

Educación en la Química

Volumen 31

Número 1

ISSN 0327-3504

ISSN-en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de Docentes en la
Enseñanza de la Química de la República Argentina



ADEQRA

2025

Educación en la Química

ISSN 0327-3504 ISSN-en línea 2344-9683

Revista de la Asociación de Docentes en Enseñanza de la Química de la República Argentina (ADEQRA).

Educación en la Química (Título clave abreviado: *EDENLAQ*) es una publicación semestral abierta al mundo que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación en la química. En ella, se dan a conocer resultados de investigaciones en didáctica de la química, experiencias de innovación considerando las aulas y los laboratorios extendidos, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que promueva el enriquecimiento y la profesionalización de las y los docentes de química.

La revista EDENLAQ se distribuye gratuitamente en línea siguiendo una licencia Creative Commons 4.0 Atribución – NoComercial – Sin Derivadas. Se autoriza la reproducción total o parcial de los materiales citando la fuente. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores. Sin embargo, el Equipo Editorial se reserva el derecho de excluir aquellas contribuciones que no respondan a las normas de ética vinculadas a la investigación educativa y a la enseñanza de las ciencias, así como también aquellas que no correspondan al ámbito de incumbencia de la revista.

La comunidad de lectoras/es podrá enviar ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a todas las personas interesadas en la educación en la química.



Comité Editorial:

Directora

María Gabriela Lorenzo
Universidad de Buenos Aires - CONICET

Directora Emérita

Luz Lastres Flores
Universidad de Buenos Aires

Editor Asociado

Germán Hugo Sánchez
Universidad Nacional del Litoral

Editoras de Secciones

Andrea Soledad Farré
Universidad Nacional de Rio Negro Sede Andina - CONICET
Andrea Silvana Ciriaco
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Norma Beatriz Jones
Instituto Superior de Formación Docente N°808

Comité Académico Nacional

Adriana Bertelle *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Alfio Zambon *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina*
Ana Beatriz Fuhr Stoessel *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Andrés Raviolo *Universidad Nacional de Río Negro, Argentina*
Celia Edilma Machado *Universidad Nacional de Rosario, Argentina*
Cristina Iturralde *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*
Erwin Baumgartner *Universidad Austral, Argentina*
Héctor Santiago Odetti *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
José Galiano *Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina*
Juan Manuel Rudi *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
Ligia Quse *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*
Liliana Lacolla *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Lydia Galagovsky *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
María Basilisa García *Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina*
Marina Masullo *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*
Marisa Repetto *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Marta Bulwik *exISP Joaquín V. González, Buenos Aires, Argentina*
Martín Gabriel Labarca *Universidad de Buenos Aires - CONICET, Argentina*
Miria Baschini *Universidad Nacional del Comahue, Argentina*
Norma D'Accorso *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Sandra Hernández *Universidad Nacional del Sur, Argentina*
Silvia Porro *Universidad Nacional de Quilmes, Argentina*
Silvina Reyes *Universidad Nacional del Litoral, Argentina*
Teresa Quintero *Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina*

Comité Académico Internacional

Alicia Benarroch Benarroch *Universidad de Granada, España*
Anelise Grunfeld de Luca *Instituto Federal Catarinense, Brasil*
Ángel Blanco López, *Universidad de Málaga, España*
Aureli Caamaño Ros *Sociedad Catalana de Química, España*
Bruno Ferreira Dos Santos *Universidade Estadual do Sudoeste da Bahía, Brasil*
Cristian Merino Rubilar *Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*
Diana Parga *Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia*
Gabriel Pinto Cañón *Universidad Politécnica de Madrid, España*
Iñigo Rodríguez-Arteche *Universidad de Almería, España*
Isabel Martins *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*
Johanna Camacho *Universidad de Chile, Chile*
Kira Padilla *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Mario Quintanilla *Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile*
Natalia Ospina Quintero *Universidad Simón Bolívar, Colombia*
Núria Solsona Pairó *Universidad Autónoma de Barcelona, España*
Plinio Sosa Fernández *Consejo Editorial de las revistas Educación Química y Acta Universitaria, México*
Rafael Amador Rodríguez *Universidad del Norte, Colombia*
Vicente Talanquer *University of Arizona, Estados Unidos*

ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva

En la Asamblea celebrada el 15 de marzo de 2024, se ratificó la nueva comisión directiva, que quedó conformada de la siguiente manera:

Presidente:	Teresa Quintero	<i>UNRC</i>
Secretaria:	Andrea Ciriaco	<i>UNPSJB</i>
Tesorera:	Marcela Susana Altamirano	<i>UNRC</i>
Vocal titular:	Sandra Hernández	<i>UNS</i>
Vocal titular:	Germán Hugo Sánchez	<i>UNL</i>
Vocal Suplente:	Andrea Soledad Farré	<i>UNRN</i>
Revisores de Cuentas:		
	1º: Marina Masullo	<i>UNC</i>
	3º: Romina Yppolito	<i>UNRC</i>

Tabla de Contenidos

Editorial

- El lugar de la Química entre las Ciencias y la Tecnología
Germán Hugo Sánchez y María Gabriela Lorenzo 1-5

Investigación en Didáctica de la Química

- Modelado molecular para la enseñanza de conceptos abstractos en Química General del nivel universitario
Juan Pablo Sánchez, Julia Bernik y Paola Quaino 6-16
- Percepción social de estudiantes de escuela técnica sobre uso de glifosato en el cultivo de soja transgénica
Valeria Edelsztein y Dora Castellsaguer 17-39

Innovación para la Enseñanza de la Química

- Enseñanza de la Química en el ingreso universitario. Reflexiones e innovaciones mediante comunidades de prácticas
Nancy Edith Fernandez-Marchesi y Claudia Duarte 40-52
- Contenidos mínimos necesarios para el ingreso a las carreras universitarias de ciencias experimentales
Miriam Gladys Acuña, Griselda Marilú Marchak, Gladis Edith Medina y Alicia Jeannette Baumann 53-62

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

- El premio Nobel de Química 2024
Luz Lastres 63-74
- Congresos, jornadas, seminarios de aquí y de allá...
Andrea S. Farré 75-79

Editorial

EL LUGAR DE LA QUÍMICA ENTRE LAS CIENCIAS Y LA TECNOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

Este año 2025, ha sido proclamado el año Internacional de la Ciencia y Tecnología Cuántica (IYQ, *International Year of Quantum Science and Technology*) por iniciativas de la Organización de las Naciones Unidas a partir de celebrarse el centenario del nacimiento de la mecánica cuántica moderna. A pesar de que esto podría retrotraernos a la sempiterna reducción de la química a la física existen ejemplos donde esa discusión se sintetiza en interesantes propuestas de enseñanza (Carabelli, Farré y Raviolo, 2023) donde se reflexiona sobre la naturaleza de la química. Puede entonces revisarse los orígenes de la química cuántica (Garritz, 2014) para plantearnos cómo interactúan hoy en día la química y la física y cuál es el rol que desempeña la química en relación con la ciencia y la tecnología cuántica. Invitamos a nuestros lectores a sumarse y preparar sus contribuciones en esta temática para el segundo número de nuestra revista a ser publicado en julio.

Con esto en mente, iniciamos el primer número del volumen 31 de la revista de nuestra asociación con artículos originales, la publicación del Premio Nobel de Química 2025 y la compilación de eventos, esperando que sirvan como puntapié inicial para reflexionar y repensar la enseñanza de la Química en nuestra región.

En la sección *Investigación en Didáctica de la Química* se publican dos artículos originales:

El primero, en línea con la temática IYQ, Sánchez, Bernik y Quaino, investigadores de la Universidad Nacional del Litoral indagan sobre el uso de herramientas de modelado molecular para favorecer la enseñanza de conceptos abstractos tales como orbitales atómicos, moleculares y diagramas energéticos de los mismos. Así, presentan los resultados de su investigación al incluir herramientas de modelado molecular para la enseñanza de la Química en un primer año universitario.

Por otra parte, Edelsztein y Castellsaguer, considerando las aportaciones de la química a las ciencias ambientales, comparten las percepciones que poseen estudiantes de una escuela de orientación técnica respecto a herramientas agrobiotecnológicas como el uso del glifosato en el cultivo de soja en Argentina.

En la siguiente sección, *Innovación para la Enseñanza de la Química*, se recopilan dos artículos que toman como eje central la problemática de la



transición escuela-universidad a partir del ingreso. Fernandez-Marchesi y Duarte presentan una experiencia llevada adelante en la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, donde expertas en didáctica desarrollaron comunidades de aprendizaje con docentes a cargo del ingreso en Química a la universidad. En segundo lugar, y desde la Universidad Nacional de Misiones, Acuña, Marchak, Medina y Baumann presentan un estudio de sobre los contenidos mínimos necesarios para comenzar los estudios universitarios.

Finalmente, en la sección *La Educación en la Química en Argentina y el Mundo*, a partir de la traducción realizada por Lastres acerca del Premio Nobel en Química 2024, con alguna intervención de la editora según se comenta más adelante, se relata la gran relevancia de los avances científicos y la IA, su posible aplicación y transferencia en relación con la síntesis y determinación de la estructura proteica, importantes biomoléculas con amplia diversidad funcional. Un poco más adelante y como es habitual, Farré cierra las páginas del presente número con información sobre los eventos, seminarios y congresos de interés para nuestra comunidad.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PODER: UNA MIRADA CRÍTICA AL DETRÁS DE ESCENA DE LOS PREMIO NOBEL

Nos interesa aquí hacer una segunda lectura del texto de la Real Academia Sueca de Ciencias para realizar algunas reflexiones y abrir algunas cuestiones para un posible debate.

En primer lugar, y en línea con lo planteado al inicio de esta editorial, el artículo muestra claramente las imbricadas relaciones entre las tecnologías y el desarrollo del conocimiento científico. Particularmente señala la importancia que han tenido la cristalografía de rayos X y la inteligencia artificial en el conocimiento acerca de la estructura tridimensional de las proteínas. Este relato muestra claramente como siendo dominios de conocimiento ontológica, praxeológica y epistemológicamente diferentes, conviven, interactúan y se retroalimentan con mutuo beneficio.

En segundo lugar, hemos decidido no ingenuamente, incorporar al texto original, los retratos de los investigadores mencionados, que incluyen ganadores del Premios Nobel anteriores (1962 y 1972). ¿Hay algo que les llame la atención? ¿Tienen algo en común? No parece casualidad, que los grandes científicos con sus brillantes aportes sean todos varones blancos hegemónicos del mundo anglosajón.

Solo 6% de todos los galardonados en la historia completa de los premios Nobel han sido mujeres. En 2023 fueron 3 mujeres de un total de 10 premiados, mientras que en el 2024, fue solo una. Esta brecha género, obviamente no solo atañe a las ciencias y deberíamos interpelarnos sobre los detrás de escena de la empresa científica.

En tercer lugar, si analizamos el discurso, el relato deja entrever otras cuestiones interesantes. Al referirse a los antecedentes de los ganadores actuales, se presentan investigadores individuales que obtuvieron éxito en sus descubrimientos a partir de ciertos trucos químicos. Esto estaría mostrando una visión desactualizada de las ciencias, claramente positiva,

que deja por fuera los modos de construcción del conocimiento científico, el trabajo arduo de planificación, de fracasos y revisiones, de la necesidad del trabajo en equipo. No obstante, el texto se redime hacia el final cuando reconoce que Baker no pudo superar solo sus dificultades y que fue un nuevo integrante de su equipo, Jumper, quien contribuyó a alcanzar los resultados deseados. Así también muestra el tiempo transcurrido desde la primera publicación en 2003 y el haber alcanzado el premio en 2024, dando idea de que encontrar buenos resultados de investigación no es algo instantáneo.

Finalmente, un último comentario dedicado a la inteligencia artificial (IA). Resulta ineludible la necesidad de revisar nuestras currículas, nuestras estrategias y actividades de enseñanza. La IA ya ha ganado el premio Nobel, pero no sola, sino como una poderosa asistente del conocimiento humano porque han sido los humanos quienes tomaron las decisiones respecto de los pasos a seguir y de lo que tenía valor o no, de acuerdo con los objetivos planteados.

El Premio Nobel de Química 2024 nos deja mucho para pensar, aprender y revisar. Como docentes e investigadores debemos estar muy atentos.

INCORPORACIONES AL COMITÉ ACADÉMICO

Nuestro equipo editorial celebra la labor de los comités, científico y evaluador, que acompañan al trabajo editorial para que número a número podamos brindarles artículos de calidad. Éstos se componen de docentes e investigadores tanto argentinos como de la comunidad académica internacional. En esta ocasión y en la búsqueda del crecimiento de nuestra revista es que queremos hacer mención a dos nuevos miembros del comité científico internacional, el Dr. Iñigo Rodríguez-Arteche de la Universidad de Almería, España, y el Dr. Mario Quintanilla Gatica de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

El Dr. Rodríguez-Arteche tiene una amplia trayectoria en la formación de profesores de Química y de Física y sus investigaciones están centradas en los modelos de indagación, la integración de proyectos STEM (el modelo Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática por sus siglas en inglés) en aulas de nivel primario y secundario, así como la resolución de problemas abiertos, entre otras (Magán, Rodríguez-Arteche, Rey y Mendoza, 2023; Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar, 2018; Rodríguez-Arteche y col., 2019). Por otra parte, el Dr. Quintanilla Gatica es un reconocido investigador chileno que dirige un importante centro de investigación en enseñanza de las ciencias, el laboratorio GRECIA, que celebró sus 25 años en el 2024. Sus obras enriquecen e inspiran la labor de docentes y posee reconocimiento internacional. Sus líneas de trabajo e investigación abarcan la epistemología y la historia de las ciencias, la formación docente, el lenguaje y el discurso en el aula, el desarrollo de las competencias de pensamiento científico, la evaluación y el aprendizaje de las ciencias, entre otras. Pueden encontrar algunos de sus trabajos en las referencias de esta editorial (Quintanilla, Merino y Marzabal, 2023; Quintanilla-Gatica y col., 2023; Quintanilla-Gatica, M. y col., 2022).

CIERRE E INVITACIÓN A LA REQ 2025

Para cerrar estas páginas iniciales, aprovechamos la oportunidad para comunicar que en la última Asamblea de nuestra Asociación del pasado mes de diciembre se aprobó la próxima sede de la Reunión de Educadores de la Química (REQ). En 2025, la Universidad Nacional de Río Negro sede Andina nos abrirá sus puertas en Bariloche para que podamos reunirnos nuevamente. Esperamos fervientemente poder encontrarnos presencialmente luego de tantos años reclusos detrás de la pantalla. Si bien esta última ha sido la manera en que pudimos sostener y sostenemos clases, seminarios, las dos últimas REQ y hasta las propias asambleas de nuestra Asociación, la presencialidad nos posibilita habitar el encuentro.

Esperamos que podamos encontrarnos junto a nuestras y nuestros lectores participando de nuestro evento, la 21ª REQ 2025. Por último, y como es costumbre en las páginas que inician cada número de EDENLAQ, les invitamos a enviar sus contribuciones para el segundo número del volumen 31 a publicarse en el próximo julio.

Germán Hugo Sánchez y María Gabriela Lorenzo

Dirección Editorial

Enero de 2025

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carabelli, P., Farré, A. S. y Raviolo, A. (2023). Fundamentos históricos y filosóficos de una estrategia lúdica para la enseñanza de la ley periódica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 20(2), 2803-2803. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2803
- Garritz, A. (2014). Historia de la química cuántica. *Educación química*, 25, 170-175. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70555-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70555-5)
- Magán, G. R., Rodríguez-Arteche, I., Rey, A. F. y Mendoza, J. P. (2023). Formación en el Grado de Educación Primaria en las disciplinas STEM: Análisis ante su reforma en España. *Revista de Educación*, 402, 85-113. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-402-596>
- Quintanilla, M., Merino, C. y Marzabal, A. (2023) Química, ciudadanía y sociedad. Un desafío prometedor para la enseñanza de las ciencias en Chile. *Educación Química EduQ*, 30, 41-48. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.233>

- Quintanilla-Gatica, M. R., Orellana-Sepúlveda, C., Solsona-Pairo, N. y Carrasco-Monroy, P. A. (2023). Gender and initial training of science teachers: An approach from its epistemological rationalities. *Ciência & Educação (Bauru)*, 29, e23051. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230051>
- Quintanilla-Gatica, M., Labarrere-Sarduy, A. y Sepúlveda, C. O. (2022). Perfiles epistemológicos sobre resolución de problemas científicos en educadoras de infantil. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(3), 29-50. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3518>
- Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M. (2018). Evaluación de una propuesta para la formación inicial del profesorado de Física y Química a través del cambio en las creencias de los participantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1601. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1601
- Rodríguez-Arteche, I., Bárcena Martín, A. I., Rosa Novalbos, D. y Martínez Aznar, M. M. (2019). Aprendizaje indagativo sobre los cambios físicos y químicos en la formación inicial del profesorado de secundaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(2), 1-20. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4657>

Investigación en didáctica de la Química

MODELADO MOLECULAR PARA LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS ABSTRACTOS EN QUÍMICA GENERAL DEL NIVEL UNIVERSITARIO

Juan Pablo Sánchez^{1,2}, Julia Bernik³, Paola Quaino^{1,2}

1- *Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química. Santa Fe, Argentina.*

2- *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Química Aplicada del Litoral (IQAL). Santa Fe, Argentina.*

3- *Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Humanidades y Ciencias. Santa Fe, Argentina.*

E-mail: jpsanchez@fiq.unl.edu.ar

Recibido: 27/08/2024. Aceptado: 29/11/2024.

Resumen. El modelado molecular es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la investigación en Química. Esta herramienta puede ser incorporada en el aula universitaria de Química para favorecer los procesos de aprendizaje de algunos conceptos abstractos en esta disciplina. En el presente trabajo se estudió el efecto de la implementación de una serie de software de modelado molecular para el dictado de clases prácticas de Química General en los temas de geometría molecular, orbitales y diagrama de energía de orbitales. En especial, se pudo observar una mejora en la comprensión de conceptos de estructura electrónica y orbitales.

Palabras clave. TIC, modelado molecular, Química, orbitales

Molecular modeling for the teaching of abstract concepts in university-level general chemistry

Abstract. Molecular modeling is a widely used tool in the field of Chemical research. This tool can be incorporated into the university Chemistry classroom to enhance the learning processes of certain abstract concepts in this discipline. This study examined the effect of implementing a series of molecular modeling software for teaching practical General Chemistry classes on topics such as molecular geometry, orbitals, and orbital energy diagrams. An improvement was observed in the comprehension of orbitals and electronic structure.

Keywords. ICT, molecular modeling, chemistry, orbitals

INTRODUCCIÓN

La Química siempre se ha constituido, al igual que la mayoría de las Ciencias Naturales, como una ciencia experimental, donde los fenómenos que se observan o miden en laboratorios son fundamentados y explicados mediante una gran diversidad de teorías y modelos. Estas explicaciones y justificaciones de los fenómenos naturales observables han evolucionado a través de la historia humana, principalmente con la teoría atómica y las



subsecuentes mejoras sobre los diferentes modelos atómicos que han sido propuestos (Ebbing y Gammon, 2007).

La Química posee un fuerte vínculo con lo fenomenológico, observable y manipulable (asociado al mundo macroscópico), y lo invisible y diminuto (asociado al mundo submicroscópico). Es específicamente en este aspecto en el cual los estudiantes de Química, en todos los niveles de educación, evidencian dificultades a la hora de comprender la naturaleza de ésta ciencia. Este andamiaje conceptual, que requiere de la fuerte combinación de procesos lógicos y abstractos y que no son siempre trabajados en los niveles iniciales (primario y secundario), se torna prioritario en los niveles superiores (terciario y universitario), ya que es en estos niveles educativos en donde se busca generar profesionales con formación científica que puedan construir y reconstruir los conceptos fundacionales de la disciplina en todos los niveles (Johnstone, 1991, 1997). En este sentido, Johnstone (1982) identificó tres niveles de representación interrelacionados en los que se puede enseñar la química: macroscópico, microscópico (o submicroscópico) y simbólico. Este esquema fue estudiado por numerosos autores (Gkitzia, Salta y Tzougraki, 2020; Taber, 2013; Talanquer, 2010). El nivel simbólico se puede pensar como un puente entre los niveles microscópico y macroscópico, siendo aquí donde entran en relevancia las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ya que constituyen un instrumento potente para vehicular el lenguaje simbólico mediante representaciones gráficas, las cuales pueden ser en dos o tres dimensiones, animadas y/o interactivas.

En particular, existen temas en Química, en todos los niveles y en especial en el universitario, que siempre presentan una gran dificultad para los alumnos, siendo éstos sobre todo los relacionados con estructura electrónica y geometría molecular (Taber, 1997). Este tipo de conceptos constituyen pilares básicos para poder entender otros fenómenos que se elaboran a partir de éstos, sin embargo, presentan una complejidad debido a las características de la Física (Física Cuántica) subyacente y la Matemática que existe para explicarlo. Es por esto que es un desafío afrontar estos temas sin que se confundan conceptos en el proceso de transposición didáctica al tratarlos en un curso inicial de Química (Chevallard, 1985; Lamoureux y Ogilvie, 2021). Es así que las TIC nos brindan herramientas que colaboran en procesos de comprensión de conceptos abstractos por parte de los estudiantes, siempre y cuando se encuentren enmarcados en propuestas de enseñanza que propicien y prioricen dichos procesos. En tal sentido, es posible pensar en la inclusión genuina de estas herramientas, dispositivos y aplicaciones (Maggio, 2012; 2018), en especial para estudiantes de primer año de carreras de Ciencia y Tecnología, no solo con fines didácticos sino también como manera de ampliar los horizontes de las posibles herramientas disponibles como profesionales de la disciplina.

OBJETIVOS

En el presente trabajo se busca estudiar el impacto de la utilización de prácticas educativas en la que se utilizan TIC, en particular programas de

modelado molecular, para la enseñanza de conceptos abstractos, como lo son geometría molecular y orbitales, en alumnos de Química General.

METODOLOGÍA

Para este estudio se propuso la implementación de una clase de trabajo práctico mediado por nuevas tecnologías, utilizando programas de modelado molecular para abordar los temas de orbitales y geometría molecular en la asignatura Química General, que se encuentra en primer año para las carreras de Licenciatura en Química, Profesorado en Química, Químico Analista y Licenciatura en Física. Para indagar y cuantificar sobre los conocimientos adquiridos durante la práctica se implementó una evaluación antes y después de la actividad propuesta.

Propuesta didáctica

El trabajo práctico propuesto consistió en la utilización de una serie de programas (implementados a través de páginas de internet) de modelado molecular. Al estar disponibles de manera online, permiten que sean utilizados en cualquier plataforma (computadora, celular o tablet).

Esta actividad práctica además tenía una guía de consignas abiertas en las que los alumnos debían utilizar los programas disponibles para responder las preguntas que se les realizaban e informar todo en un trabajo final.

Las preguntas que se realizaron en el trabajo práctico rondaban sobre tres ejes temáticos:

Simetría: donde se trabajan conceptos de geometría molecular y polaridad de moléculas; Orbitales: se trabajan representación de orbitales atómicos y orbitales moleculares; Diagrama de orbitales moleculares: trabajan otras representaciones como los diagramas de orbitales moleculares, que permiten entender cómo se ordenan los electrones en átomos y moléculas. Los recursos utilizados fueron tres y en la figura 1 se pueden encontrar algunos ejemplos ilustrativos que muestran qué se puede realizar con cada uno de ellos.

