo se fabrican los lácteos modificados que inundan los supermercados actuales. Los alumnos descubren que la leche "sin lactosa" no es leche a la que se le ha quitado algo, sino leche a la que se le ha añadido previamente la enzima lactasa.

Con esa premisa, analizamos la actividad de la lactasa en dichos suplementos dietéticos mediante un ensayo colorimétrico [1], en el que la lactosa se sustituye por el o-nitrofenol-D-beta galactopiranosido, ONPG, un compuesto cuya hidrólisis genera o-nitrofenol, de color amarillo (Figura 1)

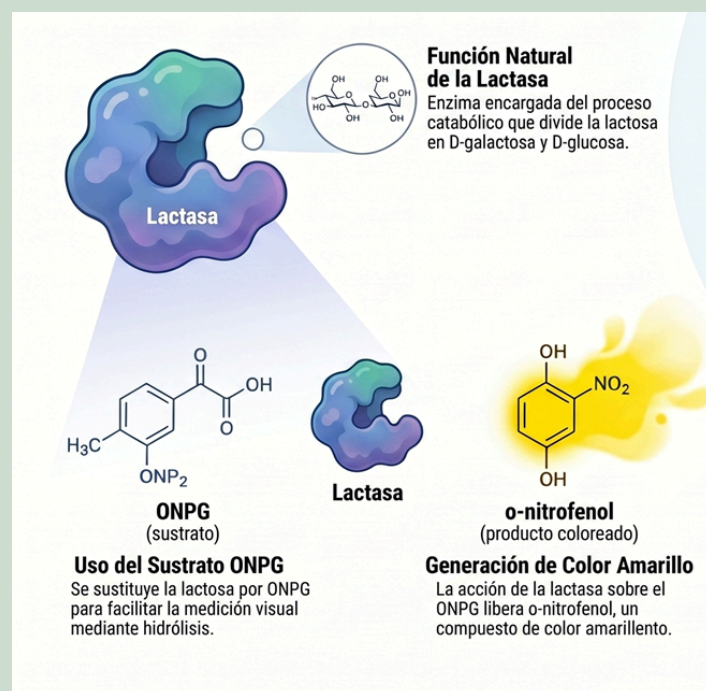


Figura 1. Acción de la lactasa.

La ventaja de este ensayo es que en contextos escolares donde no se disponga de un espectrofotómetro o de un fotómetro de hardware abierto, se puede implementar perfectamente como un método cualitativo o semicuantitativo basado exclusivamente en la inspección visual, debido al intenso color del o-nitrofenol. Aunque el fotómetro proporciona el valor exacto de absorbancia, los estudiantes pueden fabricar de forma artesanal una escala de comparación visual para estimar concentraciones de forma muy aproximada con o-nitrofenol. Al realizar la batería de diluciones seriadas descrita en el protocolo para preparar la curva patrón, se obtendrá de forma natural una gradación de color continuo: desde un amarillo muy tenue (baja concentración) hasta un amarillo intenso y denso (alta concentración). Colocando los tubos del ensayo enzimático real al lado de esta hilera de patrones (sobre una cartulina o fondo blanco iluminado), los alumnos pueden estimar a qué tubo patrón se parece más su muestra. Esto les permite deducir si la actividad enzimática ha sido baja, media o alta sin necesidad de leer una pantalla digital. Incluso sin el reactivo o-nitrofenol, podemos comparar los colores de diferentes condiciones y expresar si la actividad aumenta o disminuye y extraer conclusiones con nuestro alumnado.

- Ensayo a diferentes temperaturas para determinar la temperatura óptima.
- Ensayos con diferentes tampones de pH o incluso valores extremos.
- Ensayos con inhibidores.

En nuestro caso, disponemos tanto del equipamiento adecuado como un equipo open hardware de la casa comercial IO Rodeo, el Open Colorimeter, lo que permite introducir a los alumnos en tecnologías científicas modernas, portátiles y de bajo costo. Al ser equipos con estructuras impresas en 3D y componentes modificables, ayudan a romper la idea de que la tecnología científica es una "caja negra" inalcanzable, promoviendo la democratización de la ciencia en las aulas. El objetivo de este artículo es demostrar que ambos equipos son

equivalentes y que podemos utilizar equipamiento open hardware para un laboratorio de secundaria de forma similar a un equipo convencional pero a muy bajo coste.

Desarrollo

Equipamiento

Para los ensayos se emplearon un espectrofotómetro Thermo Scientific Helios Alfa y el Open Colorimeter, con un LED de 425 nm (Figura 2).



Figura 2. Thermo Scientific Helios Alfa y Open Colorimeter

El Open Colorimeter es un fotómetro de una sola longitud de onda para medir la absorbancia de luz visible/infrarroja a través de muestras en una cubeta estándar de 10 mm de longitud de paso. El dispositivo utiliza el sensor de luz Adafruit TSL2591 y una placa PyBadge preprogramada con el firmware de código abierto CircuitPython. El soporte de la cubeta y la carcasa están fabricados con resina negra impresa en 3D. En función del analito que queramos medir, tendremos que cambiar el LED, un procedimien-

to muy sencillo. En nuestro caso el LED es de 425 nm. Los resultados de absorbancia se muestran en una pantalla cuyo uso es muy intuitivo (Figura 3).



Figura 3.

La limitación con respecto a un espectrofotómetro convencional es el número de cifras significativas que ofrece, que son como máximo tres, si la absorbancia es mayor de 1, pero puesto que lo más recomendable en espectrofotometría es trabajar por debajo de 1 de absorbancia, el número de cifras significativas será de dos. Hace unos años, en el IES Juan Carlos I, ya pusimos a punto el método Bradford para determinación de proteínas con este equipo [2].

Materiales y reactivos

- Tampón PBS 1 X, 10 mM (NaCl 0,137 M, KCl: 2,7 mM, Na_2HPO_4 10 mM, KH_2PO_4) 500 ml: Tampón de pH 7,4 y osmolaridad similar al cuerpo humano. NaCl 4 g, KCl 0,1 g, Na_2HPO_4 0,72 g, KH_2PO_4 0,1225 g. Ajustar el pH a 7,4 y enrasar.
- o-nitrofenol- β -D galactopiranosido (301,25 g/mol) 5 mM, 100 ml: Es el sustrato de la enzima. Cuando actúa sobre él, se produce un color amarillo. Se prepara a partir del reactivo comercial o-nitrofenol- β -D galactopiranosido disolviendo 0,1506 g de sustrato en PBS.