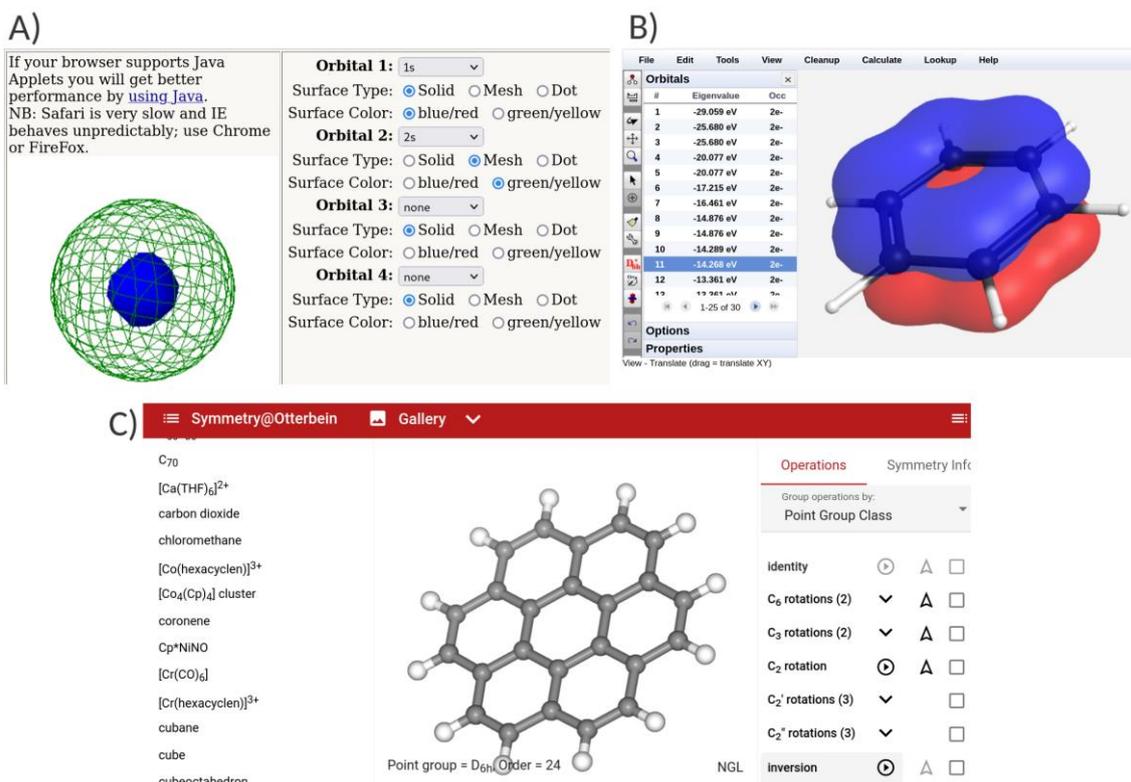


Figura 1. Capturas de pantalla de los diferentes programas utilizados en las actividades prácticas. A) Visor de orbitales atómicos (Gutow, s.f.). B) webMO, interfaz para dibujo, visualización y optimización de geometría y orbitales de moléculas (webMO, 2020). C) Galería de moléculas para visualizar su simetría (Otterbein University, s.f.)

Las consignas solicitadas consistían en representar diferentes orbitales atómicos y orbitales moleculares de una serie de moléculas simples. Además, identificar los enlaces presentes, categorizar geometrías moleculares, encontrar elementos de simetría y relacionar la energía de los orbitales con diagramas de orbitales moleculares. Algunos ejemplos de las consignas son:

Ejemplo 1:

"En función de las moléculas vistas en la guía tutorial, busca algunas que te resulten de interés (en internet, guías de problemas, etc). Elegí de entre ellas algunas donde se puedan ver claramente los siguientes elementos de simetría (puede ser una o varias moléculas): un eje de rotación propio; un plano de simetría; un punto de inversión. Graficala/s la molécula con ayuda de algunas de las herramientas de clase y sacá captura de pantalla(o foto). Detallá en el informe que elementos de simetría posee y si tendría momento dipolar o no. Además, determiná si se encuadra dentro de algunas de las geometrías dadas en clase"

Ejemplo 2:

"Elegí alguna molécula diatómica (homonuclear o heteronuclear) de interés (de internet, guías de problemas, etc) y utilizá el software webMO para graficar los orbitales moleculares, sacá

captura de pantalla (o foto) para diferentes tipos de orbitales moleculares (al menos 3). Describí de qué tipo de orbital se trata (procurá buscar moléculas donde se puedan ver algunos orbitales que correspondan a alguna de estas categorías: σ , n , enlazante, antienlazante)."

Ejemplo 3:

"El monóxido de carbono presenta algunas particularidades cuando uno plantea su estructura de Lewis. Para evitar dudas uno puede directamente representarlo utilizando orbitales moleculares. Para ello puede utilizar programas como los usados en clase. Utilizá algunos de los programas vistos para obtener sus orbitales. Compará luego con su estructura de Lewis ¿Cuántos enlaces tiene según la teoría de orbitales moleculares? ¿Y según Lewis? Identifica los orbitales según si son enlazantes, antienlazantes, no enlazante, σ ó n . ¿Podrías calcular el orden de enlace?"

Mediante esta propuesta se hizo interactuar a los alumnos con los modelos de manera tal que encuentren por su cuenta con qué representaciones se puede explicar mejor lo solicitado en las consignas del trabajo.

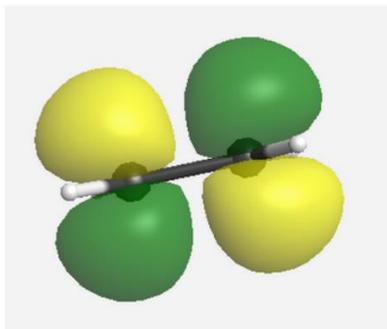
Recopilación de datos

Para evaluar la implementación del trabajo práctico y debido a que solo se cuenta con una comisión, se llevó a cabo un diseño cuasiexperimental de pretest y postest (Campbell, Cook y Shadish, 2001; Harris et al., 2006). Este diseño consiste en evaluar a los alumnos antes del trabajo práctico con los contenidos teóricos dados (pretest) para luego evaluarlos al finalizar el trabajo práctico (postest). En ambas instancias las preguntas eran idénticas. Las preguntas realizadas se encontraban relacionadas con los ejes temáticos ya mencionados: simetría, orbitales y diagrama de orbitales. Algunos ejemplos de las preguntas realizadas se encuentran en la figura 2.

La primera implementación del trabajo práctico se llevó a cabo durante el primer cuatrimestre de 2020, por lo que estuvo afectado por el Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) en el contexto de la pandemia de COVID-19. Al tratarse de herramientas online y el uso de computadoras, la realización de la actividad logró incluirse de una manera orgánica en el cursado virtual.

En esta oportunidad, se mostrarán resultados del primer cuatrimestre de 2020, obtenidos durante el período de ASPO, y del primer cuatrimestre de 2024, donde ya se contaba con total presencialidad en las clases. De esta manera, se pudieron evaluar posibles diferencias en la implementación del trabajo práctico.

¿Identificás lo que se ve en la imagen?



¿Es alguna de estas opciones?

Seleccione una:

- un orbital atómico
- un orbital molecular
- un orbital de enlace
- un orbital de antienlace
- la densidad electrónica

Ordene los siguientes compuestos de boro por su polaridad (BF₃, BF₂H, BFH₂, BH₃):

BF₃

BF₂H

BFH₂

BH₃

muy polar poco polar no polar

Para el caso de la molécula de O₂, completá el diagrama con los electrones que le corresponden:

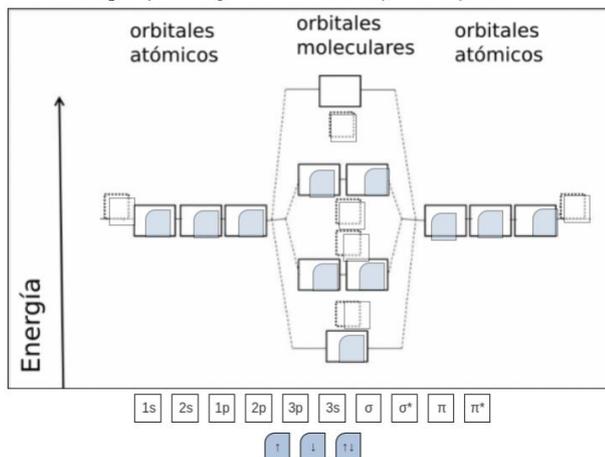


Figura 2. Algunos ejemplos de preguntas realizadas en los cuestionarios pretest/postest.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los resultados del diseño pretest/postest, se evaluaron los puntajes de los estudiantes por cada categoría trabajada (simetría, orbitales y diagrama de orbitales), donde se puede ver un ejemplo de cada categoría en la figura 2. El puntaje para cada categoría tiene un rango que varía entre 0 y 1, siendo 0 el puntaje mínimo y 1 el puntaje máximo. Con esto se construyeron los histogramas que dan lugar a la distribución de puntajes por categorías que se pueden ver en las figuras 3, 4 y 5. Estos histogramas permiten establecer de manera accesible los cambios en las calificaciones por categoría para los estudiantes.

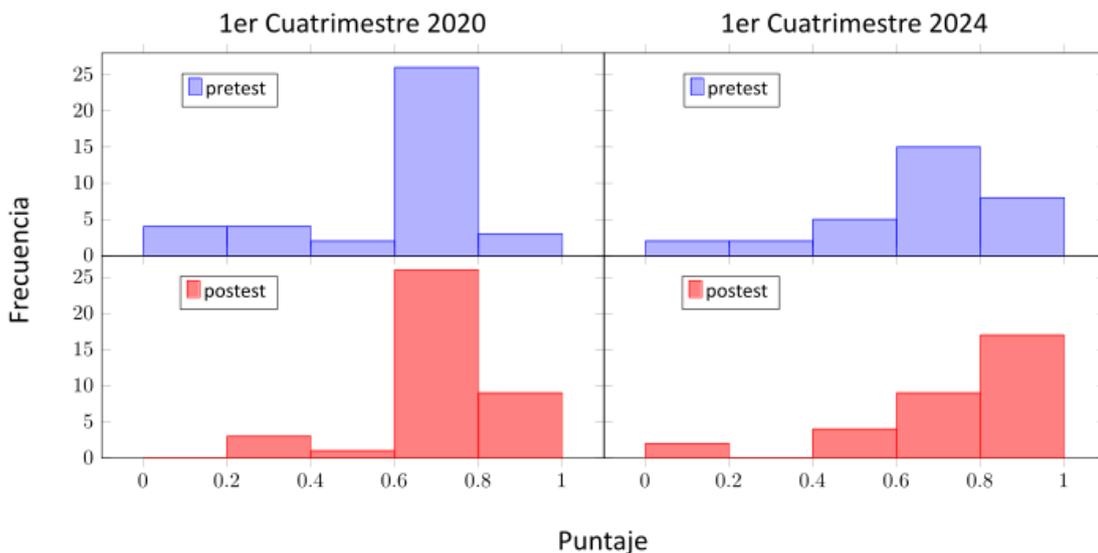


Figura 3. Distribución de puntajes pretest y postest para la categoría "Simetría" en los cuatrimestres estudiados.

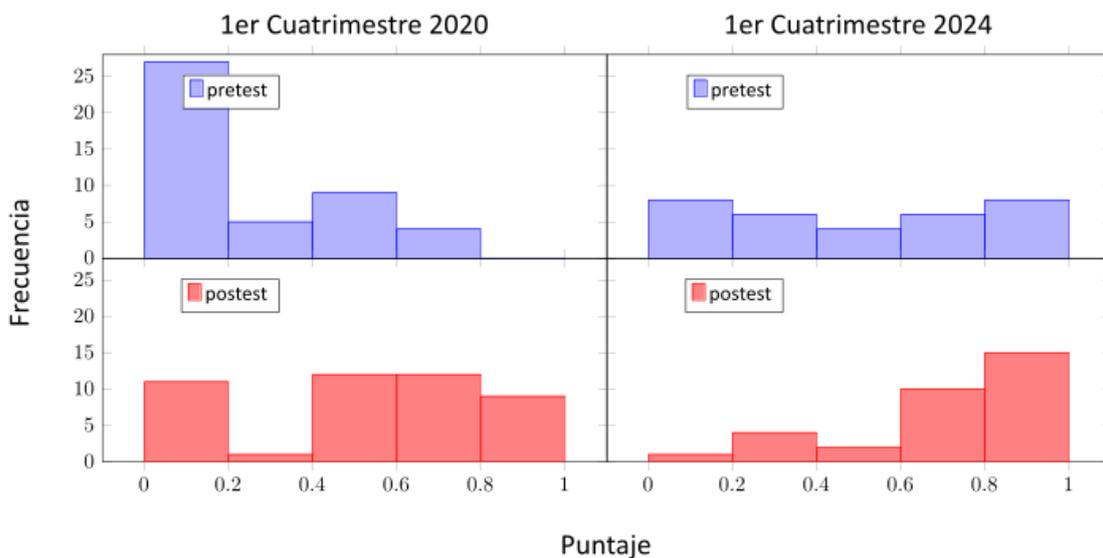


Figura 4. Distribución de puntajes pretest y postest para la categoría "Orbitales" en los cuatrimestres estudiados.

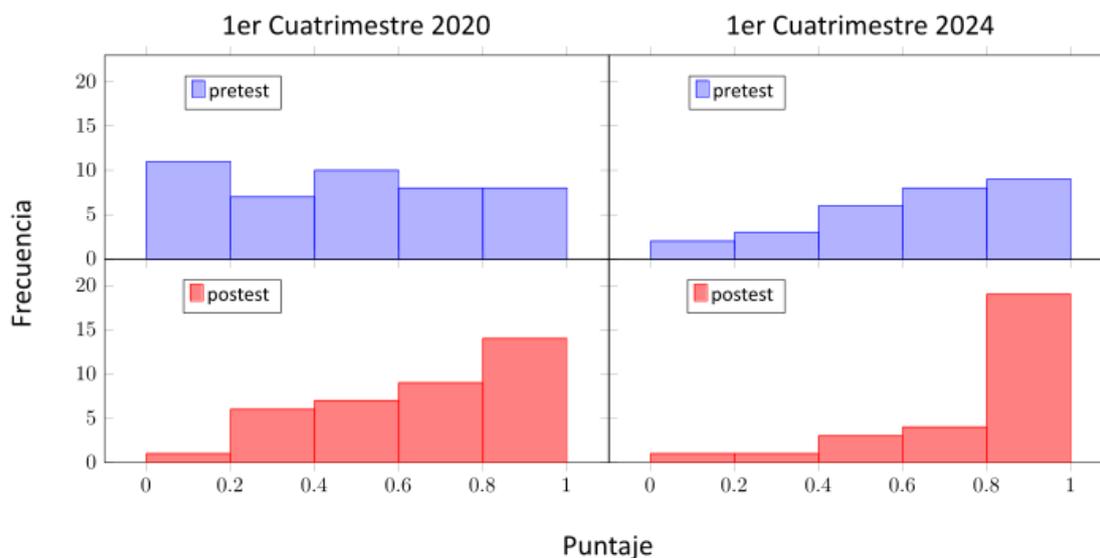


Figura 5. Distribución de puntajes pretest y posttest para la categoría "Diagrama de orbitales" en los cuatrimestres estudiados.

Respecto a la categoría de simetría, se puede ver en la figura 3 su distribución de puntajes antes y después. Se partió en ambos años estudiados de una distribución con puntajes bastante altos con la gran mayoría teniendo un puntaje entre 0,6 y 0,8. Luego en el posttest se observa que no existió un cambio significativo ya que se detecta la misma tendencia. Se encontró una leve mejora en el general de las calificaciones lo que es un resultado esperable en este tipo de estudios en los cuales los alumnos se encuentran con la misma instancia de evaluación.

En la categoría de orbitales, las preguntas estaban orientadas particularmente a la identificación de diferentes tipos de orbitales, observándose en la figura 4 que los puntajes del pretest fueron bajos (2020) o muy heterogéneos (2024). Luego de la realización del trabajo práctico y su evaluación via el posttest, nuestros resultados muestran una mejora en las puntuaciones en ambos casos.

Finalmente, la figura 5 muestra las distribuciones de puntajes correspondientes a la categoría diagrama de orbitales, en la cual se evaluó principalmente el llenado de distintos tipos de configuraciones electrónicas (en particular de moléculas diatómicas). Se observa un comportamiento similar al caso previamente descrito de orbitales moleculares, donde las calificaciones iniciales se encontraron en un rango bajo o ampliamente distribuidas, mientras que luego del trabajo práctico, los resultados del posttest exhibieron una mejora apreciable.

CONCLUSIONES

La implementación de trabajos prácticos mediados con nuevas tecnologías, en particular el uso de herramientas de modelado molecular, permitió trabajar conceptos abstractos como lo son los orbitales atómicos y moleculares en el aula. A su vez, la posibilidad de interactuar con el modelo dinámicamente habilitaba a los estudiantes a probar y jugar con las actividades y herramientas propuestas. Es por esto que la propuesta tuvo

buena recepción por parte de los estudiantes, no solo como actividad en sí, sino también como herramienta para el estudio de la asignatura.

En relación a los resultados, la identificación de orbitales y el diagrama de orbitales fueron los temas que tuvieron mayor mejora en los puntajes postest. Este tipo de mejora se observa en otros trabajos similares (Ruddick, Parrill y Petersen, 2012; Li et al., 2024), donde se detecta un avance en la identificación e interpretación de orbitales y configuración electrónica mediante la utilización de herramientas computacionales tales como software de modelado u otras herramientas interactivas. En otras palabras, un primer acercamiento con un modelo 3D y a la nomenclatura específica para orbitales (atómicos y moleculares) permitiría los alumnos familiarizarse mucho más rápidamente con estos conceptos abstractos.

Por su parte, la idea de geometría no mostró una mejora sustancial respecto a lo ya trabajado en clase. De todos modos, el modelado para las representaciones geométricas se mantiene como una vía más versátil que el pizarrón o un libro de texto, debido a que permite la rotación, traslación y modificación del sistema en estudio, así como también animación. El trabajo con modelos 3D para enseñar geometría se ha trabajado (Marchak, Shvarts-Serebro y Blonder, 2021; Levy et al., 2024) previamente y demuestran que para un aprendizaje o familiarización más profunda con las geometrías moleculares es necesario mayor interacción con el modelo. En este sentido, como avance para esta dimensión se propone plantear actividades focalizadas en la geometría y la simetría con la incorporación de la construcción de una variedad de moléculas y su posterior análisis y comparación.

En base a los resultados obtenidos, resultaría interesante, además de cuantificar las respuestas, estudiar los informes elaborados por los estudiantes para evaluar la calidad de sus respuestas, en especial respecto a los temas de simetría y diagrama de orbitales.

Por otro lado, luego del análisis de las respuestas de los alumnos para los años 2020 y 2024, se observó que las tendencias entre categorías presentaron similitudes, por lo que no se detectó un efecto notable debido al contexto de educación virtual durante el ASPO. Dado que las condiciones de evaluación fueron similares durante y posterior a la pandemia, esto indicaría la potencialidad de este tipo de herramientas para actividades tanto sincrónicas y presenciales como virtuales y asincrónicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campbell, D. T., Cook, T. D. y Shadish, W. R., Jr. (2001). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensee Sauvage.
- Ebbing, D. y Gammon, S. (2007). *General Chemistry* (9th Ed.). Brooks Cole.

- Gkitzia, V., Salta, K. y Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 307-330. <https://doi.org/10.1039/C8RP00301G>
- Gutow, J. (s.f.). *Dr. Gutow's Atomic Orbital Viewer*. https://cms.gutow.uwosh.edu/gutow/Orbitals/CI/CI_AOs.shtml
- Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E. y Finkelstein, J. (2006). The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 13(1), 16-23. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1749>
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Teaching - Science or Alchemy? 1996 Brasted Lecture. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 262.
- Lamoureux, G. y Ogilvie, J. F. (2021). Orbitals in general chemistry, part I: the great debate. *Química Nova*, 44(2), 224-228. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170649>
- Levy, J., Chagunda, I. C., Iosub, V., Leitch, D. C. y McIndoe, J. S. (2024). MolecularAR: An augmented reality application for understanding 3D geometry. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2533-2539. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01045>
- Li, X., Muñoz, M., Chun, K., Tai, J., Guerra, F. y York, D. M. (2022). Online Orbital Explorer and BingOrbital Game for inquiry-based activities. *Journal of Chemical Education*, 99(5), 2135-2142. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01277>
- Maggio, M. (2018). *Reinventar la clase en la universidad*. Paidós.
- Maggio, M. (2012). La enseñanza re-concebida: La hora de la tecnología. Nuevas tendencias culturales y su aplicación en las propuestas didácticas. *Aprender para e-ducuar con tecnologías*, 1, 4-8. http://www.inspt.utn.edu.ar/pdf/aprender_para_educuar.pdf
- Marchak, D., Shvarts-Serebro, I. y Blonder, R. (2021). Crafting molecular geometries: Implications of neuro-pedagogy for teaching chemical content. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1321-1327. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00306>
- Otterbein University (s.f.) *Symmetry Resources at Otterbein University*. <https://symotter.org/>
- Ruddick, K. R., Parrill, A. L. y Petersen, R. L. (2012). Introductory molecular orbital theory: An honors general chemistry computational lab as implemented using three-dimensional modeling software. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1358-1363. <https://doi.org/10.1021/ed2003719>

- Taber, K. S. (1997). *Understanding chemical bonding: The development of A-level students' understanding of the concept of chemical bonding* [Tesis de doctorado, University of Surrey]. University of Surrey Open Research.
<https://openresearch.surrey.ac.uk/esploro/outputs/doctoral/Understanding-Chemical-Bonding-The-Development-of/99513707902346#file-0>
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168. <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Talanquer, V. (2010). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- webMO. (2020). *webMO a web-based interface to computational Chemistry packages*. <https://www.webmo.net/>

Investigación en didáctica de la Química

PERCEPCIÓN SOCIAL DE ESTUDIANTES DE ESCUELA TÉCNICA SOBRE USO DE GLIFOSATO EN EL CULTIVO DE SOJA TRANSGÉNICA

Valeria Edelsztein^{1,2}, Dora Castellsaguer³

1- Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Buenos Aires, Argentina.

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

3-Instituto Jesús en el Huerto de los Olivos, Cátedra de Química, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: valecaroedel@yahoo.com

Recibido: 16/04/2024. Aceptado: 10/11/2024.

Resumen. La biotecnología, especialmente la transgénesis aplicada a la obtención de cultivos resistentes ha suscitado debates públicos debido al uso generalizado de plaguicidas como el glifosato. La introducción de soja resistente en Argentina y el uso extensivo de este herbicida, han generado controversias sobre posibles impactos en la salud y el medio ambiente, diversificado las actitudes de la sociedad hacia la información disponible y vuelto acuciante la necesidad de comprender mejor las percepciones de la ciudadanía. Este artículo analiza la incertidumbre, la ambivalencia, la confianza y la percepción del riesgo asociadas al uso de glifosato en el cultivo de soja transgénica en 40 estudiantes de últimos años de una escuela técnica química para determinar si la formación específica es un posible condicionante de dichas percepciones. Los resultados sugieren que la formación impacta en la percepción general generando menores niveles de incertidumbre, algo que podría dificultar la modificación de creencias científicamente incorrectas.

Palabras clave. Glifosato, soja transgénica, enseñanza de las ciencias, percepción social, escuela secundaria.

The social perception of technical school students regarding the use of glyphosate in transgenic soybean cultivation

Abstract. Biotechnology, especially transgenesis applied to the development of resistant crops, has sparked public debates due to the widespread use of pesticides such as glyphosate. The introduction of resistant soybeans in Argentina and the extensive use of this herbicide have generated controversies regarding their potential impacts on health and the environment, diversified societal attitudes towards available information, and underscored the urgent need to better understand public perceptions. This article analyzes the uncertainty, ambivalence, trust, and risk perception associated with the use of glyphosate in the growth of transgenic soybeans among 40 senior students at a technical chemical school to determine if specific education influences these perceptions. The results suggest that education impacts overall perception by generating lower levels of uncertainty, which could hinder the modification of scientifically incorrect beliefs.

Keywords. Glyphosate, genetically modified soybeans, science education, social perception, high school.



INTRODUCCIÓN

La biotecnología, disciplina que abarca distintas ciencias, constituye actualmente una de las áreas más significativas de proyección a la esfera pública de los debates generados por el complejo científico-tecnológico. Se aplica en múltiples ámbitos y es una fuente de recursos que la sociedad precisa, por ejemplo, para satisfacer la creciente demanda de alimentos, la estabilidad económica de los agricultores y el desarrollo sostenible del ecosistema con una menor utilización de plaguicidas (Carullo, 2002). Específicamente, el desarrollo de los organismos genéticamente modificados (OGM) ha suscitado gran controversia pública por su potencial impacto sobre la salud y el medio ambiente (Lugo y Valadez-Vega 2023), ha pasado a ser motivo de conflicto social y ha ganado atención por parte de los medios. Así, el público se ha visto motivado a conocer información sobre sus beneficios y riesgos (Robayo-Avenidaño, 2018) y esto ha dado lugar a nuevas significaciones de la ciencia y la tecnología por parte de los distintos grupos sociales (Mateus Jerónimo y García, 2009; Vaccarezza, 2015), lo que lo ha llevado a convertirse en un claro exponente de la relación que existe entre ciencia, tecnología y sociedad (Cortassa, 2010).

La aplicación de la agrobiotecnología permitió, entre otras cuestiones, el desarrollo de semillas genéticamente modificadas, resistentes a herbicidas y a enfermedades (Gutman y Lavarello, 2007). Uno de los casos de éxito es la soja transgénica en combinación con la aplicación del herbicida glifosato que le permite crecer sin la proliferación de hierbas no deseadas (Longhi y Bianchi, 2020). En particular, su llegada a la Argentina, como parte de un paquete tecnológico que incluyó la siembra directa, impulsó la expansión de la superficie destinada a dicho cultivo, promovió la reestructuración del sector agrícola y ha ocasionado deforestación y erosión de tierras (Gutman, 2012). Además, convirtió al glifosato en el herbicida más utilizado en el territorio, no sin gran controversia por sus potenciales efectos en la salud de trabajadores agrícolas y poblaciones expuestas a las fumigaciones, entre otros (Longhi y Bianchi, 2020; De la Rosa y Pech, 2019).

Pese a que, en distintos relevamientos, se ha visto que “la gran mayoría de los latinoamericanos reconocen los beneficios del desarrollo de la ciencia y la tecnología y está de acuerdo con el hecho de que estos son mayores que los perjuicios o efectos negativos” (Polino y Castelfranchi, 2019, p.115), el uso de agroquímicos y los cultivos transgénicos han sido foco de numerosas campañas de rechazo. Si bien muchas veces se vincula este rechazo con ignorancia, las investigaciones sobre percepción pública llevadas a cabo muestran que considerar negativo el uso de los OGM no correlaciona con un nivel de alfabetización menor (Polino, 2015). De esto se desprende que, aparentemente, la actitud de los distintos actores sociales no dependería exclusivamente del conocimiento que poseen con relación al tema específico sino también, entre otras cuestiones, de la confianza en las instituciones que desarrollan las investigaciones y de la credibilidad que le otorgan a la información recibida (Robayo-Avenidaño et al., 2018). Asimismo, existirían elementos no epistémicos, por ejemplo, valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales o presiones económicas, entre otros, que

también desempeñarían un papel decisivo en la consolidación de las ideas científicas (Cerezo, 2003).

Para poder entender mejor qué factores juegan roles clave en estas percepciones por parte de quienes no pertenecen a la comunidad científico-tecnológica se han desarrollado conceptos específicos como *riesgo*, *incertidumbre*, *ambivalencia* frente a los resultados y/o aplicación de una tecnología, y *confianza* o *desconfianza* hacia los productores e instituciones relacionadas (Vaccarezza, 2015). En este trabajo se propone la aplicación de dichas categorías de análisis a las respuestas con respecto al uso de glifosato en el cultivo de soja transgénica por parte de un grupo de 40 estudiantes de los últimos años de una escuela secundaria técnica especializada en química perteneciente a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El objetivo es poder determinar si dichas respuestas están (o no) condicionadas -al menos en parte- por sus conocimientos específicos en la disciplina en comparación con las de individuos que no tienen formación específica en química (o al menos no con la profundidad e intensidad de los estudiantes de escuela técnica).

En particular, nuestra hipótesis es que la formación técnica específica de los estudiantes juega un rol importante en la configuración de sus representaciones sociales y percepciones sobre el uso de tecnologías en la agricultura, como el glifosato en el cultivo de soja transgénica. Al haber sido expuestos a un currículo que integra conocimientos científicos y técnicos aplicados, estos estudiantes tendrían una visión más global y, a su vez, detallada de los procesos productivos en comparación con aquellos que no reciben esta formación. Esta especificidad educativa no solo influiría en su entendimiento sobre las tecnologías, sino también en cómo perciben los riesgos y beneficios asociados a dichas prácticas.

FUNDAMENTACIÓN

Las representaciones sociales

La teoría de las representaciones sociales propone que las representaciones son sistemas de interpretación compartidos por individuos y grupos que permiten construir significados sobre la realidad y organizar las percepciones sobre diversos objetos o fenómenos (Jodelet, 1986; Ibáñez, 1988). Comprenden aspectos tales como opiniones, creencias y percepciones, entre otras y están influenciadas por muchos factores, como el contexto histórico, los sistemas productivos, las políticas públicas, y los intereses económicos y productivos. Este enfoque sugiere que las representaciones sociales se configuran a partir de significados tanto individuales como colectivos y no solo actúan como herramientas cognitivas para interpretar el mundo, sino que también facilitan la comunicación y la construcción de consensos dentro de un grupo social.

Las representaciones sociales varían significativamente entre los distintos grupos y están moldeadas por una amplia gama de factores, que incluyen no solo los roles que cada individuo asume dentro de su contexto, sino también sus experiencias personales, su entorno sociocultural y su nivel educativo. Estos elementos contribuyen a que las percepciones, actitudes y opiniones sobre diversos temas se desarrollen de manera diferenciada. Sin embargo, a

pesar de esta diversidad inherente, los grupos que están expuestos a flujos de información similares, ya sea a través de medios de comunicación, interacciones sociales o sistemas educativos, tienden a desarrollar ciertos puntos de convergencia (Calixto-Flores, 2021).

En relación con el medio ambiente

Aplicadas al ámbito del medio ambiente, las representaciones sociales se suelen agrupar en tres categorías principales: antropocéntricas, globalizantes y naturalistas. Las representaciones antropocéntricas priorizan los beneficios que el entorno natural puede brindar al ser humano. En este esquema, la naturaleza es concebida principalmente en términos utilitarios, con el foco en su explotación y aprovechamiento para satisfacer necesidades humanas. Las representaciones globalizantes ofrecen una visión más integradora al considerar las interacciones y las interdependencias entre la sociedad y la naturaleza, subrayando las consecuencias de las actividades humanas sobre los ecosistemas. Finalmente, las representaciones naturalistas colocan en el centro de atención a los componentes, procesos y fenómenos naturales, despojados de la intervención humana (Calixto-Flores, 2008, 2021). Aquí, la naturaleza se percibe como un sistema autónomo y autorregulado, con un valor intrínseco que debe ser conservado independientemente de su utilidad para el ser humano. Estas representaciones sociales sobre el medio ambiente revelan cómo distintos grupos construyen sus percepciones y actitudes frente a los problemas ecológicos y las posibles soluciones.

En particular, la percepción del riesgo ambiental es un fenómeno complejo y multifactorial que ha sido ampliamente estudiado. En investigaciones realizadas en Estados Unidos, se ha destacado la importancia de factores cualitativos que influyen en cómo se perciben estos riesgos (Solé y Cruz, 2000). Un ejemplo importante es la preocupación por las generaciones futuras, que afecta significativamente la forma en que las personas valoran los riesgos ambientales (Thacker et al., 1996; Marris et al., 1997). Es decir que las percepciones no solo se centran en los peligros inmediatos, sino también en las posibles consecuencias a largo plazo para la sociedad y el medio ambiente.

En relación con la biotecnología aplicada a los alimentos

Las representaciones sociales de la alimentación no solo se basan en las necesidades nutricionales, sino que están profundamente influenciadas por creencias, costumbres, condiciones materiales, y la cultura. La relación entre alimentación y salud ha ganado centralidad en las últimas décadas, impulsada por el aumento en la producción científica, los avances en biotecnología y la difusión de productos como alimentos funcionales y transgénicos (Andreatta, 2013). El análisis de las actitudes del público hacia los organismos modificados genéticamente ha sido impulsado principalmente, aunque no exclusivamente, por los responsables políticos y gestores de la ciencia y la tecnología, quienes buscan comprender cómo la población percibe estas actividades (Gracia Arnaiz, 2023). En términos generales, la aceptación pública de la ciencia es favorable, aunque existen divergencias en temas específicos. Por ejemplo, en el caso de las biotecnologías, las aplicaciones médicas suelen ser mucho más aceptadas que las alimentarias (Frewer y Shepherd, 1995)

Distintos estudios han mostrado que las representaciones sociales sobre alimentación y salud varían significativamente según el contexto cultural, la edad, el nivel educativo, y el género (Parales Quenza, 2006; Prada Gómez et al., 2006; Navarro et al., 2009; Morlot et al., 2010). En particular, en lo que respecta a la percepción del riesgo, se ha observado que los riesgos novedosos tienden a ser menos aceptados en comparación con aquellos ya conocidos (familiaridad). Asimismo, los riesgos de origen natural generan menos rechazo que aquellos derivados de la actividad humana (causalidad). Del mismo modo, los riesgos que son asumidos voluntariamente (elección) suelen ser más tolerados que aquellos percibidos como una transgresión del orden "natural" (manipulación) (Gracia Arnaiz, 2023).

En el caso específico de los organismos genéticamente modificados, quienes se oponen tienden a plantear la controversia desde una óptica esencialista, donde los cultivos transgénicos son conceptualizados como entidades independientes, portadoras de un riesgo inherente, sin considerar las características específicas del organismo modificado, las particularidades de las modificaciones realizadas, o el contexto en el que se desenvuelven (Harker, 2015; Vilouta Rando, 2023). En estos discursos, la distinción entre lo natural y lo no natural de los cultivos suele ocupar un lugar central. En cuanto a los ámbitos de discusión, mientras que los detractores suelen señalar que la controversia se desarrolla dentro de la propia comunidad científica, sus defensores atribuyen el debate a la desinformación y la falta de educación científica más que a diferencias sustantivas sobre los riesgos o beneficios de la biotecnología (Vilouta Rando, 2023).

Categorías de análisis de la percepción pública de la ciencia

La ciencia y la tecnología son constitutivas de la sociedad y de la cultura contemporánea y esto, inevitablemente, supone modificaciones en los términos y condiciones en los cuales el conocimiento científico es producido, comunicado y apropiado. Dicho fenómeno ha ocasionado un cambio en la forma de concebir a los públicos y a las relaciones que se establecen con ellos. En consecuencia, es necesario plantear nuevos abordajes teórico-metodológicos para conocer las formas en las que se vinculan la ciencia, la tecnología y la sociedad y, para ello, es fundamental comprender cuáles son las percepciones que la sociedad misma tiene al respecto.

Dentro de la tradición de los estudios sobre cultura científica, el concepto de percepción pública de la ciencia y la tecnología no está claramente definido, aunque, a grandes rasgos, podemos decir que hace referencia a un conjunto de conceptos como actitudes, valoración, intereses y conocimientos (Atar, 2007) regidos por la ambivalencia (Blanco e Iranzo, 2000), la confianza, la incertidumbre y el riesgo (Beck, 1998). En este trabajo analizaremos la percepción de los y las estudiantes respecto del uso de glifosato en términos de las cuatro categorías mencionadas.

Categoría I. Incertidumbre

En este trabajo tomaremos las propuestas de Tutton (2007) y Vaccarezza (2015) y llamaremos incertidumbre a la *posición del sujeto con respecto a su propio conocimiento -y el que atribuye a personas expertas- sobre las seguridades de una aplicación tecnológica*. En este sentido, incertidumbre se

diferencia del concepto de riesgo porque hace una referencia directa al conocimiento y no a las expectativas sobre acontecimientos no deseados de carácter perjudicial, sea para sí mismo o para la sociedad en su conjunto (Tutton, 2007) y se diferencia del concepto de confianza porque esta última siempre está referenciada a la credibilidad que una persona manifiesta hacia ciertos agentes sociales (investigadores, empresarios, etc.) y nunca hacia ella misma (es una perspectiva de tercera persona y no de primera persona como sí puede serlo la incertidumbre).

Categoría II. Riesgo

A diferencia de la incertidumbre en la que se considera la posición de una persona respecto de su propio conocimiento, cuando hablamos de percepción del riesgo nos referimos a su *posición frente a la posibilidad de acontecimientos inciertos*. Mientras que la incertidumbre apunta a lo desconocido, el riesgo se refiere siempre a acontecimientos futuros que es posible que se presenten (Chávarro, 2018).

Categoría III. Ambivalencia

El concepto de ambivalencia se refiere a la *coexistencia de valoraciones positivas y negativas sobre el mismo objeto*. "La ambivalencia es así interpretada como el producto de una creciente complejización de la cultura que entra en conflicto con las subjetividades y está asociada a la percepción de incertidumbre y riesgo" (Meras, 2019, p.96). En trabajos previos se ha visto que "la ambivalencia presenta una relación positiva con la percepción de incertidumbre cognitiva general (...). De manera tal que quienes tienen incertidumbre tienden a manifestar ambigüedad valorativa" (Vaccarezza, 2015, p.32).

Categoría IV. Confianza

Mientras que, en el caso de la incertidumbre, nos referíamos a las seguridades cognitivas sobre determinada tecnología, cuando hablamos de confianza hacemos referencia a quienes portan, usan y producen el conocimiento. La confianza *siempre hace referencia a otro actor o conjunto de actores, hacia la acción de otros* (Sztompka, 2006; Vaccarezza, 2015). Vaccarezza (2015) agrega que el término también "puede referir a situaciones en que el objeto de riesgo está alejado de mi experiencia personal directa y en relación con lo cual no postulo una agencia propia" (p.20).

ANTECEDENTES

Las representaciones sociales de los estudiantes sobre la biotecnología y sus aplicaciones

En el ámbito educativo se han investigado ampliamente las representaciones sociales de los estudiantes, ya que resultan fundamentales como un insumo para la práctica docente.

Distintas investigaciones han explorado las actitudes y el conocimiento de los estudiantes sobre conceptos esenciales para la comprensión de los procesos biotecnológicos. Aznar Cuadrado (2000) encontró que los estudiantes percibían mayores riesgos en aplicaciones biotecnológicas relacionadas con

alimentos humanos que en aquellas dirigidas a plantas ornamentales o animales de granja y reconocían como mayores fuentes de información a los medios de comunicación, en detrimento de la enseñanza formal. En un estudio realizado en Australia por Dawson y Schibeci (2003) se analizó el nivel de comprensión y las actitudes de estudiantes hacia temas como la ingeniería genética, los alimentos transgénicos y la clonación. Los hallazgos revelaron que sus actitudes no variaban significativamente con su conocimiento previo sobre biotecnología. En Brasil, Pedrancini et al. (2008) entrevistaron a estudiantes de nivel secundario sobre sus concepciones de biología y encontraron que, pese a que tenían conocimientos limitados, manejaban concepciones intuitivas (y equivocadas) sobre los transgénicos, influenciadas por los medios de comunicación. Ekborg (2008), por su parte, mostró que las actitudes de los estudiantes hacia los organismos genéticamente modificados en Suecia mejoraron tras la instrucción. Sin embargo, muchos de ellos no comprendían las diferencias entre cultivos convencionales y los que utilizan tecnología genética, ni conocían el proceso de evaluación de riesgos asociado a la biotecnología.

En Argentina, los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios incluyen la controversia de los organismos genéticamente modificados como uno de los temas clave en la enseñanza de biología. No obstante, los documentos nacionales no proporcionan una caracterización detallada de la controversia ni especifican las problemáticas particulares que su abordaje conlleva (Vilouta Rando, 2023).

Occelli et al. (2011) analizaron el conocimiento de estudiantes de escuelas secundarias, sus actitudes y sus medios de información respecto de la biotecnología. En general, observaron que no llegan a un consenso sobre si puede causar enfermedades, aunque reconocen que los alimentos que consumen a menudo podrían derivar de organismos transgénicos. La mayoría apoya la inclusión de etiquetas en estos productos y tiene una percepción positiva sobre las mejoras que la biotecnología puede ofrecer en diversas áreas, aunque enfatizan la necesidad de control. Los estudiantes reconocen a la escuela como su principal fuente de información, lo que sugiere que propuestas educativas concretas podrían influir en sus concepciones y actitudes. Por otra parte, en el caso específico de los organismos transgénicos, Occelli et al. (2014) encontraron que, pese a que los docentes han empezado a incorporar el tema en sus clases, lo hacen de modo tradicional y con poco margen para la participación activa de los estudiantes. También hallaron, en consonancia con la investigación del año 2011, que la mayoría de los estudiantes tienen dificultades para interpretar qué son y cómo se producen los organismos transgénicos.

Tanto en la cuestión medioambiental como alimentaria, comprender estos esquemas de interpretación resulta fundamental para diseñar estrategias de intervención e incluir las potenciales controversias en el diseño didáctico, ya que las formas en que las personas conciben la relación entre sociedad y naturaleza afectan directamente su disposición para aceptar o rechazar ciertas prácticas. En este sentido, se han desarrollado distintas propuestas didácticas que abordan esta temática desde perspectivas diversas (por ejemplo, Walker y Zeidler, 2007 y García y Occelli, 2012).

Percepción pública de los transgénicos y el glifosato

La ingeniería genética ha generado controversia desde sus inicios, especialmente en la producción y uso de cultivos genéticamente modificados desde los años '90. Mientras los productos biotecnológicos para la salud humana o animal han sido ampliamente aceptados, la misma técnica aplicada a la agricultura ha generado una relación conflictiva entre ciencia, industria y sociedad (Bergel, 2003). Esta inconsistencia parece derivar de la creencia de que la tecnología agrícola no está orientada a resolver problemas reales, sino a crearlos para desarrollar nuevos artefactos tecnocientíficos (Vilouta Rando y Pellegrini, 2021). Dado que los cultivos genéticamente modificados son vistos como causa de problemas sociales y ambientales, enfrentan fuertes críticas que obstaculizan su aceptación en el mercado, aunque ofrecen beneficios como mayor rendimiento y calidad nutricional (Pellegrini, 2013). Esta percepción negativa ha sido confirmada en diversos estudios, en todo el mundo (Sohi et al., 2023; Wunderlich y Gatto, 2015; Walter y Justo, 2020; Woźniak-Gientka et al., 2022; Funk y Kennedy, 2016; Cui y Shoemaker, 2018; Kato-Nitta et al., 2023; Komoto et al., 2016; Taguchi et al., 2023; Erokhin y Komendantova, 2023).

En cuanto a la percepción pública sobre el riesgo del uso de agroquímicos, especialmente en relación con las fumigaciones, se destacan dos posturas. Mientras algunas corporaciones argumentan que la efectividad de los agroquímicos minimiza el impacto sobre la salud y el ambiente, organizaciones médicas y científicas cuestionan esta afirmación basándose en evidencia del impacto negativo. Estas tensiones generan confusión en la población y la falta de control sobre el uso de agroquímicos hace que la sociedad se sienta más indefensa. Esta percepción del riesgo es más pronunciada en sectores no relacionados con la agricultura (Villarroel, 2017; Aijón Abadal y Cumplido Prat, 2007).

Los estudios de percepción pública de la ciencia y la tecnología han tenido en estos últimos años un gran desarrollo en los países industrializados (Vaccarezza, 2007). En Argentina se han realizado cinco encuestas de alcance nacional, la última en 2021.

En la 5° Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia (MinCyT, 2021) se vio que la mayoría de la población tenía una visión positiva sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, con un 66% que percibía más beneficios que riesgos, aunque con matices valorativos. El interés por la ciencia, tecnología y medioambiente era mayor en jóvenes y adultos jóvenes comparado con personas mayores de 55 años y el acceso a información especializada parecía ser principalmente a través de la televisión, seguido por Internet, especialmente para personas con mayor nivel educativo.

Los científicos fueron ampliamente valorados y considerados fuentes confiables de información. En particular, es interesante destacar que la credibilidad en los y las investigadoras ha ido aumentando con el tiempo. Si bien la mitad de los encuestados defendieron el derecho a la participación, solamente un 26% se involucraría si tuviese la oportunidad. La otra mitad del público encuestado no consideró necesaria la realización de consultas públicas y sostuvo que las decisiones deben dejarse en manos del gobierno, la comunidad científica y el personal técnico, los más capacitados para decidir.

Por otra parte, en 2014, se llevó a cabo la Encuesta Exploratoria sobre Percepción Pública de la Biotecnología Alimentaria en la Argentina (MinCyT, 2015). Se vio que el público en general se encontraba familiarizado con el tema y que esta familiaridad aumentaba con el nivel educativo. Los científicos resultaron ser considerados la fuente informativa más confiable, seguidos por los médicos y las organizaciones medioambientales. Las fuentes periodísticas quedaron en los últimos lugares. Es interesante notar que para el caso específico de la biotecnología la gente parece confiar más en investigadores que trabajan en las industrias por sobre el empleo público mientras que ocurre a la inversa cuando se pregunta por la confianza en general.

Respecto de los riesgos y beneficios de la agrobiotecnología, las posturas resultaron muy divididas y ambivalentes. Con relación hacia los alimentos genéticamente modificados, se observó una alta aceptación hacia la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas, aunque condicionada por su impacto ambiental. Sin embargo, la aceptación era variable para otras aplicaciones, como la mejora nutricional de los alimentos o la prolongación de su vida útil.

Para analizar la percepción de la tecnociencia en universitarios, Vaccarezza (2015) encuestó a 667 estudiantes de diversas carreras sin formación específica en química como física, ingeniería, diseño industrial, psicología, historia, sociología, trabajo social y economía. Los resultados más relevantes fueron los siguientes.

- *Incertidumbre y percepción del riesgo.* Se encontró una percepción generalizada de incertidumbre, entendida como la percepción del riesgo asociado a las tecnologías modernas. La mayoría de los encuestados rechazó la idea de que no hay riesgos en su uso y mostró preocupación por los posibles daños que estas tecnologías podrían ocasionar. Cuando se analizó la percepción sobre el glifosato, un amplio porcentaje consideró que es perjudicial para la salud y el medio ambiente.
- *Ambivalencia.* Aproximadamente la mitad de las y los encuestados tenían una actitud ambigua hacia la tecnología del glifosato. Quienes consideraron que el glifosato es perjudicial, se mostraron también ambivalentes hacia su valoración. La mayoría de los y las encuestadas rechazó que el beneficio económico para el país de usar glifosato fuera más importante que los posibles daños que pudiera causar. Esto muestra que ponderan otros criterios, más allá de los económicos, en su percepción de la tecnología.
- *Confianza.* Pobladores afectados, investigadores universitarios, ONG ambientalistas y abogados que representan a las víctimas del glifosato fueron los más creíbles para las y los encuestados. Por otro lado, los expertos agropecuarios, las empresas semilleras y los productores de soja recibieron menos confianza. Aunque la mayoría mostró confianza en la capacidad de los expertos para opinar sobre la tecnología, también desconfiaron de sus motivaciones económicas y éticas: los consideran interesados en mantener en secreto los daños de la tecnología por motivos económicos.

METODOLOGÍA

Muestra

Se trabajó con un grupo de estudiantes de 5º y 6º año de la especialidad química de una escuela industrial de la Ciudad de Buenos Aires de nivel socioeconómico medio. El segundo ciclo de la modalidad tiene 4 años de duración con un plan de estudios que consta de 184 horas cátedra totales dividido en tres campos de formación: general, científico tecnológico y técnico específico. Durante el trayecto formativo del ciclo superior se ofrece una sólida formación en química que, aunque no otorga específicamente una formación en agrobiotecnología dentro del marco de ciencia, tecnología y sociedad, permite tener un marco referencial teórico adecuado para manejar ciertos conceptos y comprender en profundidad los procesos de transgénesis.

Instrumentos

Se realizaron relevamientos orales a los y las estudiantes y también se administraron dos cuestionarios cerrados con un total de 20 preguntas que fueron diseñadas a fin de explicitar sus posiciones con respecto a los conceptos específicos. En el primer cuestionario autoadministrado fueron indagados un total de 40 estudiantes con respecto al glifosato, a los OGM y a la soja transgénica; mientras que en el segundo sobre un total de 32 entrevistados se recogieron además datos con respecto a otras temáticas como el crecimiento agropecuario, las políticas públicas y el paquete tecnológico de siembra directa. En este caso, por cuestiones de espacio, solo se mostrarán los resultados correspondientes a la postura sobre el glifosato.

Al finalizar la recolección de datos, los y las participantes completaron una breve encuesta señalando de dónde habían obtenido la información que les había permitido responder tanto los cuestionarios autoadministrados como los relevamientos orales.

Recolección de datos

La recolección de datos para esta investigación se realizó durante mayo de 2019 por parte de una de las autoras de este artículo, docente de los estudiantes de escuela técnica involucrados en la investigación. Los y las estudiantes fueron informados de que los datos se utilizarían para un estudio, y su participación fue voluntaria y consentida. Asimismo, las autoridades escolares autorizaron la realización de esta investigación y fueron responsables de informar a las familias.