- NaOH 1 M, 250 ml. Es la disolución de parada (stop), que detiene la reacción para que no se genere más color. Puesto que el NaOH modifica el color de la disolución final, utilizaremos esta disolución para preparar la disolución patrón.
- o-nitrofenol (M.m. 139,11 g/mol) 10 mM, 250 ml: Es el patrón con el que preparamos la recta de calibrado y esta concentración será la madre. Se disuelven 0,3478 g en un vaso de 250 y se agrega la misma cantidad en moles de NaOH 1 M (50 ml). Una vez disuelto se enrasa.
- Pastillas comerciales de lactasa, Nutira Forte Lactasa 9000 FCC 30

Procedimiento

1 Preparación de la recta de calibrado

A partir de la disolución madre 10 mM, se preparó una dilución hija 0,25 mM. Posteriormente se elaboró una recta de calibrado utilizando NaOH 0,1 M como diluyente, obteniendo los siguientes valores.

Concentración (mM)	Absorbancia Thermo Scientific	Absorbancia IO Rodeo
0,038	0,262	0,21
0,06	0,408	0,37
0,075	0,504	0,48
0,09	0,601	0,59
0,113	0,743	0,73
0,15	0,991	0,97

Tablas 1. Resultados Thermo Scientific vs IO Rodeo

Si no disponemos de ningún equipo para cuantificar, la gama de colores que proporciona la recta de calibrado nos puede servir para estimar los valores por comparación visual

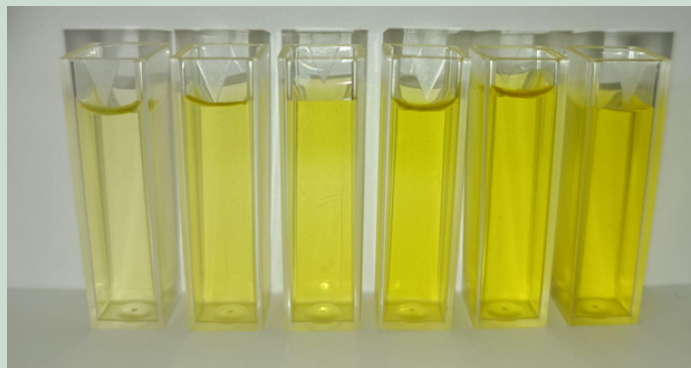


Figura 4. Escala visual de colores

2 Extracción de la enzima

Para extraer la enzima basta tomar una tableta de lactasa. Si está en forma de cápsula, cortamos la misma y recogemos el polvo resultante. Si está en comprimidos bastará con disgregar la misma con un mortero. Se coloca el polvo resultante en un tubo de ensayo y se resuspende en 10 mL de fosfato tamponada salino (PBS) 10 mM. Agitamos con vortex o de forma manual durante 1 minuto para maximizar la extracción de la enzima. Centrifugamos para separar el precipitado o bien dejamos sedimentar. Cuando el sobrenadante esté claro, podemos tomar una fracción del mismo para realizar el ensayo. Dicho sobrenadante contendrá a la lactasa.

3 Ensayo de la actividad enzimática

Se prepara un blanco agregando 400 μ L de PBS 10 mM a un microtubo de 1,5 mL. Para cada ensayo que queramos hacer con la enzima, se agregan 390 μ L de PBS 10 mM a un tubo de 1,5 mL. Posteriormente se añaden 100 μ L de ONPG 5 mM a cada uno de los tubos y se mezclan bien. Si disponemos de centrífuga, centrifugar brevemente para recoger todo el líquido en el fondo. Ya tenemos preparado nuestro ensayo.

Para iniciar el ensayo, preparamos nuestro cronómetro. Se añaden 10 μ L de extracto al tubo de reacción y se pone en marcha el cronómetro. Se mezcla bien. Una vez transcurrido el minuto, se agregan 500 μ L de NaOH 1 M a todos los tubos (incluido el blanco) para detener la reacción. Se mide la absorbancia a 425 nm.

La velocidad de reacción se expresa habitualmente como μ M producto/min, en este caso μ M o-nitrofenol/min. Tendremos que trans-

formar los valores de concentración de las rectas de calibrado en μ M de o-nitrofenol, sabiendo que el volumen final es de 1 mL. Como el tiempo es de 1 minuto, el valor obtenido será directamente velocidad de reacción, que en esas unidades corresponde a la actividad enzimática.

Realizamos el ensayo por triplicado y comparamos con los dos equipos.

Ensayo	Absorbancia	Abs corregida	μ M o-nitrofenol	Tiempo (min)	Velocidad (μ M o-nitrofenol/min)
1	0,305	0,206	0,05781	1	0,0578
2	0,322	0,223	0,06307	1	0,0631
3	0,307	0,208	0,05843	1	0,0584

Tabla 3. Valores obtenidos con Thermo Scientific Helios Alfa

Ensayo	Absorbancia	Abs corregida	μ M o-nitrofenol	Tiempo (min)	Velocidad (μ M o-nitrofenol/min)
1	0,31	0,21	0,05935	1	0,059
2	0,3	0,2	0,05626	1	0,056
3	0,29	0,19	0,05317	1	0,053

Tabla 4. Valores obtenidos con Open Colorimeter

Como podemos observar, los resultados son similares en ambos equipos.

4 Comparación de la actividad de la lactasa a diferentes temperaturas

En este caso, no es necesario cuantificar, basta con comparar la señal (o la intensidad del color si no tenemos ningún equipo) de cada ensayo. El procedimiento queda como sigue:

1. Preparar tres controles agregando 400 μ L de PBS 100 mM a tubos de 1,5 mL. Marcar como 4°C, TA (temperatura ambiente) y 37 °C.
2. Preparar tres tubos de reacción agregando 390 μ L de PBS 100 mM a tubos de 1,5 mL. Marcar como 4°C, RT (room temperature) y 37 °C.