Cada cuestionario se administró en un día diferente, durante el horario de clase. Para responderlo, los estudiantes contaron con 30 minutos. A efectos de poder llevar a cabo un análisis de consistencia interna de las respuestas se les solicitó a los participantes que colocaran el mismo nombre de fantasía en ambos cuestionarios.

Los relevamientos orales también se realizaron durante el horario de clase, dentro de la institución escolar, en los 50 minutos restantes de cada bloque (de un total de 80 minutos), al finalizar cada cuestionario. En ambos casos se realizaron registros de audio que luego fueron desgrabados. La misma docente orientó la conversación con el objetivo de profundizar en las respuestas obtenidas en los cuestionarios.

RESULTADOS

La presentación de resultados se divide en las cuatro categorías analizadas con relación a la posición sobre el glifosato y un breve apartado sobre fuentes de información. Dado que era posible marcar más de una opción, los porcentajes obtenidos pueden superar el 100%.

Categoría I. Incertidumbre

A continuación, se muestran los resultados del relevamiento en estudiantes de escuela secundaria técnica respecto de la incertidumbre (Tabla 1) y se comparan con los obtenidos por Vaccarezza en 2015 (Tabla 2).

Tabla 1. Posición sobre el glifosato en cuanto a la incertidumbre con respecto al conocimiento obtenida a partir del relevamiento sobre estudiantes de escuela media técnica (N = 40).

Subcategorías	Opciones de respuestas	% elección
No incertidumbre con respecto al conocimiento	1. El glifosato es un herbicida y por lo tanto un pesticida	57,5
	2. El glifosato es un agroquímico y por lo tanto un agrotóxico	32,5
	3. El glifosato afecta a la salud humana	77,5
	4. El glifosato no es un problema en sí mismo	0,0
Incertidumbre	5. Desconozco sus efectos	5,0

Tabla 2. Incertidumbre acerca del glifosato en estudiantes universitarios (edición cuadro 2 en Vaccarezza, 2015) (N = 665).

Subcategorías	Opciones de respuestas	% elección
No incertidumbre	1. No creo que el glifosato provoque daños	5,3
Incertidumbre con respecto a percepción del riesgo	2. El glifosato produce daños	57,6
Incertidumbre con respecto al conocimiento	3. No sé si perjudica o no	33,5
Desinterés	4. No tiene nada que ver conmigo	1,1

Tal como se observa en la tabla 1, la percepción dominante de los encuestados es que "el glifosato afecta a la salud humana" (77,5%, opción 3). Por otra parte, todos los encuestados consideran que el glifosato es un problema en sí mismo (Tabla 1, opción 4) incluso quienes mencionaron desconocer sus efectos (Tabla 1, opción 6), lo cual indicaría que su empleo les resulta problemático por otras cuestiones. Estas respuestas van en línea con las obtenidas por Vaccarezza (Tabla 2, opción 2) quien señala que esta

opinión difícilmente pueda ser superada con más conocimiento del tema y corresponden a una perspectiva esencialista.

Es interesante notar que, a diferencia de los resultados encontrados por Vaccarezza en los que el 33,5% de los encuestados manifiestan incertidumbre con respecto a su conocimiento acerca del glifosato (Tabla 2, opción 3), en esta investigación apenas el 5% de los estudiantes indicaron esa opción (Tabla 1, opción 5) y más de la mitad (57,5%) pudieron señalar que se trata de un herbicida (Tabla 1, opción 1). Esto podría sugerir que el grupo de nivel secundario, dada su especialización como técnicos químicos, ha recibido enseñanza o información específica que consideran que les permite evaluar al glifosato sin expresar dudas o incertidumbre cognitiva.

Por último, también es destacable que un porcentaje relativamente alto de los estudiantes considera que agroquímico y agrotóxico son sinónimos (32,5%, Tabla 1, opción 2), algo que es un error conceptual. El uso de "agrotóxico" para referirse a agroquímicos implica de por sí una serie de elementos emocionales y cognitivos asociados al término "tóxico" que haría aumentar la percepción negativa. En este sentido, una hipótesis es que dicho equívoco en la sociedad se origina, por un lado, por la influencia de los grupos ecologistas que suelen referirse a ellos como "agrotóxicos" para señalar su peligrosidad y, por el otro, por la fuerte influencia de los medios de comunicación que replican estos discursos.

Categoría II. Riesgo

A continuación, se muestran los resultados del relevamiento en estudiantes de escuela secundaria técnica respecto del riesgo (Tabla 3) y se comparan con los obtenidos por Vaccarezza en 2015 (Tabla 2).

Tabla 3. Percepción del riesgo y de su aceptabilidad con respecto al glifosato por parte de los estudiantes de nivel medio (N=40).

Subcategorías	Preguntas de indagación y opciones de respuestas	% elección	
Percepción del riesgo	El glifosato...	1. afecta a la salud humana	77,5
		2. contamina el suelo y el agua	62,5
		3. agota los suelos	40,0
		4. genera pérdida de la diversidad	47,5
		5. si se usa prolongadamente genera resistencia	35,0
Aceptabilidad del riesgo	6. Creo que no hay datos concretos sobre la relación entre el mal uso del glifosato y los daños que causa, por lo tanto, es aceptable su uso siempre y cuando sea el correcto	2,5	

Se observa que los y las estudiantes encuestados perciben al glifosato como riesgoso, con una mayor preocupación por afectar la salud humana (77,5%, Tabla 3, opción 1) que por el medio ambiente (Tabla 3, opciones 2, 3 y 4).

Por otra parte, mientras que en este relevamiento el 77,5% mencionó los riesgos para la salud humana, en el de Vaccarezza (2015) solo lo hicieron el 57,6% de los y las encuestadas. Es decir que los más jóvenes la perciben como una tecnología de alto riesgo en mayor porcentaje que los estudiantes universitarios.

Así como la falta de información aumenta la incertidumbre, el disponer de ella da elementos objetivos a los individuos para evaluar las implicancias de cualquier nueva tecnología e influye en la percepción del riesgo (Moltoni, 2020). Podemos notar a partir de sus respuestas que nuestros encuestados muestran esta coherencia interna: parecen disponer de una información que les es suficiente para no presentar incertidumbre con respecto al conocimiento sobre los efectos del glifosato y, a su vez, tienen opiniones muy formadas (altos y moderadamente altos porcentajes de elección) respecto de los potenciales daños que creen que presenta (Tabla 3, opciones 1 a 5).

Ahora bien, en principio, a partir de las respuestas obtenidas en relación con la incertidumbre, podríamos inferir que para los y las estudiantes el glifosato es un problema en sí mismo, independientemente de cómo se lo utilice (Tabla 1, opción 4). Sin embargo, un 2,5% de los encuestados manifestó cierta aceptabilidad del riesgo (Tabla 3, opción 6). La diferencia que existe entre lo que puede considerarse un riesgo socialmente inaceptable que procura ser erradicado y un riesgo ambiental aceptado es que este último puede ser controlado a partir de la aplicación de una serie de mecanismos o normas de seguridad (Jager et al, 2016). Durante los relevamientos orales se recogieron diversas opiniones que van en esta misma línea: para algunos de nuestros encuestados la peligrosidad se basa también en las prácticas que se llevan a cabo durante la fumigación.

En general, con relación a las categorías de representaciones sociales en temas ambientales, podemos decir que los y las estudiantes presentan un enfoque naturalista respecto de la percepción del riesgo, ya que no consideran aceptable el uso del glifosato incluso cuando se señala que será de acuerdo con las normas de seguridad correspondientes.

Categoría III. Ambivalencia

Dado que la ambivalencia implica la coexistencia de valoraciones positivas y negativas sobre el mismo objeto se decidió analizar si existía aceptación del glifosato por parte del total de encuestados. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Vaccarezza (2015) destaca que algunos comunicadores sociales presentan una orientación desarrollista ante la tecnología del glifosato y esto llevaría a que esta tecnología fuera percibida por el público como conveniente en términos económicos pese al perjuicio que pudiera ocasionar. En el caso de los estudiantes de secundaria, sin embargo, solamente un 2,5% aceptó esta opción (Tabla 4, opción 1) y la postura ambivalente encontrada se apoyó fundamentalmente en una posición de aceptación al no haber otra opción (Tabla 4, opción 2). Es decir que, de forma coherente, los y las estudiantes aquí también muestran un enfoque naturalista ya que no aceptan el uso del glifosato aun cuando puede ser un pilar de la economía.

Tabla 4. Posición sobre el glifosato en cuanto a la ambivalencia obtenida a partir del relevamiento sobre estudiantes de escuela media técnica (N=40).

Pregunta de indagación y opciones de respuestas	% elección
Mi postura sobre el glifosato es...	
1. De aceptación sobre los problemas que causa porque es sustento de la economía	2,5
2. De aceptación porque no estoy seguro de si usando otros agroquímicos no sería peor	60,0

Vaccarezza (2015) muestra como resultado que quienes tienen incertidumbre tienden a manifestar ambigüedad valorativa. En el caso de esta investigación, dado que la incertidumbre cognitiva es muy baja, como vimos en una sección previa, la ambivalencia se presenta como una aceptación sobre aspectos que no son posibles de evadir. Esto, nuevamente, va en la misma línea que lo hallado respecto a la aceptabilidad del riesgo.

Por otra parte, se decidió analizar las respuestas del subgrupo de personas que habían elegido la opción "el glifosato afecta la salud humana" (Tabla 3, opción 1, N=31). Sobre el total de encuestados que respondieron que el glifosato afecta a la salud humana, un 42% consideró que debería prohibirse y otro 61,3% que debería evitarse (podían elegir ambas opciones). Esto muestra que el aspecto sanitario parece ser más relevante que el económico a la hora de fijar posiciones.

Categoría IV. Confianza

A continuación, se muestran los resultados del relevamiento en estudiantes de escuela secundaria técnica respecto de la confianza (Tabla 5).

Tabla 5. Preguntas de indagación con respecto a la confianza que suscita el uso de glifosato a partir del relevamiento sobre estudiantes de escuela media técnica.

Subcategorías	Preguntas de indagación y opciones de respuesta	% elección	
Confianza según procedencia (N = 40)	Si leo en un estudio que el uso del glifosato no es peligroso...	1. Lo creo sin importar quien financia el estudio	2,5
		2. Lo creo si proviene de una empresa privada porque es una fuente independiente	0,0
		3. Lo creo si proviene de organismos estatales como el CONICET	27,5
		4. No lo creo si proviene de una empresa privada porque responde a intereses económicos	47,5
		5. No lo creo si proviene de organismos estatales porque pretender perpetuar el modelo sojero	20,0
Confianza en la veracidad (N = 32)	Los estudios sobre los efectos del glifosato en la salud...	6. Se realizan en laboratorios, pero no tienen relación con la realidad, por lo tanto, los resultados son falsos	6,25
		7. Independientemente de si dicen que el glifosato es o no peligroso, no son creíbles si	50,0

		proviene de una multinacional porque responden a intereses económicos de uno u otro sector	
		8. muestran que no es peligroso, pero no son confiables porque los financian multinacionales	18,8
		9. Nunca creería que el glifosato no es peligroso, lo estudie quien lo estudie	34,4
Confianza con respecto a la información (N = 40)	Si leo en un estudio que el uso del glifosato no es peligroso	10. No lo creo porque no tengo suficiente información para decidir	42,5
		11. Lo creo porque no tengo suficiente información para decidir	12,5

Un 27,5% de los entrevistados deposita su confianza en organismos estatales mientras que un 20% desconfía de ellos (Tabla 5, opciones 3 y 5). La desconfianza respecto de las empresas privadas es mayor (Tabla 5, opciones 2, 4, 7 y 8). Es llamativo que el 34,4% de los entrevistados sostiene que está convencido de la peligrosidad del glifosato independientemente de los estudios que se realicen al respecto (Tabla 5, opción 9). Por otra parte, un 42.5% de las personas muestra una actitud de desconfianza frente a la falta de información. Esto va en línea con una mayor percepción del riesgo.

Es interesante notar que, aunque los y las estudiantes muestran una valoración general positiva sobre el trabajo de quienes hacen ciencia, esta valoración no se corresponde con la confianza depositada en ellos a diferencia de lo que se observa en la 5ª Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia (2021): para nuestros encuestados los científicos no están exentos de intereses económicos que de alguna manera condicionan sus avances (Tabla 5, opciones 4, 7 y 8). Además, hay una diferencia en el sector en el que se deposita la confianza en las investigaciones biotecnológicas: mientras que el público en general prefiere confiar en científicos del sector privado, nuestros encuestados muestran preferencia por científicos que trabajan en el sector público (Tabla 5, opciones 3 y 4).

Se realizó también una indagación acerca de los actores sociales que podrían contar como fuentes expertas respecto de estos temas (Tabla 6).

Tabla 6. Asignación de experticia a diversos agentes sociales acerca de los efectos del glifosato según los estudiantes de nivel medio (N=40).

Creo que están más informados sobre los efectos del glifosato...	% elección
1. Los científicos y las científicas	72,5
2. Las empresas productoras de agroquímicos	62,5
3. La gente que trabaja y vive en el campo	55,0
4. Los/as médicos/as rurales	40,0
5. Los/as productores/as agropecuarios	27,5
6. La gente que vive en la ciudad	7,5

7. Las personas que se dedican a la política	5,0
8. Los/as comunicadores/as en medios masivos	5,0

Las y los jóvenes entrevistados consideran que quienes se dedican a la ciencia, la gente que trabaja y vive en el campo, las empresas productoras de agroquímicos y médicos rurales son los agentes más informados sobre los efectos del glifosato (Tabla 6, opciones 1 a 4). Sin embargo, que el público considere más informado a un agente no necesariamente implica que le otorgue mayor credibilidad. Por ejemplo, en este caso, consideran informadas a las empresas productoras de los agroquímicos, pero, como hemos visto previamente, no las consideran fiables: creen que conocen acerca de los peligros de sus productos, pero los niegan por intereses fundamentalmente económicos (Tabla 5, opciones 2, 4, 7 y 8).

Al igual que en el trabajo de Vaccarezza (2015) se observa una tendencia a atribuir el daño causado por el glifosato a la intencionalidad de los productores de esta tecnología, en general empresas privadas, hecho que se refleja en los comentarios durante los relevamientos orales. Por otra parte, a diferencia de los universitarios, los y las estudiantes de secundaria no desconfían de los científicos en términos morales sino en los intereses económicos que los rodean, en particular, no piensan que oculten información sobre los daños que produce el glifosato por conveniencia propia sino por presiones externas.

Fuentes de información

Al finalizar la recolección de datos, los y las participantes completaron una breve encuesta señalando de dónde habían obtenido la información que les había permitido responder los cuestionarios y los relevamientos orales. En todos los casos, la fuente principal mencionada por los y las estudiantes fue la escuela, con porcentajes superiores al 50%. Evidentemente, la institución escolar cumple un rol central como transmisora de información a esta edad. Es interesante notar que ellos mismos afirmaron que tuvo mayor influencia que las redes sociales, lo cual es destacable tratándose de grupos de adolescentes. Cabe señalar que, en el caso de la 5° Encuesta de Percepción Pública de la Ciencia, los y las encuestadas habían indicado que su acceso a información especializada era fundamentalmente a través de la televisión, seguido por Internet y las redes sociales.

CONCLUSIONES

En esta investigación, se indagó acerca de la percepción del uso de glifosato en el cultivo de soja transgénica en estudiantes de los últimos años de la escuela secundaria técnica química con una sólida formación específica en química y biología y se compararon sus respuestas, en particular, con las de estudiantes universitarios (Vaccarezza, 2015). Dado que en ambos casos se trata de un grupo de personas jóvenes, con educación formal y acceso a redes sociales y medios de comunicación masivos bastante similares, no sería desatinado pensar que las diferencias encontradas podrían deberse, al menos en parte, a esta formación específica.

Los resultados sugieren que los y las estudiantes de secundaria muestran rechazo hacia la agrobiotecnología por considerarla perjudicial y, a diferencia de los universitarios, expresan percepción del riesgo, pero no de incertidumbre en términos cognitivos, ya que no muestran dudas con respecto a los daños que causa la aplicación tecnológica y, en particular, el glifosato con relación a su manejo y utilización. Es interesante destacar que su falta de confianza en el quehacer de los científicos no deriva del hecho de considerarlos incapaces de diseñar tecnologías no perjudiciales o de considerarlos no expertos sino del estar sujetos a determinados intereses. En este punto, la diferencia con el trabajo presentado por Vaccarezza (2015) radica en el hecho de que los intereses serían externos y no vinculados a las normas morales que rigen la producción de conocimiento científico.

Por otra parte, en general, muestran un enfoque naturalista en sus representaciones sociales, poniendo en el centro de sus preocupaciones al medio ambiente y no ponderando otras cuestiones, como la economía. Asimismo, presentan una perspectiva esencialista, considerando a la tecnología y al glifosato como inherentemente problemáticos, independientemente de sus formas de uso y los potenciales beneficios que otorgan.

Por último, pero lo más destacable de esta investigación preliminar, es lo referido a la (baja) incertidumbre que muestran estos estudiantes y su vínculo con las creencias científicas incorrectas. Podría haber ocurrido que los estudiantes de nivel medio con formación técnica desarrollaran, dada su formación, un enfoque más pragmático, enfocado en la resolución de problemas productivos y la optimización de los procesos. En ese caso, sus percepciones sobre el uso de glifosato y otras herramientas biotecnológicas se habrían alineado con posturas más favorables o neutrales hacia su utilización. Sin embargo, no solo este no fue el caso, sino que, además, hemos visto que sostienen conocimientos científicamente erróneos. Numerosos estudios han mostrado que las personas con mayor nivel de educación o información son más resistentes al cambio de opinión cuando sus creencias están equivocadas (por ejemplo, Liu y Smith (1990) y Lewandowsky et al. (2012)). Estos resultados nos muestran un desafío adicional quizás menos intuitivo: el hecho de que los estudiantes de escuela técnica tengan más formación y menos incertidumbre -es decir consideren que tienen un firme conocimiento acerca de los contenidos tecnocientíficos- sugiere que será mucho más difícil desterrar sus concepciones científicamente incorrectas. Este es un tema que consideramos relevante para investigar en mayor profundidad a futuro, ya que podría ser un obstáculo importante para abordar en la formación técnica y, sin dudas, un factor que tendremos que considerar al momento de llevar al aula este tipo de problemáticas para no reforzar ideas erróneas en el estudiantado.

A futuro se planea indagar las percepciones sobre este mismo tema en muestras más amplias de estudiantes con y sin formación específica como técnicos químicos para obtener resultados más robustos respecto del condicionamiento que la escuela podría tener en dichas percepciones.

Dado que las representaciones sociales en temas ambientales pueden afectar directamente la capacidad de los estudiantes para participar en discusiones

fundamentadas y tomar decisiones informadas creemos que es fundamental integrar estos marcos de representación en las estrategias pedagógicas, con el objetivo de fomentar una comprensión más amplia de los desafíos ambientales actuales. La información recabada en este relevamiento podría funcionar como un insumo de partida para el diseño de secuencias didácticas que permitan afianzar el conocimiento de la educación ambiental desde la química, generar nuevas perspectivas educativas, repensar estrategias y reconocer el rol que cumple la escuela en las motivaciones y creencias de sus estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aijón Abadal, C. y Cumplido Prat, A. (2007). *Percepción del riesgo de los agroquímicos en la localidad de Basavilbaso, Entre Ríos*. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Barcelona. http://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2007/hdl_2072_5219/PFCAijon+Cumplido.pdf.
- Andreatta, M. M. (2013). La alimentación y sus vínculos con la salud desde la Teoría de las Representaciones Sociales. *Diaeta*, 31(142), 42-49. <http://hdl.handle.net/11336/4493>
- Atar, D. (2007). *Aportes Metodológicos para el Estudio de la Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología* [Tesis de maestría]. UNQ. <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/193>
- Aznar Cuadrado, V. (2000). ¿Qué sabemos sobre Biotecnología? *Alambique*, 25, 9-14.
- Beck, U. (1998). La política de la sociedad del riesgo. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 13(3), 501-514.
- Bergel, S.D. (2003). Percepción social de la nueva biotecnología vegetal. *Redes*, 10(20), 154-170. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/555>
- Blanco, J.R. e Iranzo, J.M. (2000). Ambivalencia e incertidumbre en las relaciones entre ciencia y sociedad. *Revista de Sociología*, 61, 89-112.
- Calixto-Flores, R. (2008). Representaciones sociales del medio ambiente. *Perfiles Educativos*, 30(120), 33-62.
- Calixto-Flores, R. (2021). Representaciones sociales y prácticas pedagógicas en educación ambiental. *Educação e Pesquisa*, 47. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147234768>
- Carullo, J.C. (2002). *La percepción pública de la ciencia: el caso de la biotecnología*. Buenos Aires: Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.
- Cerezo, J. A. L. (2003). Ciencia, técnica y sociedad. En Ibarra, A. y Olivé, L. *Cuestiones éticas de la ciencia y la tecnología en el siglo XXI*. OEI y Biblioteca Nueva.