3. Dejar los tubos marcados como 4 °C en hielo y los de 37 °C
4. Añadir 100 µl de ONPG de 5 mM a todos los tubos y mezclar bien.
5. Añadir 10 µl de extracto a los tubos de reacción y mezclar bien. Contar un minuto.
6. Una vez transcurrido el minuto, agregar 500 µl de NaOH 1 M para detener la reacción. Agregar también 500 µl a los controles.
7. Medida de la absorbancia a 425 nm.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Temperatura	Abs Thermo Scientific	Abs IO Rodeo
4 °C	0,235	0,24
RT	0,457	0,42
37°C	0,71	0,75

Tabla 5. Comparación de los resultados obtenidos por ambos equipos

Conclusiones

Los resultados obtenidos con el equipo IO Rodeo fueron plenamente satisfactorios, y comparables a los obtenidos con un espectrofotómetro convencional. La conclusión es que este equipo puede ser utilizado para cuantificar fotometricamente un analito, por lo que, de manera similar se pueden cuantificar otros, como nitratos, fosfatos, proteínas, etc de forma sencilla y accesible. Además es portátil, por lo que se puede emplear para medida in situ de contaminación ambiental. Por ello consideramos que es un excelente recurso para laboratorio de secundaria, ya sea de Física y Química como de Biología y Geología.

Bibliografía

1. Leksmono CS, Manzoni C, Tomkins JE, Lucchesi W, Cottrell G, Lewis PA. Measuring Lactase Enzymatic Activity in the Teaching Lab. J Vis Exp. 2018 Aug 6;(138):54377. doi: 10.3791/54377. PMID: 30124645; PMCID: PMC6126642.
2. José María Espinosa Bernal, Eva Sánchez Escribano. Measuring proteins with the Bradford assay. 2023 Sep 26. Io Rodeo Blog.

Determinación del calor de reacción mediante una práctica de laboratorio

E. Alonso; E. González; J. M. Fernández

Departamento de Química. Área Química Analítica. Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol. Universidade da Coruña (UDC). 15403 Ferrol (A Coruña)

Resumen

El presente trabajo describe la práctica de laboratorio “Determinación del calor de reacción”, que forma parte del programa de la asignatura Química de primer curso de los Grados impartidos en la Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol.

En dicha práctica se lleva a cabo el estudio de los procedimientos, la definición de problemas y la determinación de los calores de las reacciones de disolución de dos sustancias inorgánicas comunes y de sus valores de referencia.

1. Introducción

Los planes de estudios de las titulaciones de Grado en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF), (Universidade da Coruña), incluyen la Química como asignatura de formación básica, impartida en el primer cuatrimestre del curso primero de ambas titulaciones [1].

La unidad didáctica número 2 se compone del tema Termoquímica, en el que se introducen aspectos relacionados con los cambios de energía en las reacciones químicas, incluyendo los conceptos de entalpía y de otras funciones; también se aborda la calorimetría, finalizando con una introducción a la Termodinámica [2].

En el programa de la materia se incluyen cuatro prácticas de laboratorio. Dado el importante papel de la Termodinámica como base y fundamento de las reacciones químicas, se considera justificado que una de ellas trate sobre la determinación del calor de reacción, con el fin de aclarar dudas del alumnado y contribuir a consolidar los conocimientos expuestos en las clases teóricas.

El presente trabajo, cuyo avance fue presentado recientemente como comunicación a congreso [3], describe la práctica de laboratorio acerca de la determinación del calor de reacción de disolución para el caso de dos sólidos solubles en agua (hidróxido de sodio y nitrato de potasio)

2. Desarrollo

2.1. Cuestiones previas a la realización de la práctica en el laboratorio

2.1.1. Expresa en forma breve los siguientes conceptos: entalpía, proceso endotérmico, proceso exotérmico, calor específico.

2.1.2. Escriba la ecuación termoquímica ajustada para la reacción de disolución del hidróxido de potasio en agua.

Para la cumplimentación de este apartado, el alumnado deberá revisar los textos incluidos en la bibliografía recomendada de la asignatura [4, 5].

2.2. Objetivos de la práctica

- Que el alumnado distinga entre un proceso endotérmico y un proceso exotérmico.
- La determinación del valor de la entalpía para reacciones de disolución de sólidos solubles. Para ello se utiliza un calorímetro sencillo, considerando que el calor implicado se emplea totalmente para modificar la temperatura de la disolución acuosa, despreciándose otras pérdidas al exterior.

2.3. Material y reactivos necesarios

2.3.1. Material

- 1 Calorímetro con termómetro
- 1 Balanza granataria
- 1 probeta de 50 mL
- 1 Espátula
- 1 Frasco lavador
- 1 Vidrio de reloj

2.3.2. Reactivos

- Hidróxido de sodio, NaOH
- Nitrato de potasio, KNO₃

2.4. Procedimientos, planteamiento de problemas, cálculos y valores de referencia

2.4.1. Determinación de la entalpía (ΔH) de la reacción de disolución del hidróxido de sodio, NaOH.

Para ello se prepara una disolución de concentración 1 M siguiendo las indicaciones del procedimiento, con el fin de obtener los datos que permitan calcular el valor de la entalpía.

2.4.1.1. Procedimiento [6]

- Se miden 50 mL de agua destilada con la probeta ($m_{\text{agua}} = 50 \text{ g}$) y se vierten en el calorímetro. Se cierra el calorímetro y se anota la temperatura cuando se alcanza un valor constante (t_1)
- Se pesa en una balanza, sobre un vidrio de reloj, una cantidad exacta de hidróxido de sodio sólido (entre 1,9 y 2,0 g), anotando dicha cantidad (m_{NaOH}).
- Se añade el hidróxido de sodio al calorímetro y se cierra; se agita suavemente el calorímetro para favorecer la disolución y se anota la temperatura máxima alcanzada (t_2).

Dado que el hidróxido de sodio sólido es una sustancia higroscópica, la pesada y la disolución deben realizarse con cierta rapidez.

2.4.1.2. Problema

- Escriba la ecuación química correspondiente a la reacción de disolución del NaOH en agua.
- Calcule el calor que se intercambia al preparar la disolución 1 M de NaOH.

$$Q_{\text{CALORÍMETRO}} = m \text{ (disolución NaOH 1 M)} \times C_e \text{ (disolución NaOH 1 M)} \times (t_2 - t_1)$$

Datos:

$$C_e \text{ (disolución NaOH 1 M)} = 3,93 \text{ J/g}^\circ\text{C};$$

$$m \text{ (disolución NaOH 1 M)} = \text{masa de la disolución de NaOH} = m_{\text{NaOH}} + m_{\text{agua}}$$

$$t_1 = \text{temperatura inicial}; t_2 = \text{temperatura final.}$$

- Expresa el valor hallado de ΔH para la reacción en J/mol, sabiendo que:

$$Q_{\text{CALORÍMETRO}} = - Q_{\text{REACCIÓN}} = - \Delta H_{\text{REACCIÓN}}$$

Justifique el número de cifras significativas de cada uno de los valores experimentales y de los obtenidos como resultado de las operaciones matemáticas efectuadas.

2.4.1.3. Valor de referencia para la entalpía de la reacción de disolución del hidróxido de sodio

En este apartado se determina el valor de referencia de la entalpía para esta reacción, a partir de tablas de datos de entalpías de sustancias [7]:



$$\Delta H_{\text{reacción}} = \sum (\Delta H_f(\text{productos})) - \sum (\Delta H_f(\text{reactivos})) = [1 \text{ mol Na}^+ \cdot (-239,89 \text{ kJ/mol Na}^+) + 1 \text{ mol OH}^- \cdot (-229,97 \text{ kJ/mol OH}^-)] - [1 \text{ mol NaOH} \cdot (-425,61 \text{ kJ/mol NaOH})] = -469,86 \text{ kJ} + 425,61 \text{ kJ} = -44,25 \text{ kJ}; \Delta H_{\text{reacción}} = -44,25 \text{ kJ/mol NaOH.}$$

En el cálculo anterior no se incluye la entalpía de formación del H₂O (l), ya que figura en los dos miembros de la ecuación química.

Otro valor de referencia publicado en la bibliografía [8] es -44,51 kJ/mol NaOH, prácticamente coincidente con el calculado anteriormente.

El alumnado comparará el resultado obtenido experimentalmente en la práctica con el valor de referencia calculado a partir de datos tabulados.

2.4.2. Determinación de la entalpía (ΔH) de la reacción de disolución del nitrato de potasio, KNO₃

Para ello se preparará una disolución de concentración 1 M siguiendo las indicaciones del procedimiento, con el fin de obtener los datos que permitan calcular el valor de la entalpía.

2.4.2.1. Procedimiento [6]

- Se miden 50 mL de agua destilada con la probeta ($m_{\text{agua}} = 50 \text{ g}$) y se vierten en el calorímetro. Se cierra el calorímetro y se anota la temperatura cuando se alcanza un valor constante (t_1)
- Se pesa en una balanza, sobre un vidrio de reloj, una cantidad exacta de nitrato de potasio sólido (sobre 5,0 g), anotando la cantidad pesada (m_{KNO_3}).

- Se añade el nitrato de potasio al calorímetro y se cierra; se agita suavemente el calorímetro para favorecer la disolución y se anota la temperatura mínima alcanzada (t_2).

2.4.2.2. Problema

a) Escriba la ecuación química correspondiente a la reacción de disolución del KNO_3 en agua.

b) Calcule el calor que se intercambia al preparar la disolución 1 M de KNO_3 .

$$Q_{\text{CALORÍMETRO}} = m (\text{disolución } \text{KNO}_3 \text{ 1 M}) \times C_e (\text{disolución } \text{KNO}_3 \text{ 1 M}) \times (t_2 - t_1)$$

Datos:

C_e (disolución KNO_3 1 M) = 3,81 J/g. $^{\circ}\text{C}$;

M (disolución KNO_3 1 M) = masa de la disolución de KNO_3 = $m_{\text{KNO}_3} + m_{\text{agua}}$

t_1 = temperatura inicial; t_2 = temperatura final.

c) Expresa el valor hallado de ΔH para la reacción en J/mol, sabiendo que:

$$Q_{\text{CALORÍMETRO}} = - Q_{\text{REACCIÓN}} = - \Delta H_{\text{REACCIÓN}}$$

Justifique el número de cifras significativas de cada uno de los valores experimentales y de los obtenidos como resultado de las operaciones matemáticas efectuadas.

2.4.2.3. Valor de referencia para la entalpía de la reacción de disolución del nitrato de potasio

En este apartado se determina el valor de referencia de la entalpía para esta reacción, a partir de tablas de datos de entalpías de sustancias [7]:



$$\Delta H_{\text{reacción}} = \sum (\Delta H_f(\text{productos})) - \sum (\Delta H_f(\text{reactivos}))$$

$$= [1 \text{ mol } \text{K}^+ \cdot (-251,79 \text{ kJ/mol } \text{K}^+) + 1 \text{ mol } \text{NO}_3^- \cdot (-205,79 \text{ kJ/mol } \text{NO}_3^-)] - [1 \text{ mol } \text{KNO}_3 \cdot (-492,70 \text{ kJ/mol } \text{KNO}_3)] = -457,58 \text{ kJ} + 492,70 \text{ kJ} = 35,12 \text{ kJ}; \Delta H_{\text{reacción}} = 35,12 \text{ kJ/mol } \text{KNO}_3.$$

En el cálculo anterior no se incluye la entalpía de formación del $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$, ya que figura en los dos miembros de la ecuación química.

Otro valor de referencia publicado en la bibliografía [8] es 34,89 kJ/mol KNO_3 , muy próximo al calculado anteriormente.

El alumnado comparará el resultado obtenido experimentalmente en la práctica con el valor de referencia calculado a partir de datos tabulados.

2.5. Cuestiones a resolver por el alumnado

Finalizado el procedimiento experimental y los cálculos, con la finalidad de verificar si el alumnado ha comprendido y asimilado los conocimientos expuestos, deberá resolver unas cuestiones, propuestas por el profesorado, de entre las enunciadas en este apartado. Dichas cuestiones están relacionadas con el desarrollo de la práctica y con sus fundamentos teóricos:

2.5.1. ¿Por qué es necesario realizar con rapidez la pesada del hidróxido de sodio y la preparación de su disolución acuosa?

2.5.2. ¿De qué tipo es el proceso de disolución del hidróxido de sodio?, ¿y el proceso de disolución del nitrato de potasio?

2.5.3. Si sabemos que una reacción es exotérmica en un sentido, ¿qué se puede decir de la reacción en el sentido contrario?

2.5.4. El proceso de disolución del hidróxido de potasio en agua es exotérmico. ¿Cuál es el signo de $Q_{\text{CALORÍMETRO}}$? Si se añade hidróxido de potasio al agua contenida en un matraz, ¿el matraz se notaría caliente o frío?

2.5.5. ¿Cómo determinaría que se ha alcanzado el equilibrio de disolución de las sales?

2.5.6. ¿A qué se debe la diferencia entre los valores obtenidos experimentalmente y los teóricos?

2.5.7. ¿Cambiaría la magnitud del calor intercambiado en el calorímetro si modificamos la cantidad de sal?, ¿y la magnitud de la entalpía molar de disolución?