- Chávarro, L. A. (2018). Riesgo e incertidumbre como características de la sociedad actual: ideas, percepciones y representaciones. *Revista Reflexiones*, 97(1), 65-75. <http://dx.doi.org/10.15517/rr.v97i1.31509>
- Cortassa, C. (2010). Del déficit al diálogo, ¿y después? Una reconstrucción crítica de los estudios de comprensión pública de la ciencia. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 15(5), 47-72. <https://www.revistacts.net/contenido/numero-15/del-deficit-al-dialogo-y-despues-una-reconstruccion-critica-de-los-estudios-de-comprension-publica-de-la-ciencia/>
- Cui, K. y Shoemaker, S P. (2018). Public perception of genetically-modified (GM) food: a nationwide Chinese consumer study. *NPJ Science of Food*, 2(1), 10. <http://doi.org/10.1038/s41538-018-0018-4>
- Dawson V. y Schibeci, R. (2003). Western Australian high school students' attitudes towards biotechnology processes. *Journal of Biological Education*, 38(1), 7-12.
- De la Rosa, A. R. R. y Pech, R.O. (2019). Agrobiotecnología y soya transgénica, impactos y desafíos. *International Technology, Science and Society Review*, 8(2), 79-85. <https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v8.2127>
- Ekborg, M. (2008). Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. *Journal of Biological Education*, 42(2), 60-65.
- Erokhin, D. y Komendantova, N. (2023). GMO discussion on Twitter. *GM Crops & Food*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/21645698.2023.2241160>
- Frewer, L. J. y Shepherd, R. (1995). Ethical concerns and risk perceptions associated with the perceived need for regulation of the technology. *Agric Hum Values*, 12, 48-57.
- Funk, C. y Kennedy, B. (2016). The new food fights: US public divides over food science. *Pew Research Center*, 1-100. https://www.pewresearch.org/internet/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/PS_2016.12.01_Food-Science_FINAL.pdf
- García, L. y Occelli, M. (2012). Argumentar en la formación profesional continua: un curso de capacitación para docentes de Biología y Química. *RILL Nueva época*, 17(1/2).
- Gracia Arnaiz, M. (2004). Pensando sobre el riesgo alimentario y su aceptabilidad: el caso de los alimentos transgénicos. *Revista De Nutrição*, 17(2), 125-149. <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/nutricao/article/view/9175>
- Gutman, G.E. (2012). Desarrollo de la agrobiotecnología en Argentina. Nuevas tecnologías, renovadas problemáticas. *Voces en el Fénix*. <https://vocesenelfenix.economicas.uba.ar/desarrollo-de-la-agrobiotecnologia-en-la-argentina-nuevas-tecnologias-renovadas-problematicas/>

- Gutman, G.E., y Lavarello, P. (2007). Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil. *Economía teoría y práctica*, 27, 9-39. <https://www.redalyc.org/pdf/2811/281122878001.pdf>
- Harker, D. (2015). *Creating scientific controversies: Uncertainty and bias in science and society*. Cambridge University Press.
- Ibáñez, T. (1988). *Ideologías de la vida cotidiana. Psicología de las representaciones sociales*. Barcelona: Sendai.
- Jager, M., Pellizzari, C., Feito, M.C., Batista, S. y Solari, C. (2016). Percepción Social del riesgo Ambiental y Vulnerabilidad. En M. Jager (ed.) *Gobernabilidad, percepción, control y efectos del uso de agroquímicos en la región metropolitana de Buenos Aires*. Universidad Nacional de La Matanza.
- Jodelet, D. (1986). *La representación social: fenómenos, conceptos y teoría*, en Moscovici, S. *Psicología social II*. Paidós (edición original, 1984).
- Kato-Nitta, N., Tachikawa, M., Inagaki, Y. y Maeda, T. (2023). Public perceptions of risks and benefits of gene-edited food crops: an international comparative study between the US, Japan, and Germany. *Science, Technology, & Human Values*, 48(6), 1360-1392. <https://doi.org/10.1177/01622439221123830>
- Komoto, N., Tsuda, M., Okada, E., Iizuka, T., Kuwabara, N. et al. (2014) Development of methods for risk assessment of transgenic silkworms rearing on biodiversity. *Sanshi-Konchu Biotech*, 83(2), 171-179. <https://doi.org/10.11416/konchubiotec.83.2 171>
- Lewandowsky S., Ecker U.K., Seifert C.M., Schwarz N. y Cook J. (2012). Misinformation and Its Correction: Continued Influence and Successful Debiasing. *Psychol Sci Public Interest*, 13(3), 106-31. <https://doi.org/10.1177/1529100612451018>
- Liu, J.T. y Smith, V.K. (1990). Risk communication and attitude change: Taiwan's national debate over nuclear power. *Journal of Risk and Uncertainty*, 3, 331-349. <https://doi.org/10.1007/BF00353345>
- Longhi, F., y Bianchi, S. (2020). Soja, glifosato y salud humana. Algunas evidencias en el Chaco Seco Argentino (1990-2012). *Revista Geográfica de América Central*, 2(65). <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.6>
- Lugo, O. y Valadez-Vega, M. C. (2023). Organismos Genéticamente Modificados: lo que los hidalguenses opinan. *Uno Sapiens Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No 1*, 6(11), 26-31. <https://doi.org/10.29057/prepa1.v6i11.10931>
- Marris, C., Langford, I., Saunderson, T. y O'Riordan, T. (1997). Exploring the "Psychometric Paradigm": Comparisons Between Aggregate and Individual Analyses. *Risk Analysis*, 17(3), 303-312. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1997.tb00868.x>
- Mateus Jerónimo, H., y García, J. L. (2009). Tecnociencia en Portugal: emergencia, conflictos sociotécnicos y representaciones. *Redes*, 15(30). <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/419>

- Meras, D. I. (2019). La ambivalencia ante la innovación: representaciones sociales de los riesgos y beneficios de la innovación en la sociedad española. *Revista Española de Sociología*, 28(3), 93-114. doi:10.22325/fes/res.2019.30
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT) (2015). Encuesta exploratoria sobre percepción pública de la biotecnología alimentaria en Argentina. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_percepcion_bioteecnologia_alimentos.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT) (2021). Quinta encuesta nacional de percepción pública de la ciencia. La evolución de la percepción pública de la ciencia. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/5ta_encuesta_version_digital.pdf
- Moltoni, L.A. (2020). *Debate agroquímico-agrotóxico: Aportes desde el enfoque de construcción social del riesgo*. Teseo Press.
- Morlot, R., Laurin, R., Lacassagne, M. F. y Millot, I. (2010). Activité physique et consommation de fruits et légumes: représentations sociales en fonction de l'âge. *Santé Publique*, 4, 417-424.
- Navarro, S.A., Bassani, A.R., Forsyth, M.S., Sánchez, S. y Peralta, M. (2009). Aproximación a las Representaciones Sociales de Productos Light y Dietéticos en Jóvenes Universitarios. *Universitas Tarraconensis, Rev de Ciències de l'Educació*, 3, 241-264.
- Ocelli, M., Vilar, T. M. y Esteban, N. V. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 227-242. <http://hdl.handle.net/11336/192306>
- Ocelli, M., García, L., Gardenal, C. y Valeiras, N. (2014). Los organismos transgénicos y su lugar en el aula de secundaria un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). En M. A. de las Heras Pérez (coord.) *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Parales Quenza, C. J. (2006). Representaciones sociales del comer saludablemente: un estudio empírico en Colombia. *Univ Psychol Bogotá*, 613-626.
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Bellanda Galuch, M. T., Olivo Rosas Moreira, A. L. y de Carvalho Nunes W. M. (2008). Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(1), 135-146.
- Pellegrini, P. A. (2013). Anomalías en los comienzos de la transgénesis vegetal: intereses e interpretaciones en torno a las primeras plantas transgénicas. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20, 1453-1471. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702013000500002>

- Polino, C. (2015). Manual de Antigua: indicadores de percepción pública de la ciencia y la tecnología. <https://oei.int/publicaciones/manual-de-antigua-indicadores-de-percepcion-publica-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2015>
- Polino, C. y Castelfranchi, Y. (2019). Percepción pública de la ciencia en Iberoamérica. Evidencias y desafíos de la agenda a corto plazo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 14(42), 115-136. <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/136>
- Prada Gómez, G. E., Gamboa, E. M. y Jaime García, M. L. (2006). Representaciones sociales sobre alimentación saludable en población vulnerable. Bucaramanga, Santander. *SaludUIS*, 38, 181-188.
- Robayo-Avenidaño, A., Galindo-Mendoza, M. G., Yáñez-Estrada, L. y Aldama-Aguilera, C. (2018). Medición de la percepción pública de los OGM con una escala tipo Likert. *Agrociencia*, 52(5), 767-781.
- Sohi, M., Pitesky, M. y Gendreau, J. (2023). Analyzing public sentiment toward GMOs via social media between 2019-2021. *GM Crops Food*, 31, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.1080/21645698.2023.2190294>
- Solé, R. y Cruz, M. (2000). Percepción de riesgos ambientales: estudio cualitativo realizado en la zona del vertido tóxico de Aznalcóllar. *Gaceta Sanitaria*, 14(3), 226-232.
- Sztompka, P. (2006). New perspectives on trust. *American journal of sociology*, 112(3), 905-919.
- Thacker, S., Stroup, D. F., Parrish, R. G. y Anderson, H. A. (1996). Surveillance in environmental Public Health: Issues, Systems and Sources. *American Journal of Public Health*, 86(5), 633-638. <https://doi.org/10.2105/AJPH.86.5.633>
- Taguchi, C., Shibata N., Soga, K., Yoshiba, S., Narushima, J., Sugino, M. y Kondo, K. (2023). Providing appropriate information to consumers boosts the acceptability of genome-edited foods in Japan. *GM Crops Food*, 14(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/21645698.2023.2239539>
- Tutton, R. (2007). Constructing Participation in Genetic Databases: Citizenship, Governance, and Ambivalence. *Science Technology Human Values*, 32(2), 172-195. <https://doi.org/10.1177/0162243906296853>
- Vaccarezza, L. (2015). Incertidumbre, ambivalencia y confianza. Percepción social del riesgo de contaminación por agroquímicos, *REDES*, 21(40), 15-40. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/366>
- Vaccarezza, L. (2007). The Public Perception of Science and Technology in a Periphery Society: A Critical Analysis from a Quantitative Perspective. *Science, Technology and Society*, 12(1), 141-163. <https://doi.org/10.1177/097172180601200107>
- Villarroel, J. J. (2017). *Tratamiento del impacto de los agroquímicos en la salud en libros escolares empleados en la escuela secundaria en la Provincia de Entre Ríos, Argentina* [Trabajo de tesis]. Universidad Nacional de Quilmes. <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/799>

- Vilouta Rando, N. y Pellegrini, P.A. (2021). La perspectiva esencialista en la concepción de la tecnología. *ArtefaCToS. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, 10(2), 45-70. <https://doi.org/10.14201/art20211024570>
- Vilouta Rando, N. (2023). ¿De qué hablamos cuando hablamos de OGM?: Las múltiples y contradictorias maneras de presentar una controversia sociocientífica en la escuela secundaria. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 18(52), 117-144. <https://doi.org/10.52712/issn.1850-0013-334>
- Walker, K. A. y Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410. <https://doi.org/10.1080/09500690601068095>
- Walter, P.A. y Justo, A.M. (2020). Hitos político-institucionales de marco legal en el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en Argentina. *Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação*, 2(1), 265-277. <http://dx.doi.org/10.33871/26747170.2020.2.1.3322>
- Woźniak-Gientka, E., Agata, T., Milica, P., Anna, B., Dennis, E. et al. (2022). Public perception of plant gene technologies worldwide in the light of food security. *GM Crops & Food*, 13(1), 218-241. <https://doi.org/10.1080%2F21645698.2022.2111946>
- Wunderlich, S. y Gatto, K. A. (2015). Consumer perception of genetically modified organisms and sources of information. *Advances in nutrition*, 6(6), 842-851. <https://doi.org/10.3945/an.115.008870>

Innovación para la enseñanza de la Química

ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL INGRESO UNIVERSITARIO. REFLEXIONES E INNOVACIONES MEDIANTE COMUNIDADES DE PRÁCTICAS

Nancy Edith Fernandez-Marchesi¹, Claudia Duarte²

1- *Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico, Instituto de la Educación y del Conocimiento. Ushuaia, Argentina.*

2- *Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico, Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales. Ushuaia, Argentina.*

Email: nfernandez@untdf.edu.ar

Recibido: 12/06/2024 Aceptado: 17/09/2024.

Resumen. La reflexión docente es clave para el desarrollo profesional. Las discusiones entre pares sobre prácticas y experiencias resultan fundamentales, especialmente entre docentes con diferentes niveles de experiencia. A pesar de ello, la enseñanza universitaria sigue siendo tradicional, limitando la reflexión crítica. En la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, la asignatura Química enfrenta altos niveles de abandono y desaprobación. Se realizaron talleres reflexivos para mejorar metodologías de enseñanza y evaluación, involucrando a los docentes en la identificación de problemas y propuestas de mejora. Se identificaron dificultades en la organización del equipo, contenidos y estrategias de enseñanza, y la interacción con los estudiantes. Las propuestas incluyen reorganizar clases prácticas, coordinar teoría y práctica, y fomentar la reflexión. También se sugieren cambios en la evaluación, retroalimentación y autoevaluación. Aunque se observaron mejoras que impactaron en las tasas de regularidad, y promoción es necesario unificar criterios de evaluación y fortalecer la comunicación interna.

Palabras clave. Química general e inorgánica, prácticas docentes, ingreso universitario.

Teaching chemistry in university entrance. Reflections and innovations through communities of practice

Abstract. Teacher reflection is crucial for professional development. Peer discussions about practices and experiences are fundamental, especially among teachers with varying levels of experience. Despite this, university teaching remains traditional, limiting critical reflection. At the National University of Tierra del Fuego, the Chemistry course faces high levels of dropout and failure. Reflective workshops were conducted to improve teaching and evaluation methodologies, involving teachers in identifying problems and proposing improvements. Difficulties were identified in team organization, teaching content and strategies, and student interaction. Proposals include reorganizing practical classes, coordinating theory and practice, and promoting reflection. Changes in evaluation, feedback, and self-assessment are also suggested. Although improvements were observed in regularity and promotion rates, it is necessary to unify evaluation criteria and strengthen internal communication.

Keywords. General and Inorganic Chemistry, Teaching practices, University Admission.



INTRODUCCIÓN

Generar procesos reflexivos en la formación docente continua, influye significativamente en el desarrollo profesional de los profesores. Para ello, se considera fundamental contar con espacios y tiempos organizados y continuos (Fernández-Marchesi, Acosta-Beiman y Almirón, 2022). La reflexión puede hacerse a través de la discusión sobre la propia práctica, sobre las ideas previas acerca o sobre el análisis de casos que han marcado sus modos de enseñanza. En este sentido, la literatura científica recomienda que estos procesos se puedan realizar entre pares, permitiendo el intercambio entre docentes más formados o con más experiencia (Fernández-Marchesi y Costillo-Borrego, 2020) y generar espacios para el análisis de la práctica, y de la reflexión sobre la forma cómo pensamos, decidimos, comunicamos y reaccionamos en una clase y además, contar con lugares para el trabajo sobre uno mismo y sobre los propios miedos y emociones (Perrenoud, 2004).

Si bien los tiempos actuales requieren un docente reflexivo como un agente transformador; varios autores (Basilisa García, 2020; Figueroa y Páez, 2008) señalan que las concepciones del docente universitario (tanto sobre la enseñanza como del aprendizaje) revelan una estructura conceptual marcadamente tradicional y que hay una tendencia hacia el saber-hacer y escasamente hacia la reflexión de su propia práctica educativa.

La enseñanza precisa de un tipo de conocimiento especializado e intencional. No solo un conocimiento constituido por teorías, sino también por esquemas de acción coherentes con ellas (Rivero, Hamed, Delord, y Porlán, 2020). En este marco, las concepciones del docente universitario se configuran como un fuerte componente de su conocimiento didáctico del contenido (CDC) construido a partir de su formación inicial, lo que provoca que adquiera formas de enseñanza que experimentaron directamente como estudiantes. Estas ideas suelen tener más predominio en la enseñanza que lo que se aprende en programas de capacitación posteriores a la formación inicial si no se les proporcionan experiencias para que discutan teorías y métodos pedagógicos actuales que les hagan dudar de sus creencias y puedan reflexionar (Bailey-Moreno y Flores-Fahara, 2022).

Para los profesores que no poseen formación pedagógica en sus carreras, dominar este conocimiento didáctico puede ser un tanto complejo. En ese sentido, resulta de mucha ayuda contar con el apoyo de otros colegas experimentados (Martínez Ordóñez, 2023) o con formación didáctica que pueda actuar como par pedagógico.

En cuanto a la organización curricular de los contenidos, algunos autores (Barrón Tirado, 2015; Rivero y col., 2020) señalan que los docentes universitarios suelen abordarla de manera acumulativa, lineal, fragmentada y sin considerar la historia, omitiendo la estructura semántica de la disciplina, sus implicaciones sociales y los obstáculos epistemológicos que marcan su evolución. También es común que se dé mayor importancia a los conceptos que a los procedimientos, mientras que las actitudes suelen ser desatendidas. En las clases prácticas, donde se busca enseñar los procedimientos científicos, estos suelen ser presentados de manera cerrada y repetitiva.

En relación a la evaluación, en el ámbito de la universidad el discurso dominante se caracteriza por ser tradicional, en el sentido de equiparar la evaluación con calificación, de estar dirigida por el profesor y, por la escasa presencia de feedback (Falabella, Fuhr Stoessel y Roa, 2024) y es considerada tradicionalmente como una comprobación de aprendizajes conceptuales, lo que se identifica básicamente a través de pruebas escritas, siendo muy raro que aparecen aspectos relacionados con la regulación y autorregulación de aprendizajes (Ravanal Moreno, Camacho González, Escobar Celis y Jara Colicoy, 2014).

En este sentido, fortalecer el acompañamiento pedagógico como propuesta de formación profesional continua y situado en la propia universidad es propicio, dado que no obedece a una imposición externa y contribuye a formar profesionales reflexivos, con capacidades para analizar sus contextos de trabajo donde ejercen su tarea docente y por lo tanto sustentan sus propuestas de mejora (Agreda Reyes y Pérez Azahuanche, 2020)

Problema y objetivo

La Universidad Nacional de Tierra del Fuego, establecida en 2012, ofrece tres carreras donde Química General e Inorgánica se imparte en el primer cuatrimestre del primer año. Esta asignatura, una de las primeras tras el curso de iniciación universitaria, es dictada por un profesor adjunto y seis profesores asistentes. Desde sus inicios, ha sido particularmente desafiante para los estudiantes de Biología, Ciencias Ambientales y Geología. Históricamente los niveles de abandono y desaprobación han superado el 50% a partir del primer parcial. Esta situación generó una preocupación significativa entre el cuerpo docente y en la Universidad, impulsando la necesidad de revisar y mejorar las metodologías de enseñanza y evaluación para aumentar la retención y el éxito académico de los estudiantes.

Durante 2023, el equipo de investigación del Grupo en Investigación en Educación en Ciencias Naturales (GIECIN) en el marco del proyecto de Investigación y Desarrollo *PIDUNTDF – B11: Enseñar y aprender ciencias en el nivel superior, UNTDF*, invitó al equipo docente de la asignatura a una serie de encuentros de comunidad de prácticas (Wenger, 2001). El objetivo fue reflexionar sobre las estrategias de enseñanza, identificar problemas durante el desarrollo de la asignatura y proponer acciones de mejora para evitar la deserción y aumentar la retención de estudiantes.

METODOLOGÍA

Para poner en marcha esta propuesta durante el primer semestre del año 2023, se desarrollaron 4 talleres con una frecuencia quincenal de dos horas de duración coordinado por una de las autoras (Dra. en Didáctica de las Ciencias). Participaron los 6 profesores asistentes de la asignatura. La hoja de ruta (Fernández-Marchesi y Pujalte, 2019) de los encuentros se secuenció según se indica en la Tabla 1.

En primera instancia, se compartió una planilla llamada "no estamos solos" con más de 20 (veinte) referencias bibliográficas de trabajos de investigación que evidencian las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la química en el primer año.

Tabla 1. Hoja de ruta de los encuentros entre docentes

1. No estamos solos
2. Identificamos nudos problemáticos
3. Prioridades
4. Desatando nudos

Se organizaron en grupos pequeños para leer los resúmenes de los documentos. Luego, se trabajó con la ficha "nudos problemáticos", donde los profesores mencionaron preocupaciones y diagnósticos percibidos en la asignatura. Se debatió y acordó un enunciado para cada nudo identificado, sistematizando cinco: contenidos conceptuales, bagaje cognitivo de los estudiantes, contexto socioambiental del estudiante, vínculos interpersonales entre estudiantes, y organización interna del equipo y estructura de la materia. Para cada nudo, se describieron cuestiones institucionales a resolver, actores clave y su injerencia.

Luego de analizar y debatir en grupos sobre estos nudos, los y las profesores participantes, identificaron y señalaron, la prioridad de cada uno de ellos para seleccionarlos según este criterio. Así, los nudos "vínculos interpersonales entre los y las estudiantes" y "organización interna del equipo" fueron señalados prioritarios para abordar.

RESULTADOS

Los enunciados más relevantes que se sistematizaron en los talleres se organizaron en las siguientes categorías: la asignatura, el estudiantado y lo institucional (tabla 2).

Tabla 2. Expresiones vertidas en los talleres y su categorización

Asignatura	Organización del equipo	<p><i>P1: Hay escasas oportunidades de abordar la problemática de la diversidad en el aula.</i></p> <p><i>P2: Sería conveniente organizar algún encuentro sobre cómo elaborar el programa.</i></p> <p><i>P6: El perfil del docente responsable actual es de un profesor tradicional, pero con mucha permeabilidad y que deja trabajar al equipo de profesores asistentes y hacer propuestas.</i></p> <p><i>P4: Sería importante fortalecer la organización interna del equipo.</i></p>
	Contenidos y estructura de la asignatura	<p><i>P5: Analizar el ingreso como una etapa de transición y como una etapa fundamental para el sostenimiento de las trayectorias y egreso de estudiantes.</i></p> <p><i>P3: Hablar de la química, para qué sirve, cuál es la importancia de esta disciplina.</i></p> <p><i>P6: Revisar la estructura de la materia.</i></p>

		<i>P4: Se ve necesario seleccionar contenidos prioritarios porque el programa es muy largo y ajustarlo a las reales horas de clases.</i>
	Estrategias de enseñanza	<i>P3: Incorporar instancias que requieran la oralidad y la comunicación en el aula</i> <i>P5: Elaborar un mapa conceptual con todos los contenidos de la materia a modo de hoja de ruta para que los y las estudiantes se ubiquen dónde están parados durante el dictado de la materia.</i> <i>P1: Tenemos pendiente hablar sobre el tema evaluación y posibles estrategias a implementar</i>
Estudiante	Conocimientos previos	<i>P3: Habría una necesidad de curso - taller - nivelación de los y las ingresantes</i>
	Habilidades comunicativas	<i>P6: Deberíamos trabajar en la comunicación entre pares con alguna propuesta concreta.</i>
	Condiciones emocionales y relacionales	<i>P2: Las cuestiones emocionales y cómo el contexto familiar y habitacional inciden en el rendimiento de los y las estudiantes.</i> <i>P5: Observamos dificultades en el contexto socio-afectivo entre pares.</i> <i>P4: No se agrupan para trabajar en la materia. y no parece que se interesen en generar amistad o compañerismo.</i> <i>P3: Percibimos buenos resultados cuando hay presencia de líderes positivos, lo cual podría ser una fortaleza, la presencia de estudiantes más experimentados en los grupos de ingresantes nóveles</i>
Institución	Posibilidad de innovar	<i>P2: Nos preocupa cómo se realiza la difusión de los talleres extracurriculares y su implementación</i> <i>P3: El instituto podría ser generador de innovaciones y/o apoyar las iniciativas que realicen los equipos docentes</i>
	Condiciones laborales	<i>P1: Sentimos que se sobrecarga la responsabilidad en los docentes, sobre todo.</i> <i>P3: Alguno de los JTP podría pasar a adjunto y estar a cargo de la materia.</i> <i>P2: Imaginamos una materia que cuente con un adjunto que les permita aprender, crecer, trabajar en equipo.</i> <i>P5: Sería ideal mayor compromiso de los y las integrantes del equipo.</i> <i>P6: Se debería revisar la distribución de tareas y responsabilidades con el docente responsable de la asignatura liderando este proceso.</i> <i>P5: Una fortaleza es en las comisiones de prácticos hay más de un docente a cargo</i>

Luego de realizar este diagnóstico, el grupo de profesores y profesoras decidió iniciar en la sistematización y elaboración de propuestas para “desatar” algunos de los nudos problemáticos identificados y agrupados en estas categorías

En este trabajo se presenta y las propuestas elaboradas en la categoría asignatura.

1.1. Organización del equipo

Organizar la asignatura en tres estímulos semanales: uno teórico y dos prácticos, y clases de consultas en días alternos. Esto mejoraría la atención y reduciría la dispersión, permitiendo una mayor apropiación de los contenidos al haber un intervalo entre las clases.

Revisar la enseñanza de conceptos teóricos, convirtiendo la asignatura en teórico-práctica. Los profesores asistentes podrían colaborar en las clases teóricas y rotar según su especialización, fomentando una relación más dialógica entre teoría y práctica, mejorando la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes.

1.2. Contenidos y estructura de la asignatura

Organizar las clases teóricas y las clases prácticas de manera simultánea, desarrollando trabajos prácticos y temas teóricos en paralelo. Identifican problemas en la secuenciación de contenidos, sugiriendo introducir temas concretos al inicio y avanzar hacia contenidos más abstractos. También se propone adaptar el lenguaje para hacerlo comprensible en otras disciplinas y coordinar con la asignatura de Matemática por sus interrelaciones. Destacan la necesidad de un hilo conductor en la asignatura, ya que actualmente los contenidos no están relacionados entre sí.

Observan una incongruencia entre enseñanza y evaluación. Proponen trabajar conceptos teóricos en el primer parcial para facilitar la aprobación y mejorar la autoestima y retención de los estudiantes. Sugieren consensuar el parcial: el adjunto haría preguntas teóricas (60%) y los JTP preguntas prácticas (40%). Necesitan unificar criterios de calificación, considerando el objetivo y el perfil del estudiante.

Otra opción propuesta es que el examen final sea teórico y los exámenes parciales sean prácticos con el fin de que los estudiantes puedan regularizar. Los estudiantes podrían promocionar rindiendo un bloque adicional de teoría. Quienes obtengan 8 (ocho) o más en los dos primeros parciales prácticos podrían rendir un tercer parcial teórico para promocionar. Los que aprueben con menos de 8 (ocho) regularizarían y rendirían un final teórico.

1.3 Estrategias de enseñanza

Implementar algunas innovaciones al inicio del curso: tutoriales en video, un canal de YouTube; cambios en la disposición del aula para mejorar la cohesión del grupo; mejorar la empatía entre estudiantes y docentes; iniciar la cursada con juegos o dinámicas de presentación; realizar una presentación del equipo docente e implementar dinámicas lúdicas.

Todas estas propuestas sistematizadas, se esperaban implementar en el inicio de la cursada del primer cuatrimestre de 2024.

DISCUSIÓN

Entre los cambios implementados, destaca el efecto positivo de separar las 4 horas de prácticos en dos clases de 2 horas. Aunque requiere ajustarse a los tiempos de cada clase, se observa mayor predisposición a atender y trabajar, menor cansancio y ofuscación, y mejor energía y atención de los estudiantes. Según el equipo docente, como señala Contreras y col. (2008), los problemas de atención, cansancio y concentración son clave en el fracaso académico. La asignatura se ajustó a tres estímulos por semana: una clase teórica, dos prácticas y consultas en días alternos. Este cambio ha mostrado resultados positivos, aunque aún deben ajustarse tiempos para contenidos más extensos.