2.5.8. ¿Por qué no se ha tenido en cuenta el calor absorbido o cedido por el calorímetro y el termómetro?

2.5.9. ¿Conoce algún ejemplo cotidiano en el que se emplee el calor o el frío producidos al disolver una sustancia? (limpiador de tuberías, bolsas de frío para contusiones, etc.).

2.6. Informe final

El informe, a presentar por el alumnado al final de la práctica, deberá abarcar los puntos que se indican:

- Enunciado y resolución de las cuestiones previas.

- Datos de las cantidades pesadas de hidróxido de sodio y de nitrato de potasio, además de las temperaturas iniciales (t_1) y finales (t_2) de cada uno de los apartados de la parte experimental.
- Cálculos necesarios para la determinación de las entalpías de las reacciones de disolución del hidróxido de sodio y del nitrato de potasio, justificando el número de cifras significativas de cada valor experimental y de los resultantes de las operaciones matemáticas realizadas. Asimismo, el alumnado comparará los resultados obtenidos con los valores de referencia correspondientes.
- Enunciado y resolución de las cuestiones propuestas al terminar la parte experimental.

2.7. Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a los profesores de la Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol, María Victoria González Rodríguez y Jesús Manuel Castro Romero, por su colaboración y orientación en la elaboración del presente trabajo.

3. Conclusiones

Del presente trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- 3.1. Los procedimientos propuestos son sencillos, rápidos y económicos, tanto desde el punto de vista del material como de los reactivos empleados.
- 3.2. Las cuestiones previas tratan de conseguir que el alumnado, apoyándose en la bibliografía recomendada, se centre en el tema en cuestión, antes de la realización de la práctica en el laboratorio.
- 3.3. Se orienta al alumnado en la realización de los cálculos de los calores de reacción de disolución para los dos problemas propuestos y en la determinación de los respectivos valores de referencia, mediante la aplicación de la ley de Hess.
- 3.4. Con el fin de verificar si el alumnado ha entendido y asimilado los conocimientos expuestos, al final de la parte experimental y de los cálculos, éste deberá resolver unas cuestiones propuestas por el profesorado.

3.5. Se guía al alumnado para que pueda elaborar con éxito los apartados del informe final que deberá presentar al finalizar la práctica.

4. Bibliografía

- [1] Guía docente de la asignatura Química de los Grados en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF), Universidade da Coruña (UDC). Curso 2025-26.
- [2] Programa de la asignatura Química de los Grados en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Escola Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF), Universidade da Coruña (UDC). Curso 2025-26.
- [3] Fernández, J.M.; Alonso, E.; González, E. (2026). Práctica de laboratorio: Determinación del calor de reacción. En Asociación de Químicos de Galicia (Eds.), VII Congreso Internacional de Didáctica de la Química (p.142). Congreso Online: Colegio Oficial de Químicos de Galicia.
- [4] Química, 13ª Edición. H. Serrano (Eds.), Madrid, McGraw-Hill, 2020.
- [5] Química General. Principios y Aplicaciones Modernas, 11ª Edición. M. Martín (Eds.), Madrid, Pearson Educación, S. A., 2017.
- [6] Experimentos de Química. Aplicaciones a la Vida Cotidiana. F. Vinagre (Eds.), Calamonte (Badajoz), Editorial Filarias, 2006.
- [7] Problemas Resueltos de Química. La Ciencia Básica. I. Capella (Eds.), Madrid, Thomson Editores Spain - Paraninfo, S. A., 2007.
- [8] Handbook of Chemistry and Physics, 65ª Ed. R. Weast (Eds.), Boca Raton (Florida), CRC Press, Taylor & Francis, 1984.

Crucigramas como herramienta didáctica para el aprendizaje de la Bioquímica

Centelles J.J.^{*}, Imperial S., Moreno E.

Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona. Spain

*josepcentelles@ub.edu

Resumen

El estudio de la asignatura de Bioquímica representa un reto para los estudiantes debido a la complejidad de las rutas metabólicas y al elevado número de intermediarios y enzimas que deben comprender y recordar. En los últimos años, las metodologías de aprendizaje activo y las estrategias de gamificación han demostrado ser herramientas eficaces para mejorar la motivación y la participación del alumnado en el proceso educativo. El aprendizaje basado en juegos (game-based learning) se ha consolidado como un enfoque pedagógico capaz de aumentar el compromiso, la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes al transformar el aprendizaje en una experiencia interactiva y participativa.

En este contexto, se desarrolló una actividad didáctica basada en la elaboración de crucigramas centrados en conceptos clave del metabolismo. Los crucigramas se diseñaron utilizando definiciones relacionadas con intermediarios metabólicos, enzimas y procesos bioquímicos. A partir de dichas definiciones, los estudiantes debían identificar los términos correspondientes y completar la cuadrícula del crucigrama, lo que favorece la recuperación activa de la información y la familiarización con la terminología específica de la disciplina.

Los crucigramas constituyen una forma sencilla de gamificación educativa y han demostrado tener un impacto positivo en la enseñanza de ciencias de la salud, al aumentar el interés de los estudiantes y mejorar la adquisición de conocimientos. Asimismo, las actividades basadas en puzzles y juegos fomentan el aprendizaje activo, la concentración y el desarrollo de habilidades cognitivas como el razonamiento y la resolución de problemas.

En conjunto, esta estrategia didáctica pretende facilitar la comprensión y memorización de conceptos metabólicos mediante una actividad lúdica que complementa la enseñanza tradicional. La incorporación de crucigramas en la docencia de Bioquímica puede contribuir a reforzar el aprendizaje de la terminología metabólica y a mejorar la implicación del alumnado en el proceso formativo.

Introducción

En los últimos años, las metodologías de aprendizaje activo y las estrategias de game-based learning han demostrado ser herramientas eficaces para mejorar la motivación, la participación y el rendimiento académico del alumnado [1]. En este contexto, el aprendizaje basado en juegos se ha consolidado como un enfoque pedagógico capaz de transformar el proceso educativo en una experiencia más interactiva, participativa y centrada en el estudiante [1]. Su aplicación educativa permite reforzar la adquisición de vocabulario técnico mediante actividades lúdicas que estimulan la memoria, la asociación conceptual y la resolución de problemas.

En el ámbito de la bioquímica, donde los estudiantes deben familiarizarse con una terminología extensa y compleja relacionada con metabolitos, enzimas, rutas metabólicas y procesos celulares, los crucigramas representan una herramienta complementaria que favorece la consolidación del lenguaje científico y mejora la retención de conceptos clave. El estudio de esta disciplina suele presentar dificultades derivadas tanto de la complejidad de las rutas metabólicas como del elevado número de intermediarios y enzimas que los estudiantes deben recordar. Por ello, resulta necesario incorporar recursos didác-

tivos innovadores que faciliten la comprensión y memorización de dichos contenidos mediante metodologías más dinámicas y participativas.

Tradicionalmente, los crucigramas han sido empleados en la enseñanza de lenguas extranjeras y en la alfabetización académica para fortalecer el aprendizaje de vocabulario, ortografía y comprensión lectora. Diversos estudios pedagógicos han mostrado que estas actividades promueven la participación del alumnado, incrementan la motivación y facilitan el aprendizaje autónomo, especialmente cuando se integran en metodologías centradas en el estudiante. La transferencia de esta estrategia a las ciencias biomédicas responde a la necesidad de desarrollar recursos educativos innovadores que hagan más accesible el aprendizaje de contenidos altamente especializados. En este sentido, los crucigramas constituyen una forma sencilla de gamificación educativa y han demostrado tener un impacto positivo en la enseñanza de ciencias de la salud, aumentando el interés de los estudiantes y mejorando la adquisición de conocimientos [2].

Entre las principales ventajas del uso de crucigramas en docencia destacan su capacidad para fomentar el aprendizaje significativo, estimular la memoria semántica y favorecer la repetición activa de términos técnicos. Además, pueden utilizarse como actividades de repaso, evaluación formativa o refuerzo conceptual, permitiendo al estudiante identificar relaciones entre conceptos y mejorar la precisión terminológica. Las actividades basadas en puzzles y juegos también fomentan el aprendizaje activo, la concentración y el desarrollo de habilidades cognitivas como el razonamiento y la resolución de problemas [3]. Desde una perspectiva motivacional, el componente lúdico reduce la percepción de dificultad de la asignatura y puede incrementar el interés y la participación en el aula. Asimismo, los crucigramas son recursos flexibles, de bajo costo y fácilmente adaptables tanto a formatos impresos como digitales.

Sin embargo, esta metodología también presenta ciertas limitaciones. Los crucigramas suelen centrarse en la memorización y reconocimiento de términos, por lo que, si se utilizan de manera aislada, podrían no promover niveles profundos de razonamiento crítico o comprensión conceptual compleja. Además, su diseño requiere una adecuada selección de definiciones y palabras clave para evitar ambigüedades o simplificaciones excesivas. Otro aspecto que considerar es que algunos estudiantes pueden percibir estas actividades como infantiles o poco relevantes si no se integran adecuadamente dentro de una estrategia pedagógica más amplia. Por ello, se recomienda que los crucigramas sean empleados como herramientas complementarias y no como sustitutos de otras metodologías activas orientadas al análisis y aplicación de conocimientos.

Así pues, aparte del uso de crucigramas en bioquímica como una alternativa pedagógica innovadora que combina elementos de aprendizaje lúdico con el fortalecimiento del vocabulario científico, pueden utilizarse también otros juegos como el salto del caballo, laberintos o juegos de encadenar palabras. Su incorporación en la educación superior puede contribuir a mejorar la motivación, la participación y la familiarización del alumnado con la terminología especializada, especialmente cuando se integran dentro de enfoques didácticos participativos y centrados en el estudiante. Además, este tipo de actividades favorece la recuperación activa de la información y la consolidación de conceptos metabólicos fundamentales, complementando eficazmente la enseñanza tradicional de la Bioquímica [1–3].

Desarrollo

Para este trabajo se preparó un crucigrama referido a las reacciones redox. En primer lugar, se buscaron palabras sobre el tema, que fueron: oxidación, reducción, oxidante, reductor, estequiometría, carga, semireacción, igualar.

Puesto que se precisaban más palabras para completar el juego, se incorporaron también otras relacionadas con el tema de equilibrio ácido-base: ácido, base, acidificar, protones, electrones, equilibrio, indicador.

Estas palabras se incorporaron a una cuadrícula intentando un máximo de repetición de letras entre las mismas. La cuadrícula que se obtuvo se muestra en la Figura 1.

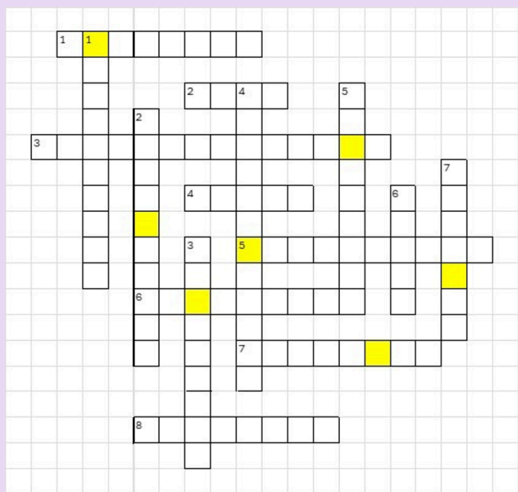


Figura 1.- Cuadrícula de un crucigrama del tema de redox. A partir de las definiciones, se solicita rellenar con las palabras correspondientes. Las letras de las casillas marcadas en amarillo pueden formar un anagrama relacionado con una de las reacciones redox más conocidas.

A partir de las palabras, se buscaron las definiciones de las mismas, generando los enunciados del crucigrama:

Horizontales:

1. Sustancia que cede electrones (se oxida) y provoca la reducción de otra.
2. Sustancia capaz de aceptar protones (H^+) o de ceder electrones según la definición utilizada por Brønsted-Lowry o Lewis.
3. Cálculo de las proporciones cuantitativas de reactivos y productos en una reacción química.
4. Propiedad eléctrica de una partícula; puede ser positiva (+), negativa (-) o neutra.
5. Aumentar la concentración de iones H^+ (o H_3O^+) en una disolución, de manera que el pH de dicha disolución disminuya.
6. Ganancia de electrones por parte de una sustancia (o disminución de su número de oxidación).

7. Sustancia que recibe electrones (se reduce) y provoca la oxidación de otra.
8. Átomos de hidrógeno que han perdido su único electrón y, por tanto, sólo conservan el núcleo.