El equipo docente revisó la secuenciación de contenidos, cambiando el orden de las unidades para dar más tiempo a los estudiantes para comprender temas complejos. Se seleccionaron contenidos prioritarios para ajustar el programa a las horas reales de clase, profundizando en algunos temas y dejando otros solo en teoría. Tal como aportan Barraqué y col. (2021), la reformulación de la estructura curricular facilita la comprensión de contenidos abstractos de química, que son difíciles para los estudiantes al estar alejados de sus experiencias personales.

En este punto coincidimos con Contreras (2014) en debería iniciarse la secuenciación de contenidos desde niveles más concretos y cercanos e ir gradualmente adquiriendo conceptos más complejos e interrelacionados con otros más abstractos. La adopción de un modelo basado en la construcción del contenido implica un cambio profundo que no es fácil de concretar en cuatro encuentros (Binns y Popp, 2013). No obstante, durante esta experiencia se dieron debates y reflexiones que permitieron dar cuenta de un proceso educativo que puso de manifiesto la complejidad de los saberes disciplinares de la Química y que constituyen la base para la configuración de programas y contenidos curriculares de la materia (López-Gutiérrez y Pérez Ones, 2022).

En relación a la incorporación de instancias que requieren la oralidad y la comunicación en el aula, los y las docentes se propusieron implementar la elaboración de videos explicativos tipo TikTok y actividades de expresión oral. En este sentido, algunos autores (Bardakci, 2019; Pattier, 2021; Terrado Sieso, 2023; Ugalde Sánchez y González-Cabrera C, 2022), mencionan que actividades tales como la gamificación o consumo de contenidos producido por influencers de las ciencias (sobre todo después de la pandemia de Covid-19), el uso de YouTube como herramienta de apoyo en sus aprendizajes pueden generar un efecto positivo en términos de asistencia, participación, estudio, autoconfianza y motivación.

Una estrategia concreta implementada con el nombre "¡Qué interesante! Contame más" consistió en la explicación oral de algún ejercicio o trabajo práctico realizado colocándose en el rol de un docente que le explicaba a sus pares (estudiantes). Este juego de roles, les generó confianza, aprendizaje por pares y una mejora en el uso del vocabulario específico de la Química.

La comunicación entre pares se abordó en el curso de iniciación universitaria (CIU), enfatizando la importancia del trabajo grupal y la socialización, lo cual

ha resultado en clases más participativas. Sin embargo, algunos estudiantes no muestran interés en generar compañerismo. La presencia de líderes positivos y estudiantes más experimentados ha demostrado ser una fortaleza. Terrado Sieso (2023), por otro lado sugiere que la gamificación contribuye a la comunicación interpersonal, proponiéndolo como un interesante objetivo de estudio futuro.

Por otro lado, Overman y col. (2014), sostienen que cuando los estudiantes perciben su entorno de clase como seguro, alentador y de apoyo; y, existe una buena relación interpersonal con el profesor, esto tiene efectos positivos en su aprendizaje. A su vez, también indican que los cambios en el currículo y la implementación de enfoques centrados en el estudiante pueden ser difíciles tanto para los profesores como para los estudiantes, especialmente cuando están acostumbrados a métodos tradicionales, por lo cual es esencial apoyar a los profesores en el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos necesarios para la enseñanza centrada en los estudiantes.

El perfil del docente responsable actual es de un profesor tradicional, pero con mucha permeabilidad, permitiendo que el equipo de profesores asistentes proponga y trabaje en nuevas iniciativas. Sin embargo, esta apertura ha resultado en una desconexión con el docente responsable, quien no ha tomado suficiente partido en las nuevas propuestas y actividades, estando más ausente que nunca. Sería importante fortalecer la organización interna del equipo. Aunque se han hecho esfuerzos, existen debilidades de comunicación que obstaculizan la práctica de las propuestas. Los profesores y profesoras del grupo sostienen que desearían un equipo que cuente con un adjunto que les permita aprender, crecer, trabajar en equipo y que aún no lo han logrado concretar. A su vez, plantean que se debería revisar la distribución de tareas y responsabilidades entre los profesores asistentes y el docente responsable de la asignatura liderando este proceso.

Tal como sostienen varios autores (Buckingham y col., 2021; De Prada y col., 2022) la colaboración entre profesores contribuye significativamente al desarrollo profesional, permitiendo la transferencia de metodologías y herramientas, así como la reflexión crítica sobre las prácticas de enseñanza. A su vez, el aprendizaje colaborativo y el trabajo en equipos estructurados han demostrado ser más efectivos para la comprensión de conceptos difíciles en comparación con la pedagogía basada en conferencias tradicionales.

La formación adecuada y el apoyo continuo a los profesores asistentes son esenciales para asegurar que comprendan su rol y puedan apoyar eficazmente a los estudiantes algunos estudios (Toh y col., 2022) indican que cuando los profesores asistente reciben una formación adecuada desarrollan habilidades valiosas y contribuyen positivamente al entorno de aprendizaje, además esto ayuda a mejorar continuamente sus habilidades y a sentirse valorados en su rol.

Al inicio del primer cuatrimestre, el equipo docente se propuso organizar los exámenes parciales en base a los ejercicios vistos en clase, reforzando la confianza en lo que los estudiantes saben hacer sin exigencias sorpresa en los exámenes. Se incluyeron dos instancias de exámenes con contenido práctico, y un examen teórico para aquellos que obtengan calificación 7

(siete) o más en el práctico. Además, se agregó un tercer examen flotante como segunda recuperación, evitando que los estudiantes queden libres por desaprobado el primer examen.

Algunos logros

Las estrategias implementadas, aumentaron significativamente la cantidad de estudiantes aprobados y en promoción con respecto al año 2023 y 2022. Como dato significativo, en 2022 y en 2023 aprobaron un 20% de los y las inscriptos a la asignatura y en 2024, aprobó la cursada un 48% de los y las estudiantes superando los valores de aprobación de la pre pandemia (2019 - 39%).

No obstante, la evaluación en la enseñanza de la química no solo debe medir el rendimiento cuantitativo de los estudiantes, sino también mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Proporcionar retroalimentación continua, involucrar a los estudiantes en la autoevaluación y usar la evaluación diagnóstica para identificar áreas de mejora pueden conducir a mejores resultados educativos.

Los profesores y profesoras participantes manifiestan que, si bien han avanzado en la organización y metodología de la evaluación, aún es necesario trabajar en un criterio unificado para construir la calificación del estudiante y definir claramente el objetivo de la evaluación. Consideran que es necesario contar con asistencia pedagógica para lograr un criterio unificado en la evaluación y definir claramente los objetivos de esta.

En esta línea, Bortnik y col. (2021) proponen que la evaluación basada en el contexto puede contribuir a un mayor grado de adquisición de conocimientos y a un nivel más alto de retención del conocimiento en comparación con los enfoques de evaluación más tradicionales. Esta metodología permite a los estudiantes aplicar conceptos químicos a situaciones del mundo real, mejorando así su comprensión y retención de los conceptos. A su vez, Dos Santos y col. (2023) propone iniciar la cursada con una evaluación diagnóstica, realizar un seguimiento del avance de los estudiantes mediante evaluaciones formativas, y no solo utilizar evaluaciones de corte.

Finalmente, podemos notar que esta experiencia dejó en evidencia que el grupo de profesores y profesoras participantes manifiestan iniciativa para involucrarse en instancias reflexivas que permitan fortalecer sus prácticas y que, finalmente, esto redunde en un tránsito ameno, estimulante, exitoso e inclusivo de estudiantes en la asignatura.

CONCLUSIONES

La implementación de cambios en la organización y evaluación de la asignatura ha demostrado ser altamente beneficiosa para los estudiantes. La separación de las clases prácticas en dos sesiones de 2 horas ha mejorado significativamente la atención y la disposición al trabajo, reduciendo el cansancio y manteniendo un nivel de energía constante. La reestructuración del programa, con un enfoque en la secuenciación de contenidos y la adaptación del lenguaje a otras disciplinas, ha facilitado una mejor comprensión de los temas más complejos.

Además, la incorporación de nuevas metodologías, como videos explicativos y actividades de expresión oral, ha potenciado la comunicación y la interacción en el aula, resultando en clases más participativas y colaborativas.

En términos de evaluación, los cambios implementados han incrementado la cantidad de aprobados y estudiantes en condiciones de promoción. La nueva estructura de exámenes, basada en ejercicios vistos en clase, ha reforzado la confianza de los estudiantes y ha evitado sorpresas en los exámenes. Sin embargo, aún es necesario trabajar en un criterio unificado para la evaluación, con la asistencia pedagógica adecuada, para definir claramente los objetivos y el perfil del estudiante que aprueba.

Se ha subrayado la importancia de promover espacios para la innovación en el aula y de optimizar la distribución de funciones y responsabilidades. La participación activa del equipo docente en instancias reflexivas y la mejora de la comunicación interna son fundamentales para consolidar estos avances. Es crucial mantener espacios de reflexión dedicados al análisis de las problemáticas áulicas en la enseñanza de la química en la universidad, permitiendo así abordar desafíos específicos y mejorar continuamente las prácticas educativas.

Es fundamental contar con equipos docentes que cuenten con formación pedagógica o promover desde las Universidades la promoción de espacios de trabajo colaborativo con especialistas en la enseñanza de las ciencias a modo de pareja pedagógica. Esto posibilitará que las prácticas docentes sean efectivas y estén alineadas con las mejores estrategias educativas disponibles.

Los resultados obtenidos en esta experiencia son útiles no solo para mejorar la enseñanza de la química en nuestra universidad, sino que también pueden servir como referencia para otras instituciones que busquen optimizar sus estrategias educativas. Futuros estudios podrían orientarse hacia la evaluación del impacto a largo plazo de estas estrategias en el rendimiento académico y la retención de los estudiantes.

Los esfuerzos realizados han mostrado resultados positivos en varios aspectos clave, pero todavía hay áreas que requieren atención y mejora continua. La colaboración entre todos los miembros del equipo docente y el compromiso con la mejora de las prácticas educativas serán esenciales para seguir avanzando y lograr un ambiente de aprendizaje más efectivo, inclusivo y motivador para los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agreda Reyes, A. y Pérez Azahuanche, M. (2020). Relación entre acompañamiento pedagógico y práctica reflexiva docente. *Espacios En Blanco. Revista de Educación*, 2(30), 219–232. <https://doi.org/10.37177/UNICEN/EB30-273>

Bailey-Moreno, J. y Flores-Fahara, M. (2022). ¿Cómo aprenden a enseñar los profesores universitarios? Un acercamiento a la construcción de creencias

- acerca de la enseñanza. *Revista Complutense de Educacion*, 33(1), 81–91. <https://doi.org/10.5209/RCED.73717>
- Bardakci, S. (2019). Exploring high school students' educational use of youtube. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2), 260–278. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.4074>
- Barraqué, F., Sampaolesi, S., Briand, L. E. y Vetere, V. (2021). La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química*, 32(1), 58–73. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760>
- Barrón Tirado, C. (2015). Concepciones epistemológicas y práctica docente. Una revisión. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 13(1), 35–56. <https://doi.org/10.4995/redu.2015.6436>
- Basilisa García, M. (2020). *Ciencia, Enseñanza y Aprendizaje. Concepciones de los profesores universitarios*. Eudem.
- Binns, I. C. y Popp, S. (2013). Learning to teach science through inquiry: Experiences of preservice teachers. *Electronic Journal of Science Education*, 17(1), 1–24. <http://ejse.southwestern.edu/article/view/11346>
- Bortnik, B., Stozhko, N. y Pervukhina, I. (2021). Context-based testing as assessment tool in chemistry learning on university level. *Education Sciences*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/educsci11080450>
- Buckingham, L. R., López-Hernández, A. y Strotmann, B. (2021). Learning by Comparison: The Benefits of Co-Teaching for University Professors' Professional Development. *Frontiers in Education*, 6(December), 1–15. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.776991>
- Contreras, K., Caballero, C., Palacio, J. y Pérez, M. (2008). Factores asociados al fracaso académico en estudiantes universitarios de Barranquilla (Colombia). *Psicología Desde El Caribe. Universidad Del Norte*, 22, 110–135.
- Contreras, S., y González, A. (2014). La selección de contenidos conceptuales en los programas de estudio de Química y Ciencias Naturales chilenos: análisis de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico. *Educación Química*, 25(2), 97–103. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70531-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70531-2)
- De Prada, E., Mareque, M. y Pino-Juste, M. (2022). Teamwork skills in higher education: is university training contributing to their mastery? *Psicologia: Reflexao e Critica*, 35(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s41155-022-00207-1>
- Dos Santos, R., Saldivar, D. y Kornel, J. (2023). Una propuesta didáctica para abordar el desgranamiento y la deserción en química general en carreras de ingeniería. *Educación En La Química*, 29(2), 86–96. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/168>

- Falabella, I., Fuhr Stoessel, A. y Roa, M. (2024). La concepción de evaluación de un profesor universitario: Un estudio de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 23(2), 174–191.
- Fernández-Marchesi, N. E., Acosta-Beiman, G. y Almirón, F. (2022). Proceso de reflexión con docentes de Ciencias Naturales mediante una comunidad de prácticas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 43, 123–140. <https://doi.org/10.7203/dces.43.22774>
- Fernández-Marchesi, N. E., y Costillo-Borrego, E. (2020). Evolución de las concepciones docentes sobre las actividades prácticas de laboratorio a partir de una formación de posgrado reflexiva. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 25(3), 252–269. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p252>
- Fernández-Marchesi, N. E. y Pujalte, A. (2019). Manual de elaboración de secuencias didácticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur*. https://www.untdf.edu.ar/uploads/archivos/Fernandez_Marchesi_Pujalte_2019_Manual_de_elaboracion_de_secuencias_didacticas_para_la_ensenanza_de_las_Ciencias_Naturales_1593626170.pdf
- Figuerola, N. y Páez, H. (2008). Pensamiento didáctico del docente universitario. Una perspectiva desde la reflexión sobre su práctica pedagógica. *Fundamentos en Humanidades*, 9(18), 111–136.
- López-Gutiérrez, C. y Pérez Ones, I. (2022). Docencia universitaria y transposición didáctica. Estudio de percepción. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades Chakiñan*, 16, 24–34. <https://doi.org/10.37135/chk.002.16.01>
- Martínez Ordóñez, M. (2023). Caracterización didáctica de la perspectiva docente del profesorado universitario. El caso de una profesora experimentada y una profesora principiante de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. *Márgenes Revista de Educación de La Universidad de Málaga*, 4(1), 94–118. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v4i1.14816>
- Overman, M., Vermunt, J., Meijer, P., Bulte, A. y Brekelmans, M. (2014). Students' Perceptions of Teaching in Context-based and Traditional Chemistry Classrooms: Comparing content, learning activities, and interpersonal perspectives. *International Journal of Science Education*, 36(11). <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.880004>
- Pattier, D. (2021). Edutubers: Los influencers de la educación informal a través de Youtube. En: A. Vizcaíno-Verdú, M. Bonilla-del-Río, y N. Ibarra-Rius (Eds.). *Cultura participativa, fandom y narrativas emergentes en redes sociales*. Dykinson S.L.
- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Graó.
- Raval Moreno, E., Camacho González, J., Escobar Celis, L. y Jara Colicoy, N. (2014). ¿Qué dicen los profesores universitarios de ciencias sobre el

- contenido, metodología y evaluación? Análisis desde la acción educativa. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 307.
- Rivero, A., Hamed, S., Delord, G. y Porlán, R. (2020). Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(3), 15–35. <https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.2845>
- Terrado Sieso, E. M. (2023). Impacto de una estrategia didáctica gamificada sobre el alumnado de una asignatura de Química universitaria. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 21(2), 43–61. <https://doi.org/10.4995/redu.2023.20311>
- Toh, R. Q. E., Koh, K. K., Lua, J. K., Wong, R. S. M., Quah, E. L. Y., Panda, A., Ho, C. Y., Lim, N. A., Ong, Y. T., Chua, K. Z. Y., Ng, V. W. W., Wong, S. L. C. H., Yeo, L. Y. X., See, S. Y., Teo, J. J. Y., Renganathan, Y., Chin, A. M. C. y Krishna, L. K. R. (2022). The role of mentoring, supervision, coaching, teaching and instruction on professional identity formation: a systematic scoping review. *BMC Medical Education*, 22(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03589-z>
- Ugalde Sánchez, C. y González-Cabrera C. (2022). Edutubers, influencers y TikTok en la educación a partir de la COVID-19. En: R. Contreras y C. Ugalde Sánchez (Eds.). *Adolescentes en la era de las redes sociales* (pp. 9–23). Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de la Comunicació.
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*. Paidós.

Innovación para la enseñanza de la Química

CONTENIDOS MÍNIMOS NECESARIOS PARA EL INGRESO A LAS CARRERAS UNIVERSITARIAS DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

Miriam Gladys Acuña, Griselda Marilú Marchak, Gladis Edith Medina, Alicia Jeannette Baumann

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Argentina.

E-mail: macuna@fceqyn.unam.edu.ar

Recibido: 26/03/2024. Aceptado: 26/07/2024.

Resumen. A partir de los contenidos que se plantean en los módulos de ingreso correspondientes a las ciencias: Química, Física, Matemática y Biología para las carreras Bioquímica, Farmacia y Licenciatura de Genética, en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, se indagó sobre las relaciones entre los contenidos de la etapa anterior (nivel medio), los incorporados en los cuadernillos específicos del ingreso y los abordados en los programas de las asignaturas correspondientes a las ciencias estudiadas que se imparten en primer año para las distintas carreras. Los resultados encontrados demuestran que los estudiantes arriban insuficientemente preparados en una variedad de contenidos, por lo cual se sugerirá a las autoridades la adecuación de los módulos de ingreso y la profundización de contenidos para evitar demoras en las trayectorias académicas.

Palabras clave. Diseño curricular jurisdiccional, contenidos mínimos, módulos de ingreso, plan de estudio, universidad.

The university and the medium level. the previous contents necessary for college careers in experimental sciences

Abstract. Based on the contents presented in the entry modules corresponding to the sciences: Chemistry, Physics, Mathematics and Biology for the Biochemistry, Pharmacy and Bachelor of Genetics careers, in Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales of the Universidad Nacional de Misiones, the relationships between the contents of the previous stage (middle level), those incorporated in the specific entry booklets and those addressed in the programs of the subjects corresponding to the sciences studied that are taught in the first year for the different careers. The results found demonstrate that students arrive insufficiently prepared in a variety of contents, which is why the authorities will be suggested to adapt the entry modules and deepen the contents to avoid delays in academic trajectories.

Keywords. Jurisdictional curricular design, minimum contents, admission modules, study plan, university.

FUNDAMENTACIÓN

La situación del ingresante a la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), que es similar a otras instituciones en el país, y diversos aspectos que influyen en el ingreso, permanencia y deserción de los estudiantes argentinos han sido



estudiadas por el grupo de trabajo desde 2011 (Acuña y Lorenzo, 2015, Acuña, Medina, Marchak y Baumann, 2019). En la búsqueda de respuestas y profundización de estas temáticas, se consideró pertinente analizar la influencia de los contenidos que la unidad académica exige como necesarios y que, se observa en la práctica, se posee un bagaje de conocimientos previos limitados en un porcentaje alto de estudiantes que asisten al curso de ingreso y luego acceden a cursar el 1er cuatrimestre de estudios.

Lavado Montes y Rama (2006) destacan la opinión de las autoridades universitarias sobre los factores de la deserción respecto a la falta de preparación con la cual llegan los estudiantes a la universidad, con debilidades en conocimientos básicos y la insuficiente preparación para el aprendizaje y la reflexión autónoma necesaria para lograr competencias de desempeño profesional, evitando la repetición memorística de contenidos.

Uno de los objetivos del proyecto *Estudio del sistema de ingreso y del acompañamiento tutorial en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales* consiste en *describir y analizar la relación de los contenidos de los módulos del ingreso con los correspondientes a las materias del primer año de las carreras*. El proyecto aborda las carreras de Bioquímica (BI), Farmacia (FA), Licenciatura en Genética (LG), Licenciatura en Análisis Químicos y Bromatológicos (LA), Ingeniería Química (IQ), Ingeniería en Alimentos (IA).

El curso de ingreso en esta unidad académica, forma parte del programa de ingreso que se aprueba anualmente para todas las carreras, se diseña como *un espacio donde los ingresantes puedan aprender contenidos específicos de la carrera elegida y además incorporarse al ámbito institucional para compartir y familiarizarse con todos los integrantes de la comunidad de la facultad generando vínculos con sus colegas, así como comprender: normas, distribución de los espacios y modos de gestionar los trámites que les competen. Durante este tiempo, tenemos la oportunidad de dirigirnos a todos los ingresantes juntos para brindarles información, acompañamiento, asesoramiento, asistencia, apoyo, para promover entre todos los integrantes de la comunidad académica: el autoconocimiento, la autorregulación, el desarrollo de las potencialidades, la toma de decisiones, la autonomía en el emprendimiento de acciones que permitan afrontar desafíos y superar dificultades. Al mismo tiempo, nuestra facultad continúa e intensifica la calidad que la caracteriza y que le es reconocida internacionalmente a través de sus graduados* (FCEQyN Resolución CD N° 472/18).

En el año 2019 el programa de ingreso incorporó el módulo de Estrategias de Aprendizaje y Acompañamiento Tutorial para facilitar el tránsito hacia el nivel universitario y afrontar las nuevas exigencias. En la tabla 1 se detallan en general los módulos para las carreras objeto de estudio. Los contenidos mínimos por módulos se especifican en la tabla 2 (Anexo Res. CD N° 472/18). Asimismo, la resolución estableció que, en las carreras Ingeniería en Alimentos (IA), Ingeniería Química (IQ) y Licenciatura en Análisis Químicos y Bromatológicos (LA) ya durante el ingreso se cursaran algunas materias del plan de estudios correspondiente. Además, incorpora la modalidad del Curso de ingreso virtual durante los meses de octubre – noviembre de 2018, de acuerdo con la carrera elegida y recurriendo a las tecnologías que permiten a los estudiantes realizar el ingreso, combinando actividades sincrónicas y

asincrónicas en cada módulo. Durante febrero y marzo de 2019, se desarrolló el dictado presencial obligatorio de seis semanas.

Tabla 1. Módulos por carrera.

Carrera	Módulo
LG	Matemática
	Biología
	Química
	Estrategias de Aprendizaje y Acompañamiento tutorial
BI	Matemática
	Física Básica
	Química
	Estrategias de Aprendizaje y Acompañamiento Tutorial
FA	Matemática
	Biología
	Química
	Estrategias de Aprendizaje y Acompañamiento tutorial

Tabla 2. Contenidos mínimos y carga horaria por módulo y por carrera.