Verticales:

1. Partículas subatómicas con carga negativa que intervienen en las reacciones químicas de oxidación-reducción y que transmiten la corriente eléctrica.
2. Estado en el que, en una reacción química reversible, las velocidades de la reacción directa y de la inversa son iguales y las concentraciones de reactivos y productos se mantienen constantes.
3. Sustancia que cambia de color según el medio químico, por ejemplo, el pH, y se utiliza para detectar el punto final de una valoración o la acidez/basicidad de una disolución.
4. Parte de una reacción redox que muestra sólo la oxidación o sólo la reducción.
5. Pérdida de electrones por parte de una sustancia (o aumento de su número de oxidación).
6. Sustancia capaz de dar protones (H^+) o de aceptar electrones según la definición utilizada por Brønsted-Lowry o Lewis.
7. Ajustar una ecuación para que haya el mismo número de átomos de cada elemento (y la misma carga) en ambos lados.

Palabra clave: A partir de las letras que aparecen en las casillas marcadas en amarillo, formar un anagrama de un científico que inventó una pila que lleva su nombre.

SOLUCIONES

Horizontales: 1. Reductor; 2. Base; 3. Estequiometría; 4. Carga; 5. Acidificar; 6. Reducción; 7. Oxidante; 8. Protones.

Verticales: 1. Electrones; 2. Equilibrio; 3. Indicador; 4. Semireacción; 5. Oxidación; 6. Ácido; 7. Igualar.

Palabra clave: A partir de las letras EILALDN se puede obtener la palabra clave: Daniell, donde la pila Daniell es la más famosa, e implica la reacción: $Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$

Discusión

Preparar crucigramas es bastante complejo, y debido a que en nuestro caso nos centramos en un conjunto de palabras relacionadas con un tema de química, aún más complejo. En nuestro caso, no era posible usar palabras que no pertenecieran al tema en cuestión. Por eso, aquí hemos preparado más bien, un juego relacionado con palabras cruzadas. Eso hace que no haya tantas letras coincidentes entre las palabras que se van obteniendo a medida que se soluciona el crucigrama, y por ello solucionarlos también es difícil.

Este crucigrama se ha preparado para alumnos que estudian el equilibrio redox. Sin embargo, en nuestro grupo de innovación docente consolidado (GINDOC-UB/180) hemos preparado otros tipos de juego para los alumnos de bioquímica, que incluyen crucigramas del metabolismo de hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa. En la Figura 2 se muestra la portada de nuestro libro: “Juegos de Palabras aplicados al aprendizaje de la bioquímica”, Josep J. Centelles, Estefanía Moreno, Pedro R. de Atauri y Santiago Imperial. Editorial Eliva, que contiene anagramas, juegos de palabras huecas, del salto de caballo, laberintos, encadenados, ... Para más información, ver la web de Amazon: <https://www.amazon.com/Palabras-Aplicados-Aprendizaje-Bioqu%C3%ADmica-Spanish/dp/9999319130>

Conclusiones

- La enseñanza de la Bioquímica presenta dificultades inherentes debido a la complejidad de sus contenidos, lo que hace necesario incorporar estrategias pedagógicas innovadoras que faciliten el aprendizaje.
- El uso de metodologías activas y, en particular, del aprendizaje basado en juegos, se posiciona como una herramienta eficaz para mejorar la motivación y la implicación del alumnado.
- Los crucigramas se presentan como un complemento valioso a la enseñanza tradicional de la Bioquímica, capaz de enriquecer la experiencia educativa y facilitar la adquisición de conocimientos de manera más atractiva y efectiva.

Agradecimientos

Los autores pertenecemos al grupo de innovación docente consolidado QuiMet (Metabolismo en el Grado de Química) (GINDOC-UB/180). Agradecemos a RIMDA, Universitat de Barcelona, por el reconocimiento de nuestro trabajo, y la concesión del proyecto: “Aplicació de Breakout-rooms o Escape-rooms on-line als graus de Química i Bioquímica” (2025DIG-UB/007).

Referencias

- [1] M. Videnovik, T. Vold, L. Klønig, A.M. Bogdanova, V. Trajkovik, International Journal of STEM Education, (2023) 10:54-77.
- [2] M. Arnold, S. Tan, T. Pakos, B. Stretton, J. Koor, A. Gupta, J. Thomas, S. Bacchi, Medical Science Educator, (2024) 34: 1231-1237.
- [3] R. Khorammakan, A. Omid, M. Mirmohammadsadeghi, A. Ghadami, BMC Medical Education, (2023) 23: 241-255.



Figura 2.- Portada y contraportada del libro: “Juego de palabras aplicado al aprendizaje de la Bioquímica”, que incluye crucigramas de bioquímica, y otros juegos.

Una pila “la mar de salada”. (Pila de concentración)

Ruiz Matas, María de los Ángeles. Barbadillo Jove, Fernando
I.E.S. Ricardo Carvalho Calero, Ferrol, Galicia, España
mruizmatas@edu.xunta.gal; fernandobarbadillo@edu.xunta.gal

Las reacciones redox son la base de múltiples procesos industriales para la obtención y purificación de materiales: por ejemplo, en los altos hornos se obtiene el hierro por reducción de sus minerales con carbón, de forma similar el silicio se obtiene a partir del cuarzo (SiO_2). El aluminio se obtiene por electrolisis de su óxido, una vez que se han retirado las impurezas de la bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Por electrolisis también se purifican algunos metales.

La corrosión de los metales son reacciones redox. La prevención de este deterioro genera cuantiosos gastos [2, 5].

Las reacciones de combustión son históricamente la principal fuente de energía. Las pilas desechables (alcalinas y salinas), las baterías recargables (de litio o plomo), y las celdas de combustión, en que la oxidación de un combustible se lleva sin desprendimiento de calor [2], son procesos redox en que la energía de la reacción química se transforma en energía eléctrica. Hay estudios para generar electricidad a partir de aguas residuales mediante celdas de combustible microbiana [3, 4].

Una pila o, celda electroquímica es un dispositivo para generar electricidad mediante una reacción redox espontánea. Se puede preparar una pila en el laboratorio con disoluciones de dos iones con distinto potencial redox, por ejemplo, la pila cobre-cinc (pila Daniell) se prepara utilizando dos vasos de precipitados, una lámina de cinc y otra de cobre y dos disoluciones de sales de estos metales, por ejemplo (ZnSO_4 y CuSO_4). Se pone en uno de los vasos la disolución de sulfato de cinc y se introduce parcialmente la lámina de zinc metálico (Zn), en el otro vaso la disolución de sulfato de cobre y la lámina de cobre conectando ambos metales por un conductor eléctrico (un voltímetro si queremos medir la diferencia de potencial). Para cerrar el circuito se conectan ambas disoluciones con un puente salino

no que se puede preparar con un tubo en U que se ha rellenado con una disolución de un electrolito (KNO_3 por ejemplo) y taponado en sus extremos con algodón o fibra de vidrio y que se introduce invertido en los vasos [Figura 1]. El voltímetro acusa esta corriente: los electrones viajan desde el ánodo (Zn) hacia el cátodo (Cu) a través del cable.