Módulo	Contenidos mínimos	Carga horaria semanal	Carrera
Química	Metodología de formulación y nomenclatura química inorgánica. Nomenclatura: enfoques clásico y moderno. SALES: formulación, nomenclatura y clasificación. Balances Estequiométricos; métodos de determinación de coeficientes estequiométricos: prueba/error y algebraico. Cálculos estequiométricos: relaciones de masas, números de moles y volúmenes.	6 h	LG BI FA LA IQ IA
Matemática	Conjuntos numéricos. Operaciones y Propiedades. Orden. Notación Científica. Logaritmicación. Ecuaciones de primer y segundo grado. Ecuaciones logarítmicas y exponenciales. Polinomios. Análisis de gráficos de funciones polinómicas. Análisis de gráficos. Aplicaciones.	6 h	LG
	Conjuntos numéricos. Operaciones y Propiedades. Orden. Notación Científica. Logaritmicación. Resolución de situaciones problemáticas. Funciones polinómicas. Análisis de gráficos de funciones polinómicas. Polinomios. Operaciones con polinomios. Divisibilidad de polinomios: Teorema del Resto y Teorema del factor. Factoreo. Simplificación de expresiones racionales. Ecuaciones racionales. Ecuaciones de primer y segundo grado. Ecuaciones exponenciales y logarítmicas. Aplicaciones. Solución de Sistema de ecuaciones lineales. Trigonometría. Sistema de medición de ángulos. Relaciones trigonométricas. Funciones trigonométricas inversas. Resolución de triángulos.	8 h	FA BI
Física Básica	Eje 1: Introducción al estudio de la física. Unidad 1: Física: su significado y objetivos. Nociones preliminares. El método de la física. Las mediciones en física: Magnitudes y unidades. Sistema de unidades. El Sistema Internacional de Unidades (SI) y el sistema de magnitudes correspondiente. Sistema británico. Sistema sexagesimal de unidades. Sistema Técnico. Unidad 2: Análisis de unidades. Múltiplos y submúltiplos. Equivalencias entre distintos sistemas. Eje 2: Introducción al uso de vectores Unidad 3: Trigonometría: Funciones trigonométricas de ángulos importantes. Sistema de coordenadas. Resolución de triángulos rectángulos. Coordenadas sobre una recta. Coordenadas en el plano. Unidad 4: Análisis de gráficos. Utilización de gráficos: Variable independiente y dependiente. Partes de un gráfico. Proporcionalidades en gráficos. Proporcionalidad directa. Proporcionalidad inversa. Unidad 5: Vectores. Magnitudes escalares y vectoriales. Ángulos entre vectores. Ángulo de un vector con un eje. Igualdad de vectores. Opuesto de un vector. Vectores concurrentes. Operaciones elementales con vectores. Multiplicación de un escalar por un vector. Suma de vectores: Componentes de un vector: Vectores unitarios: Producto entre vectores	4 h	BI
Biología	Bloque 1: Biomoléculas y célula Clasificación de las Biomoléculas en orgánicas e inorgánicas. Clasificación de las biomoléculas orgánicas. Caracterización química, funciones y metabolismo. Niveles de organización biológica. Célula. Teoría celular. La célula como sistema abierto. Características de las células procariotas y eucariotas. Evolución de la célula. Características de la célula animal y vegetal. Bloque 2: Célula y genética. Etapas del ciclo celular. Modos en que se presenta el material genético. Mitosis, meiosis: etapas e importancia biológica de la mitosis y la meiosis. La célula y la transmisión de la información genética Mendeliana.	6 h	LG FA
Estrategias de Aprendizaje y Acompañamiento Tutorial	Ambientación a la vida universitaria. El aula virtual, Test de autoconocimiento. Quehacer Profesional. Estudiar y Aprender: ¿Qué entendemos por aprender y qué diferencias encontramos con estudiar? Conceptos, características y condiciones. Factores externos e internos. El uso del tiempo. El Plan de Estudios. Resumen y Síntesis cómo elaborarlos, diferencias. La comunicación oral y escrita. Pasos de la lectura. Pasos del Método de estudio. Formas gráficas de organizar la información. Importancia de los esquemas. Cómo tomar apuntes en clase. La memoria. Prepararse para un examen. Antes y durante el examen. Sugerencias para aprender matemática. El Sistema SIU.	3 h	LG FA BI IA IQ LA

La dinámica institucional, abrió la posibilidad de analizar el impacto de las modificaciones, sobre aprendizaje de la población de ingresantes (Acuña, Medina, Marchak, y Baumann, 2019) y en ese sentido consideramos relevante cotejar los contenidos mínimos aprobados para los módulos del ingreso con los incluidos en los cuadernillos diseñados por cada equipo docente responsable del mismo, posteriormente con los programas de las asignaturas del primer cuatrimestre del primer año de los diferentes planes de estudio. Además, considerando que la matrícula en la institución proviene mayoritariamente de la provincia de Misiones, se incluye también en el análisis a los contenidos disciplinares abordados en las escuelas secundarias de la provincia según la normativa vigente, puesto que *la Educación Secundaria es obligatoria y constituye una unidad pedagógica y organizativa destinada a los/as adolescentes y jóvenes que hayan cumplido con el nivel de Educación Primaria* (Art. 29. Resolución N° 638/11 del Diseño curricular Ciclo básico común, secundario obligatorio -DCJ-CBCSO, 2011:13- del Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología - MCECyT-). *La Educación Secundaria se divide en dos (2) ciclos: un (1) Ciclo Básico, de carácter común a todas las orientaciones y un (1) Ciclo Orientado, de carácter diversificado según distintas áreas del conocimiento, del mundo social y del trabajo* (Art. 31. Resolución N° 638/11). Esto permite analizar la situación del estudiante, según la documentación disponible, que egresa del nivel secundario en la provincia para ingresar a la UNaM, puesto que existe una creencia generalizada entre los docentes sobre los amplios saberes previos con los que, en teoría, los ingresantes llegan hasta nuestras aulas y, sin embargo, en la práctica se encuentra que los conocimientos son cada vez más escasos.

A partir de los contenidos que se plantean en los módulos de ingreso correspondientes a las ciencias: Química, Física, Matemática y Biología para las carreras BI, FA, LG; se indagó sobre las relaciones entre los contenidos de la etapa anterior (DCJ), los incorporados en los cuadernillos específicos del ingreso y los abordados en los programas de las asignaturas correspondientes a las ciencias estudiadas que se imparten en primer año para las distintas carreras.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la relación entre los contenidos de las ciencias Química, Física, Matemática y Biología: incluidos en el DCJ para la provincia de Misiones, con los incluidos en los módulos del ingreso para BI, FA y LG y, en los programas de las asignaturas pertenecientes a dichos planes de estudio (diferentes entre sí), con el propósito de conocer la preparación de los estudiantes para sugerir los cambios necesarios como, seleccionar contenidos quizás insuficientemente abordados, facilitar promover aprendizajes e influir positivamente en las trayectorias académicas. Todos elementos que serán elevados a las autoridades para su conocimiento y gestión.

METODOLOGÍA

Se procedió a la búsqueda documental para explorar sobre los contenidos que se plantean en los cursos de nivelación correspondientes a las ciencias:

Química, Física, Matemática y Biología con el propósito de identificar las causales relacionadas con los contenidos previos y las demoras en las trayectorias académicas de los estudiantes que llegan a la universidad.

- Anexos de la Resolución Consejo Directivo Facultad de Ciencias Exactas, Químicas Y Naturales de la N° 472/18 que incluye los módulos disciplinares por carrera, carga horaria y contenidos mínimos.
- Materiales didácticos de los respectivos módulos, disponibles en el aula virtual de la unidad académica.
- Programas de las asignaturas para cada carrera aprobados por Consejo Directivo que incluye los contenidos mínimos.
- Diseño Curricular Jurisdiccional (DCJ) Ley de Educación Nacional 26.206 Art. 15, donde se establece "una estructura unificada en todo el país que asegure el ordenamiento y cohesión, la organización y articulación de los niveles y modalidades de la educación y la validez nacional de los títulos y certificados que se expidan" Resolución N° 638/11 Diseño Curricular Jurisdiccional Ciclo Básico Común Secundario Obligatorio (DCJ-CBCSO, 2011:13) del Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología (MCECyT).
- Diseño Curricular Jurisdiccional Ciclo Orientado (DCJCO): TOMO I y II, Resolución 048/13, MCECyT de la provincia de Misiones (DCJ-CBCSO).

El planteo es cualitativo, exploratorio con la finalidad de descubrir discrepancias o ausencia de contenidos que permitan evaluar el impacto de los conocimientos previos necesarios que requiere la universidad.

El procedimiento fue manual para descifrar cuales de los contenidos mínimos aprobados en la resolución CD FCEQyN, UNaM N° 472/18 referida al Programa de ingreso 2019 diferían de los incluidos en los materiales didácticos de los respectivos módulos, disponibles en el aula virtual de la unidad académica. Posteriormente, se utilizó el mismo criterio para examinar contenidos de los programas de las asignaturas según planes de estudios extraídos desde la página de la facultad. Del mismo modo, se continuó con los contenidos mínimos del DCJ-CBCSO, 2011:13 y el DCJ-CBCSO Res. 048/13 Tomo I y Tomo II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la comparación de contenidos mínimos incluidos en la Resolución CD N° 472/18 con los desarrollados en los cuadernillos del ingreso surgió que se respetaron casi en su totalidad, se cumplió con lo esperado puesto que son los responsables de los módulos quienes proponen los temas necesarios para los cursos de ingreso. Escasos contenidos se repiten durante el cursado de materias del plan de estudio y algunos se profundizan.

En el módulo de Biología se encontró que en el cuadernillo correspondiente se incorporaron otros contenidos (Bloque 1: Ciencia. Epistemología. Bloque 3: Información y herencia. Bloque 4: Los sistemas vivos y su entorno. Bloque 5: Diversidad de la vida y evolución) que incrementa lo previsto inicialmente y por consiguiente trae aparejado una carga horaria superior. En el módulo

Química existe una correlación total entre los contenidos mínimos aprobados en la resolución del ingreso y los desarrollados en el cuadernillo.

En cuanto a la relación entre contenidos incluidos en los materiales didácticos por módulos correspondientes al ingreso y las asignaturas del plan de estudios, se observó que, en el caso de Biología, módulo contemplado para dos carreras, el tema Ciencia y epistemología, sólo se desarrolla durante el ingreso. En el módulo Química existe una correlación parcial con el programa de la asignatura correspondiente para cada una de las carreras analizadas. En los cuatro módulos estudiados se observa que son contenidos previos necesarios que se profundizan durante el cursado de la asignatura correspondiente al plan de estudios específico. Son escasos los contenidos desarrollados durante el ingreso que se repiten.

En cuanto a la comparación de los contenidos abordados en el curso de ingreso con los incluidos en los Contenidos Curriculares Jurisdiccionales para la Provincia de Misiones (Figura 1), surge que el módulo de Química del ingreso está organizado en dos grandes temas: introductorios y principales y a su vez este último, en cuatro bloques (tabla 2). La mayoría de los contenidos desarrollados en el tema introductorio se encuentran incluidos dentro del DCJCO Tomo I de Química como contenido de 4° año de secundaria, y tres de ellos también se incluyen dentro del DCJ-CBCSO de Físicoquímica correspondiente al 2° año de secundaria. Con respecto a los contenidos del tema principal, se puede observar que estos se excluyen del DCJ-CBCSO y algunos de ellos se desarrollan parcialmente (primer, segundo y tercer bloque) en el DCJCO Tomo I. El cuarto bloque no se encuentra incluido en ningún DCJ).

Dado que no fueron abordados durante la escuela secundaria y para dar cumplimiento a lo expresado en los fundamentos de la Res CD N° 472/18 que señala, es el *espacio donde los ingresantes puedan aprender contenidos específicos de la carrera elegida* deberían desarrollarse desde la unidad académica, temas como: Mol y número de Avogadro. Masa molar. Composición centesimal. Balances estequiométricos; métodos de determinación de coeficientes estequiométricos: prueba/error y algebraico. Cálculos estequiométricos: relaciones de masas, números de moles y volúmenes.

En el caso de la disciplina Biología, en el nivel medio, se dicta en el primer y segundo año de la secundaria (DCJ-CBCSO) y tercer año (DCJCO tomo I).

Los contenidos del módulo de Biología del ingreso se organizan en 5 bloques (tabla 2) Los contenidos pertenecientes al 1° bloque se mencionan brevemente en el Diseño Curricular de 1° año, aparecen explícitamente sólo algunos de los del 2° y 3° bloque. El DCJ-CBCSO aborda los contenidos del 4° bloque en 1° año y en 3° año de secundaria los pertenecientes al 5° bloque. Se encontraron temas excluidos del DC que deben desarrollarse por primera vez en la unidad académica.

Para la disciplina Matemática, los contenidos del tema 1 se encuentran entre aquellos incluidos para el nivel medio y son vistos en algún momento entre 1° y 4° año de la secundaria. Se aprecian diferencias en los contenidos del tema 2 y tema 3 que no se encuentran en el DCJ-CBCSO ni en el DCJCO.

En cuanto a Trigonometría, se hallan en el CDJCO tomo I específicamente.

La carrera Bioquímica tiene entre sus módulos del ingreso a la disciplina Física y sus contenidos se organizan en cuatro temas, donde los dos primeros tienen un carácter de introducción, tema 1 Introducción a la Física y tema 2 Introducción al uso de vectores; el tema 3: vectores y tema 4: cinemática.

El DCJ-CBCSO tiene el área de Fisicoquímica en 2° y Física en 3° del DCJCO tomo I.

Todo lo referente a vectores se encuentran en el DCJCO tomo I área de Matemática, y los contenidos correspondientes a Introducción a la Física se incluyen parcialmente en 3° año. En el caso del tema 4: cinemática, se encuentra en 3° año. Se observó que hay una gran cantidad de contenidos en los diferentes módulos disciplinares del ingreso cuyo abordaje está ausente en el DCJ, seguramente algunos profesores lo incluyen entre los contenidos enseñados, por lo que podrían ser considerados extraordinarios. En ese sentido, ya González Tirados (1984) señaló el déficit en la enseñanza y, en consecuencia, puso la mirada entre otros factores, en los cambios que se producen en el tránsito del nivel medio a la Universidad en sentido amplio. Llama la atención, la gran escalada que deben transitar los estudiantes para alcanzar los conocimientos que la universidad requiere, confiada en que son conocimientos previos adquiridos. Sin embargo, el análisis documental muestra fehacientemente que la escuela media no los brinda. Esta situación actuaría como una barrera oculta imprevista que hace su aparición durante el curso de nivelación específico para la carrera elegida. Se convierte así, en una ingrata sorpresa para muchísimos estudiantes, algunos lo toman como impulso para ocuparse y aumentar sus conocimientos de manera tal que puedan alcanzar el objetivo de ingresar. A otros, los desanima probablemente porque implica un esfuerzo fuera de programa tal como se encontró al analizar las actitudes de los estudiantes (Acuña, Medina, Marchak y Baumann, 2020, Acuña, Lacy, Medina, Marchak y Baumann, 2021).

Si bien todos los ingresantes se encuentran alcanzados por estas falencias en su preparación, algunos se ven más afectados que otros. Por ejemplo, aquellos ingresantes que eligieron las carreras de Ingeniería Química, Ingeniería en Alimentos y Licenciatura en Análisis Químicos y Bromatológicos, aunque no son objeto de esta publicación, inician el cursado de su plan de estudios durante el período destinado al ingreso para las demás carreras. La carencia de conocimientos no anticipados como necesarios se manifiestan especialmente y los toma desprevenidos ya que se incorporan al régimen de cursado y aprobación vigente.

Aunque no fue posible una contrastación sobre los contenidos desarrollados en el módulo de Estrategias de Aprendizaje del ingreso con los incluidos en DCJ, estas herramientas son importantes para formar al estudiante en el oficio de estudiar y en ese sentido, se debería contribuir desde la unidad académica a la búsqueda de estrategias de aprendizaje que faciliten la comprensión de contenidos específicos relacionados con las ciencias experimentales para facilitar el tránsito académico de los estudiantes.

Química	Biología	Matemática	Física
<p>El programa del módulo de ingreso está organizado en 2 grandes temas: introductorios y principales, y a su vez este último, en 4 bloques. La mayoría de los contenidos desarrollados en el tema introductorio se encuentran incluidos dentro del DCJCO Tomo I. de Química como contenido de 4º año de secundaria, y tres de ellos también se incluyen dentro del DCJ-CBCSO de Físicoquímica correspondiente al 2º año de secundaria. Con respecto a los contenidos del tema principal, se puede observar que estos se excluyen del DCJ-CBCSO y algunos de ellos se desarrollan parcialmente (primer, segundo y tercer bloque) en el DCJCO Tomo I. El cuarto bloque no se encuentra incluido en ningún DCJ.</p> <p>Dado que no fueron abordados durante la escuela secundaria, deberían desarrollarse desde la unidad académica, temas como: Mol y número de Avogadro. Masa molar. Composición centesimal. Balances estequiométricos; métodos de determinación de coeficientes estequiométricos: prueba/error y algebraico. Cálculos estequiométricos: relaciones de masas, números de moles y volúmenes.</p>	<p>En el nivel medio, Biología se dicta en el primer y segundo año de la secundaria (DCJ-CBCSO) y tercer año (DCJCO Tomo I).</p> <p>Los contenidos del módulo de Biología del ingreso se organizan en 5 bloques: Ciencia y Epistemología, La célula como unidad estructural y funcional, información y herencia, Los sistemas vivos y su entorno, y Diversidad de la vida y evolución. Los contenidos pertenecientes al 1º bloque se mencionan brevemente en el Diseño Curricular de 1º año, aparecen explícitamente solo algunos de los del 2º y 3º bloque. El DCJ-CBCSO aborda los contenidos del 4º bloque en 1º año y en 3º año de secundaria los pertenecientes al 5º bloque.</p> <p>Los temas excluidos del DC y que deben desarrollarse por primera vez en la unidad académica son: La filosofía y la ciencia. Ciencia Moderna. principales representantes: Copérnico, Kepler, Galileo, Newton, Descartes, Darwin, Mendel. Representantes argentinos. Premio Nobel. Revolución científica: Inducción, objetivismo, empirismo. Ciencias experimentales versus ciencias descriptivas. Religión y ciencia. Relación de la Biología con otras ciencias. Ciencia básica y ciencia aplicada. La ciencia y la ética. Tecnología. Positivismo y las nuevas visiones epistemológicas de la ciencia. Concepciones actuales de la ciencia. Investigación científica. Investigación cuantitativa y cualitativa: métodos y técnicas. Biología. Evolución histórica. Disciplinas, su organización y jerarquización. Historia de las ciencias biológicas y paradigmas actuales. Características de los seres vivos. Principios de Bioenergética. Composición química de los seres vivos. Biomoléculas, ejemplos y funciones. Metabolismo celular. Enzimas: procesos catabólicos y anabólicos: respiración, fotosíntesis, otros ejemplos. Historia de las ciencias biológicas y paradigmas actuales. El ciclo celular. Cromatina. Cromosoma. Los comienzos de la genética: ideas antiguas sobre la herencia. Los experimentos y las conclusiones de Gregor Mendel. Concepto de alelos, locus, fenotipo y genotipo. Los resultados de Mendel a la luz de la Biología celular y molecular. Ecología. Historia. Métodos. Teorías que explican el origen y la diversidad de la vida: ideas creacionistas, fijistas y evolucionistas. Teoría de la selección natural. Evidencias de la evolución. Teoría sintética de la evolución.</p>	<p>Los contenidos del Tema 1 se encuentran entre aquellos incluidos para el nivel medio y son vistos en algún momento entre 1º y 4º año de la secundaria. Se aprecian diferencias en los contenidos del Tema 2 y Tema 3, no se encuentran en el DCJ-CBCSO ni en el DCJCO Tomo I, por ejemplo, en el Tema 2: Análisis de gráficos de funciones polinómicas, intersección con los ejes coordenados y Teorema del factor; y en el Tema 3: Sistemas de dos ecuaciones con dos variables y resolución analítica por igualación, sustitución o eliminación. En cuanto a Trigonometría, se hallan en el DCJCO Tomo I específicamente.</p>	<p>Esta materia corresponde a la carrera Bloquímica, se organiza en cuatro temas, donde los dos primeros tienen un carácter de introducción, Tema 1 Introducción a la Física y Tema 2 Introducción al uso de vectores; el Tema 3: vectores y Tema 4: cinemática.</p> <p>El DCJ-CBCSO tiene el área de Físicoquímica en 2º y Física en 3º del DCJCO Tomo I.</p> <p>Todo lo referente a vectores se encuentran en el DCJCO Tomo I área de Matemática, y los contenidos correspondientes a Introducción a la Física se incluyen parcialmente en 3º año. En el caso del Tema 4: cinemática, se encuentra en 3º año.</p>

Figura 1. Resultado de la comparación de contenidos entre el nivel medio y los módulos de ingreso.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se observa que gran parte de los contenidos que se abordan durante el ingreso a la FCEQyN no pertenecen o se desarrollan parcialmente en el Diseño Curricular Jurisdiccional para la provincia de Misiones, en consecuencia, es probable que se necesite una mayor carga horaria destinada a abordar los contenidos que desde la unidad académica se consideran necesarios para cursar las carreras. En este sentido no se requiere nivelar sino enseñar una gran cantidad de contenidos por lo que se harán sugerencias a las autoridades sobre la adecuación de los planes de estudios dedicando algunas horas específicas para enseñar esos contenidos previos ausentes. Dando de este modo efectivo cumplimiento a la Res FCEQyN, UNaM CD N.º 472/18 que expresa es el *espacio donde los ingresantes puedan aprender contenidos específicos de la carrera elegida y además incorporarse al ámbito institucional.*

Es evidente que los estudiantes necesitan autorregular sus aprendizajes, despertar sus intereses y apropiarse de aprender aprendiendo en el nuevo ambiente de aprendizaje. Adecuarse a los contextos institucionales y adoptar reglas diferentes a las que existen en el nivel medio. Así mismo, sería conveniente modificar actitudes docentes y las estrategias de enseñanza y evaluación existentes en la unidad académica.

Los resultados encontrados demuestran que los estudiantes arriban insuficientemente preparados en una variedad de contenidos, por lo cual sería necesario desmitificar el imaginario de los docentes universitarios quienes simplifican el problema y afirman que los estudiantes no se dedican al estudio. Es probable que la suma de los factores como: exigua formación académica con la que llegan los estudiantes, desconocimiento del ambiente universitario con características propias que les produce incertidumbres, miedo y desconcierto, influyan en los altos porcentajes de estudiantes que

avanzan lentamente,“ los demorados”, en sus carreras como se los identifica en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación incentivado 16Q673 Estudio del sistema de ingreso y del acompañamiento tutorial en la Facultad de Ciencias, Exactas, Químicas y Naturales (FCEQYN) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM).

El grupo de investigadores integra el Consorcio de Grupos de Investigación en Educación en Ciencias Naturales (CONGRIDEC) bajo la denominación Didáctica de las Ciencias Experimentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, M. G. y Lorenzo, M. G. (2015). Factores asociados al rendimiento académico de los alumnos de Licenciatura en Genética de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, su relación con el aprendizaje de Química. *Educación en la Química*, 21(1), 54-60.
<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/issue/view/53>
- Acuña, M. G., Medina, G. E., Marchak, G. M. y Baumann, A. J. (2019). Avances en la descripción del sistema de ingreso y del acompañamiento tutorial en la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (Universidad Nacional de Misiones). *Revista la Rivada*, 7(12), 26-34.
<http://larivada.com.ar/index.php/numero-12/dossier/204-avances-en-la-descripcion-del-sistema-de-ingreso>
- Acuña, M. G., Lacy, A. S., Medina, G. E., Marchak, G. M. y Baumann, A. J. (2021). La persistente incertidumbre de los estudiantes universitarios. En: A. Pesa y G. I. Aparicio (Coomp.) *Libro de actas IPECyT 2020*. (pp 471-478). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: EdUTecNe.
- Acuña, M. G., Medina, G. E., Marchak, G. M., Baumann, A. J. (2020). *Las fortalezas y debilidades manifiestas de estudiantes de primer año y sus trayectorias académicas*. En: A. Pesa y G. I. Aparicio (Coomp.) *Libro de actas IPECyT 2020*. (pp. 479-485). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: EdUTecNe.
- González Tirados, R. M. (1984). *Análisis de las causas del fracaso escolar en la Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid: CIDE.
- Lavado Montes, I. y Rama, C. (2006). *Repitencia y Deserción universitaria en América Latina. Colección Gestión Universitaria*. Alfabeta Artes Gráficas.
<https://cinda.cl/wp-content/uploads/2006/05/repitencia-y-desercion-universitaria-en-latinoamerica.pdf>
- Resolución 472/18. (Consejo Directivo Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales). *Programa de Ingreso 2019 para la FCEQyN*.
<https://www.fceqyn.unam.edu.ar/consejo-directivo/actas-y-resumenes-de-sesiones-c-d/>

Resolución 638/11 (Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología. Subsecretaría de Educación. Gobierno de la provincia de Misiones). *Diseño curricular Ciclo básico común, secundario obligatorio*. 07 de diciembre de 2011.

Resolución 048/13 (Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología. Subsecretaría de Educación. Gobierno de la provincia de Misiones). *Diseño curricular orientado. Tomo I y Tomo II*.

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2024

Traducción de Luz Lastres

Universidad de Buenos Aires

E-mail: klastres@gmail.com

Recibido: 06/12/2024. Aceptado: 15/12/2024.

Resumen. Se presenta una traducción al español de artículos difundidos en la página web del Premio Nobel. En esta traducción se incluye información referente a las investigaciones realizadas en el diseño computacional y la predicción de la estructura de las proteínas de David Baker, Demis Hassabis y John Jumper, por las cuales fueron distinguidos por el Premio Nobel en Química en 2024. Además, se realizó una edición y actualización del texto por parte de la directora de la revista.

Palabras clave. Premio Nobel, diseño computacional, predicción de estructuras, proteínas, inteligencia artificial.

The Nobel Prize in Chemistry 2024

Abstract. A Spanish translation of articles disseminated on the Nobel Prize website is presented. This translation includes information regarding the research conducted in computational design and the prediction of protein structures by David Baker, Demis Hassabis, and John Jumper, for which they were awarded the Nobel Prize in Chemistry in 2024. Additionally, the text was edited and updated by the magazine's editor-in-chief.