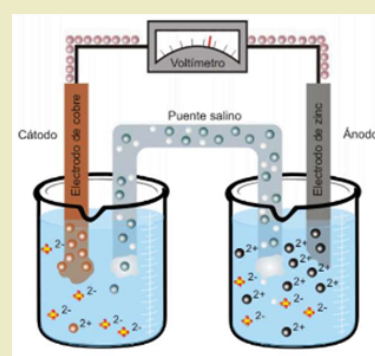


Figura 1 Pila Daniell Cu-Zn

Una pila de concentración se puede preparar con disoluciones de un mismo ion pero con distinta concentración en cada vaso, en este caso se establece una diferencia de potencial hasta que las concentraciones en los dos vasos se igualan. En esta práctica se pretende mostrar la posibilidad de preparar una pila de concentración utilizando reactivos y materiales lo más sencillo posible, por ello se ha elegido como disolución concentrada agua de mar, aunque es una disolución de varios iones, y como disolución diluida agua dulce, en este caso se ha usado agua de la traída. Como electrodos se han usado un lápiz grafito. Y por último puente salino se ha usado papel de cocina humectado con una disolución de sal de cocina.

El potencial de la pila vendría dado por la ecuación de Nernst, aunque en este caso E^0 será cero, pues el potencial redox del ion en el ánodo y el cátodo es el mismo, porque las dos semireacciones son iguales [1, 2].

$$E = E^{\circ} - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \left(\frac{[\text{Concentrada}]}{[\text{diluida}]} \right)$$

Al objeto de simplificar, hemos evitado otras “concreciones” como que no se ha determinado salinidad (por ejemplo: la concentración en cloruros por precipitación con AgNO_3) del agua de mar recogida, ni la concentración de iones del agua de la traída, que probablemente nos lo habría facilitado el servicio municipal. El puente salino se había pensado usar un tubo de laboratorio taponado en ambos extremos por fibra de vidrio, y relleno de una disolución de una sal de iones distintos como KNO_3 , pero para simplificar se ha optado por sal marina “que funciona”. Además de esta forma no introducimos en el medio ningún ion extraño o ni contaminante. Las experiencias se han llevado a cabo a la temperatura ambiente.

Materiales

- Disolución concentrada: agua de mar, la toma se ha realizado en las proximidades del castillo de san Felipe en la ría de Ferrol, con la marea entrante. [Figura 2]
- Disolución diluida: se utilizó agua de la traída de Ferrol.
- Puente salino: se utilizó sal de cocina marca “Ballena sal marina”, empapando una tira de papel de cocina marca “Oliña”.
- Los electrodos de grafito se prepararon cortando un lápiz grafito, marca Faber Castell – Pitt Graphite, sin más preparación que retirar la envoltura plástica para que hiciese buen contacto.



Figura 2 Lugar toma de muestra

Resultados

Los voltajes obtenidos han variado ligeramente de un grupo a otro. Se ha mostrado como con materiales naturales muy económicos totalmente ecológicos se puede obtener electricidad. Se les ha indicado como las diferencias de potencial y las intensidades se pueden sumar asociando varias pilas. Por último, se ha pedido a los alumnos que elaboraran proyectos para obtener un potencial razonable a partir de esta pila. Es posible que el papel de cocina tuviese “aditivos”, se prepararon celdas utilizando papel de filtro del laboratorio.

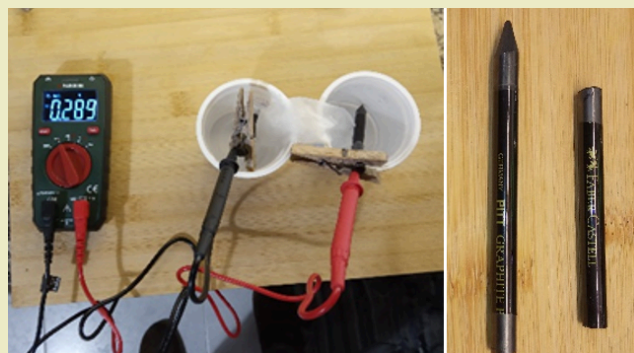


Figura 3 Resultado de una pila y electrodos

Referencias

- [1] Levine Ira N. Fisicoquímica 5ª Edición tomo 2
- [2] Chang R. Química 7ª edición.
- [3] Romero Mejía, A. y otros. Bacterias, fuente de energía para el futuro. Tecnura Vol. 16 No.32, 2012
- [4] Valencia Pacho, M. Tesis grado: Evaluación de generación de electricidad y remoción de materia orgánica en celdas de combustible microbiana en aguas residuales de camal. Universidad Nacional Del Altiplano. Puno (Perú). 2018.
- [5] Aguilar Rivas, R.A. Corrosión metálica. Casos específicos. RIIYM – ISSN 2525-0396, Vol: V, Nº 9

PSN Ahorro Inteligente

Yo tengo **Previsión**

Por eso no tengo que
elegir entre rentabilidad
y disponibilidad para
mis ahorros

Impulsa tu futuro desde
solo 600€ y disfruta de
acceso total a tu dinero
con una rentabilidad de

2,15%

GARANTIZADA
HASTA FINAL DE AÑO



Previsión Sanitaria Nacional

910 616 790

Sigue a Grupo PSN



SEGUROS • AHORRO • INVERSIÓN





Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Galicia

Asociación de Químicos de Galicia

Rúa Lisboa, 10, Edificio Área Central, 1ª planta, Local 31-E
15707 Santiago de Compostela (A Coruña)

Tel. 623 033 325

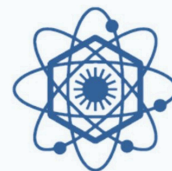
Horario Sede: Lunes a Viernes de 10:00 a 14:00 horas

secretaria@colquiga.org

www.colquiga.org



**Colexio Oficial de
Químicos de Galicia**



**ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE GALICIA**