Keywords. Nobel prize, computational design, structure prediction, proteins, artificial intelligence.

Traducción al español de información publicada por la Real Academia Sueca de Ciencias:

Science Editors: Peter Brzezinski, Heiner Linke, Johan Åqvist, the Nobel Committee for Chemistry

Text: Ann Fernholm

Translation: Clare Barnes

Illustrations: Johan Jarnestad, Terezia Kovalova.

Editor: Vincent von Sydow

©The Royal Swedish Academy of Sciences

Edición de la traducción al español: María Gabriela Lorenzo

La Real Academia Sueca de Ciencias ha decidido otorgar el Premio Nobel de Química 2024, con una mitad a DAVID BAKER, "por el diseño computacional de proteínas"; y, la otra mitad de manera conjunta a DEMIS HASSABIS y JOHN JUMPER, "por la predicción de la estructura de las proteínas".

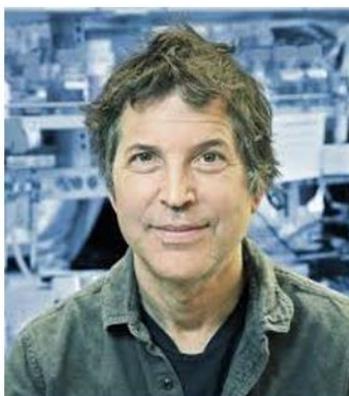


Demis Hassabis



Nacido en 1976 en Londres, Reino Unido. Doctorado en 2009 por el University College London, Reino Unido. Director ejecutivo de Google DeepMind, Londres, Reino Unido.

David Baker



Nacido en 1962 en Seattle, WA, EE. UU. Doctorado en 1989 por la Universidad de California, Berkeley, CA, EE. UU. Profesor en la Universidad de Washington, Seattle e Investigador del Instituto Médico Howard Hughes, EE. UU.

John Jumper



Nacido en 1985 en Little Rock, AR, EE. UU. Doctorado en 2017 por la Universidad de Chicago, IL, EE. UU.

Estos investigadores han revelado los secretos de las proteínas a través de la computación y la inteligencia artificial.

Los químicos llevan mucho tiempo soñando con comprender y dominar por completo las herramientas químicas de la vida: las proteínas. Este sueño ahora está a nuestro alcance. Demis Hassabis y John Jumper han utilizado con éxito la inteligencia artificial para predecir la estructura de casi todas las proteínas conocidas. David Baker ha aprendido a dominar los componentes básicos de la vida y a crear proteínas completamente nuevas. El potencial de sus descubrimientos es enorme.

¿Cómo es posible la exuberante *química de la vida*? La respuesta a esta pregunta es la existencia de las proteínas, que pueden describirse como brillantes herramientas químicas. Generalmente están formadas por veinte aminoácidos que se pueden combinar de infinitas maneras. Utilizando la información almacenada en el ADN como modelo, los aminoácidos se unen entre sí en nuestras células para formar largas cadenas.

Entonces ocurre la magia de las proteínas: la cadena de aminoácidos se retuerce y se pliega en una estructura tridimensional distintiva, a veces única (Figura 1). Esta estructura es la que da a las proteínas su función. Algunas se convierten en bloques químicos que pueden crear músculos, cuernos o plumas, mientras que otras pueden convertirse en hormonas o anticuerpos. Muchas de ellas forman enzimas, que impulsan las reacciones químicas de la vida con una precisión asombrosa. Las proteínas que se encuentran en las superficies de las células también son importantes y funcionan como canales de comunicación entre la célula y su entorno.

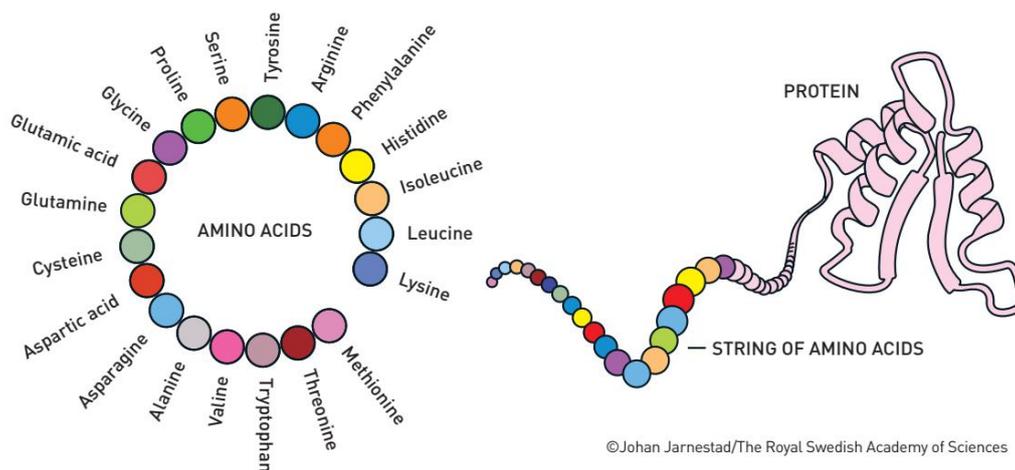


Figura 1. Aminoácidos y estructura de las proteínas

Es difícil exagerar el potencial que encierran los componentes químicos de la vida, estos veinte aminoácidos. El Premio Nobel de Química 2024 es sobre comprenderlos y dominarlos a un nivel completamente nuevo. La mitad del premio se otorga a Demis Hassabis y John Jumper, quienes han utilizado inteligencia artificial para resolver con éxito un problema con el que los químicos han luchado durante más de cincuenta años: predecir la estructura tridimensional de una proteína a partir de una secuencia de aminoácidos. Esto les ha permitido predecir la estructura de casi todos los 200 millones de proteínas conocidas. La otra mitad del premio se otorga a David Baker. Ha desarrollado métodos informáticos para lograr lo que mucha gente creía que era imposible: crear proteínas que no existían anteriormente y que, en muchos casos, tienen funciones completamente nuevas.

El Premio Nobel de Química 2024 reconoce dos descubrimientos diferentes, pero, como se verá, están estrechamente relacionados. Para entender los desafíos que han superado los galardonados de este año, debemos remontarnos a los albores de la bioquímica moderna

Las primeras imágenes granuladas de proteínas

Los químicos saben desde el siglo XIX que las proteínas son importantes para los procesos vitales, pero hubo que esperar hasta la década de 1950 para que las herramientas químicas fueran lo suficientemente precisas como para que los investigadores comenzaran a explorar las proteínas con más detalle. Los investigadores de Cambridge, John Kendrew y Max Perutz (Figura 2) hicieron un descubrimiento revolucionario cuando, a finales de la década, utilizaron con éxito la cristalografía de rayos X para presentar los primeros modelos tridimensionales de proteínas. En reconocimiento a este descubrimiento, recibieron el Premio Nobel de Química en 1962. Posteriormente, los investigadores han utilizado principalmente la cristalografía de rayos X, y a menudo un gran esfuerzo, para producir con éxito imágenes de alrededor de 200.000 proteínas diferentes, lo que sentó las bases para el Premio Nobel de Química de 2024.

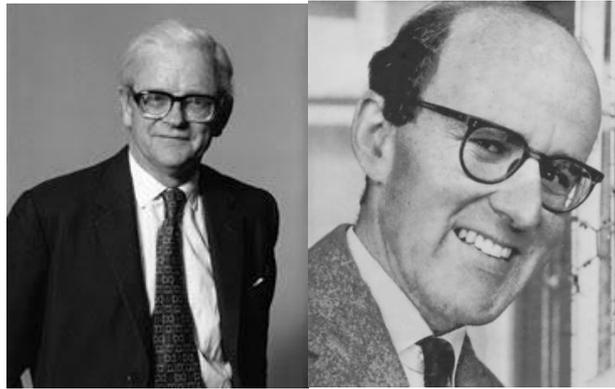


Figura 2. John Kendrew y Max Perutz

Un acertijo: ¿Cómo encuentra una proteína su estructura única?

Christian Anfinsen (Figura 3), un científico estadounidense, hizo otro descubrimiento temprano. Utilizando varios trucos químicos, logró hacer que una proteína existente se desplegara y luego se plegara de nuevo. La observación interesante fue que la proteína adoptó exactamente la misma forma cada vez. En 1961, concluyó que la estructura tridimensional de una proteína está completamente gobernada por la secuencia de aminoácidos en la proteína. Esto lo llevó a ser galardonado con el Premio Nobel de Química en 1972.

Sin embargo, la lógica de Anfinsen contiene una paradoja, que otro estadounidense, Cyrus Levinthal (Figura 3), señaló en 1969. Calculó que incluso si una proteína solo consta de 100 aminoácidos, en teoría la proteína puede asumir al menos 10^{47} estructuras tridimensionales diferentes. Si la cadena de aminoácidos se plegara al azar, se necesitaría más tiempo que la edad del universo para encontrar la estructura proteica correcta. En una célula, solo se necesitan unos pocos milisegundos. Entonces, ¿cómo se pliega realmente la cadena de aminoácidos?

El descubrimiento de Anfinsen y la paradoja de Levinthal implicaron que el plegamiento es un proceso predeterminado. Y, lo que es más importante, toda la información sobre cómo se pliega la proteína debe estar presente en la secuencia de aminoácidos.



Figura 3. Christian Anfinsen y Cyrus Levinthal

Arrojando el guante al gran desafío de la bioquímica

Los resultados anteriores condujeron a otra conclusión decisiva: si los químicos conocieran la secuencia de aminoácidos de una proteína, podrían

predecir su estructura tridimensional. Esta idea era emocionante. Si lo conseguían, ya no tendrían que utilizar la cristalografía de rayos X y podrían ahorrar mucho tiempo. También podrían generar estructuras para todas las proteínas en las que no fuera aplicable la cristalografía de rayos X.

Estas conclusiones lógicas arrojaron el guante a lo que se ha convertido en el gran desafío de la bioquímica: el problema de la predicción. Para alentar un desarrollo más rápido en el campo, en 1994 los investigadores iniciaron un proyecto llamado *Evaluación crítica de la predicción de la estructura de las proteínas* (CASP, *Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction*), que se convirtió en una competición. Cada dos años, investigadores de todo el mundo tenían acceso a secuencias de aminoácidos en proteínas cuyas estructuras acababan de determinarse. Sin embargo, las estructuras se mantenían en secreto para los participantes. El desafío era predecir las estructuras de las proteínas basándose en las secuencias de aminoácidos conocidas.

CASP atrajo a muchos investigadores, pero resolver el problema de predicción resultó increíblemente difícil. La correspondencia entre las predicciones de los investigadores presentadas en el concurso y las estructuras reales apenas mejoró. El avance no se produjo hasta 2018, cuando un maestro de ajedrez, experto en neurociencia y pionero en inteligencia artificial entró en el campo.

El maestro de los juegos de mesa entra en las Olimpiadas de las Proteínas

Echemos un vistazo rápido a los antecedentes de Demis Hassabis: comenzó a jugar al ajedrez a los cuatro años y alcanzó el nivel de maestro a los 13 años. En su adolescencia, comenzó una carrera como programador y exitoso desarrollador de juegos. Comenzó a explorar la inteligencia artificial y se dedicó a la neurociencia, donde hizo varios descubrimientos revolucionarios. Usó lo que aprendió sobre el cerebro para desarrollar mejores redes neuronales para la IA. En 2010, cofundó DeepMind, una empresa que desarrolló modelos magistrales de IA para juegos de mesa populares. La empresa se vendió a Google en 2014 y, dos años después, DeepMind llamó la atención mundial cuando la empresa logró lo que muchos entonces creían que era el santo grial de la IA: vencer al campeón de uno de los juegos de mesa más antiguos del mundo, el Go.

Sin embargo, para Hassabis, el Go no era el objetivo, era el medio para desarrollar mejores modelos de IA. Tras esta victoria, su equipo estaba preparado para afrontar problemas de mayor importancia para la humanidad, por lo que en 2018 se inscribió en la decimotercera competición CASP.

Un triunfo inesperado para el modelo de IA de Demis Hassabis

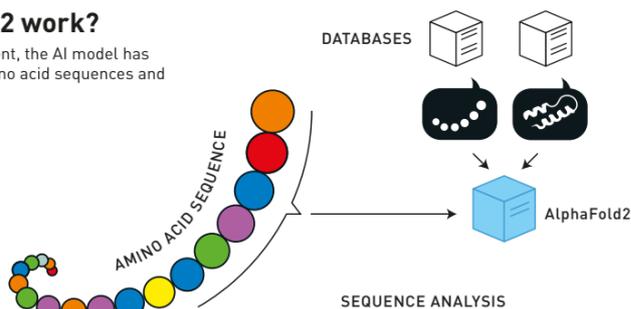
En años anteriores, las estructuras proteínicas que los investigadores habían predicho para CASP habían alcanzado una precisión del 40 por ciento, en el mejor de los casos. Con su modelo de IA, AlphaFold, el equipo de Hassabis alcanzó casi el 60 por ciento. Ganaron y el excelente resultado sorprendió a mucha gente: fue un avance inesperado, pero la solución aún no era lo suficientemente buena. Para tener éxito, la predicción debía tener una precisión del 90 por ciento en comparación con la estructura objetivo.

How does AlphaFold2 work?

As part of AlphaFold2's development, the AI model has been trained on all the known amino acid sequences and determined protein structures.

1. DATA ENTRY AND DATABASE SEARCHES

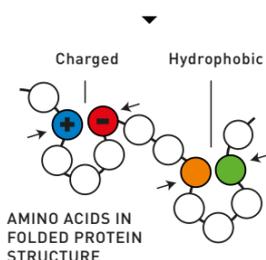
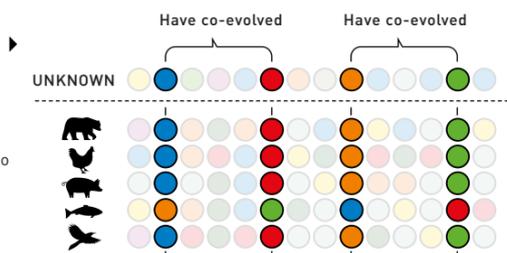
An amino acid sequence with unknown structure is fed into AlphaFold2, which searches databases for similar amino acid sequences and protein structures.



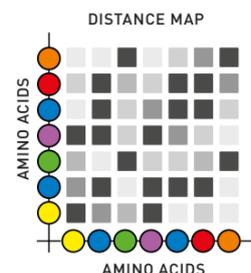
2. SEQUENCE ANALYSIS

The AI model aligns all the similar amino acid sequences – often from different species – and investigates which parts have been preserved during evolution.

In the next step, AlphaFold2 explores which amino acids could interact with each other in the three-dimensional protein structure. Interacting amino acids co-evolve. If one is charged, the other has the opposite charge, so they are attracted to each other. If one is replaced by a water-repellent (hydrophobic) amino acid, the other also becomes hydrophobic.



Using this analysis, AlphaFold2 produces a distance map that estimates how close amino acids are to each other in the structure.

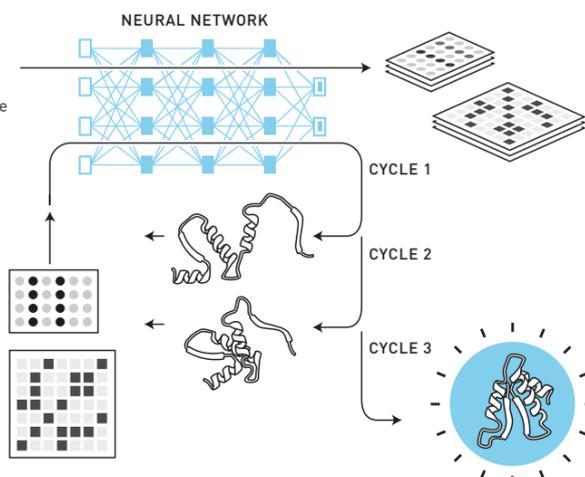


3. AI ANALYSIS

Using an iterative process, AlphaFold2 refines the sequence analysis and distance map. The AI model uses neural networks called transformers, which have a great capacity to identify important elements to focus on. Data about other protein structures – if they were found in step 1 – is also utilised.

4. HYPOTHETICAL STRUCTURE

AlphaFold2 puts together a puzzle of all the amino acids and tests pathways to produce a hypothetical protein structure. This is re-run through step 3. After three cycles, AlphaFold2 arrives at a particular structure. The AI model calculates the probability that different parts of this structure correspond to reality.



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Figura 4. ¿Cómo funciona AlphaFold2?

La Figura 4 nos explica cómo trabaja AlphaFold2: Como parte del desarrollo de AlphaFold2, el modelo de IA ha sido entrenado en todas las secuencias de aminoácidos conocidas y las estructuras de proteínas determinadas.

1. Entrada de datos y búsquedas en bases de datos

Una secuencia de aminoácidos con estructura desconocida se introduce en AlphaFold2, que busca en bases de datos secuencias de aminoácidos y estructuras de proteínas similares.

2. Análisis de secuencias

El modelo de IA alinea todas las secuencias de aminoácidos similares, a menudo de especies diferentes, e investiga qué partes se han conservado durante la evolución. Con este análisis, AlphaFold2 produce un mapa de distancias que estima qué tan cerca están los aminoácidos entre sí en la estructura.

En el siguiente paso, AlphaFold2 explora qué aminoácidos podrían interactuar entre sí en la estructura tridimensional de la proteína. Los aminoácidos que interactúan coevolucionan. Si uno está cargado, el otro tiene la carga opuesta, por lo que se atraen entre sí. Si uno es reemplazado por un aminoácido repelente al agua (hidrofóbico), el otro también se vuelve hidrofóbico.

3. Análisis de IA

Con un proceso iterativo, AlphaFold2 refina el análisis de secuencias y el mapa de distancias. El modelo de IA utiliza redes neuronales llamadas transformadores, que tienen una gran capacidad para identificar elementos importantes en los que centrarse. También se utilizan datos sobre otras estructuras de proteínas, si se encontraron en el paso 1.

4. Estructura hipotética

AlphaFold2 arma un rompecabezas de todos los aminoácidos y prueba vías para producir una estructura proteica hipotética. Esto se vuelve a ejecutar hasta el paso 3. Después de tres ciclos, AlphaFold2 llega a una estructura particular. El modelo de IA calcula la probabilidad de que diferentes partes de esta estructura correspondan a la realidad.

Hassabis y su equipo continuaron desarrollando AlphaFold, pero, por mucho que lo intentaron, el algoritmo nunca llegó a funcionar. La dura verdad era que habían llegado a un punto muerto. El equipo estaba cansado, pero un empleado relativamente nuevo tenía ideas decisivas sobre cómo se podía mejorar el modelo de IA: John Jumper.

John Jumper acepta el gran reto de la bioquímica

La fascinación de John Jumper por el universo fue lo que le hizo empezar a estudiar física y matemáticas. Sin embargo, en 2008, cuando empezó a trabajar en una empresa que utilizaba superordenadores para simular proteínas y su dinámica, se dio cuenta que el conocimiento de la física podía ayudar a resolver problemas médicos.

Jumper llevó consigo este recién adquirido interés por las proteínas cuando, en 2011, comenzó su doctorado en física teórica. Para ahorrar capacidad informática, algo que escaseaba en la universidad, empezó a desarrollar métodos más sencillos e ingeniosos para simular la dinámica de las proteínas.

Pronto, él también aceptó el gran reto de la bioquímica. En 2017, había terminado recientemente su doctorado cuando oyó rumores de que Google DeepMind había empezado, en gran secreto, a predecir las estructuras de las proteínas. Les envió una solicitud de empleo. Su experiencia en simulación de proteínas le permitió tener ideas creativas sobre cómo mejorar AlphaFold, por lo que, después de que el equipo comenzó a mantenerse a flote, fue ascendido. Jumper y Hassabis codirigieron el trabajo que reformó fundamentalmente el modelo de IA.

Resultados sorprendentes con un modelo de IA reformado

La nueva versión, AlphaFold2, se inspiró en el conocimiento de Jumper sobre las proteínas. El equipo también comenzó a utilizar la innovación detrás del reciente y enorme avance en IA: las redes neuronales llamadas transformadores. Estas pueden encontrar patrones en enormes cantidades de datos de una manera más flexible que antes y determinar de manera eficiente en qué se debe enfocar para lograr un objetivo en particular.

El equipo entrenó a AlphaFold2 con la vasta información en las bases de datos de todas las estructuras de proteínas y secuencias de aminoácidos conocidas (Figura 4) y la nueva arquitectura de IA comenzó a ofrecer buenos resultados a tiempo para la decimocuarta competencia CASP.

En 2020, cuando los organizadores de CASP evaluaron los resultados, comprendieron que el desafío de 50 años de la bioquímica había terminado. En la mayoría de los casos, AlphaFold2 funcionó casi tan bien como la cristalografía de rayos X, lo cual fue asombroso. Cuando uno de los fundadores de CASP, John Moulton, dio por concluida la competición el 4 de diciembre de 2020, se preguntó: ¿y ahora qué?



Figura 5. John Moulton

Volveremos a ello. Ahora vamos a retroceder en el tiempo y arrojar luz sobre otro participante de CASP. Vamos a presentar la otra mitad del Premio Nobel de Química 2024, que trata sobre el arte de crear nuevas proteínas desde cero.

Un libro de texto sobre la célula hace que David Baker cambie de rumbo

Cuando David Baker empezó a estudiar en la Universidad de Harvard, eligió filosofía y ciencias sociales. Sin embargo, durante un curso de biología evolutiva se encontró con la primera edición del ya clásico libro de texto *Molecular Biology of the Cell*. Esto le llevó a cambiar de rumbo en la vida. Empezó a explorar la biología celular y, con el tiempo, se fascinó por las estructuras de las proteínas. Cuando, en 1993, empezó a ser jefe de grupo en la Universidad de Washington en Seattle, se enfrentó al gran reto de la bioquímica. Mediante ingeniosos experimentos, comenzó a explorar cómo se pliegan las proteínas. Esto le proporcionó conocimientos que llevó consigo cuando, a finales de los años 90, empezó a desarrollar un software informático que pudiera predecir las estructuras de las proteínas: **Rosetta**. Baker hizo su debut en la competencia CASP en 1998 usando Rosetta y, en comparación con otros participantes, le fue muy bien. Este éxito llevó a una nueva idea: que el equipo de David Baker podría usar el software a la inversa. En lugar de ingresar secuencias de aminoácidos en Rosetta y obtener

estructuras de proteínas, deberían poder ingresar una estructura de proteína deseada y obtener sugerencias para su secuencia de aminoácidos, lo que les permitiría crear proteínas completamente nuevas.

Baker se convierte en constructor de proteínas

El campo del diseño de proteínas, en el que los investigadores crean proteínas a medida con nuevas funciones, comenzó a despegar a finales de los años 90. En muchos casos, los investigadores modificaron las proteínas existentes para que pudieran hacer cosas como descomponer sustancias peligrosas o funcionar como herramientas en la industria química. Sin embargo, la variedad de proteínas naturales es limitada. Para aumentar el potencial de obtener proteínas con funciones completamente nuevas, el grupo de investigación de Baker quería crearlas desde cero. Como dijo Baker, "Si quieres construir un avión, no empiezas modificando un pájaro; en lugar de eso, entiendes los primeros principios de la aerodinámica y construyes máquinas voladoras a partir de esos principios".

Una proteína única ve la luz

El campo en el que se construyen proteínas completamente nuevas se llama diseño de *novο*. El grupo de investigación dibujó una proteína con una estructura completamente nueva y luego hizo que Rosetta calculara qué tipo de secuencia de aminoácidos podría dar como resultado la proteína deseada. Para ello, Rosetta buscó en una base de datos todas las estructuras proteínicas conocidas y buscó fragmentos cortos de proteínas que tuvieran similitudes con la estructura deseada. Utilizando el conocimiento fundamental del panorama energético de las proteínas, Rosetta optimizó estos fragmentos y propuso una secuencia de aminoácidos.

Para investigar el éxito del software, el grupo de investigación de Baker introdujo el gen para la secuencia de aminoácidos propuesta en bacterias que producían la proteína deseada. Luego determinaron la estructura de la proteína utilizando cristalografía de rayos X.

Resultó que Rosetta realmente podía construir proteínas. La proteína que los investigadores desarrollaron, Top7, tenía casi exactamente la estructura que habían diseñado (Figura 6).



©Terezia Kovalova/The Royal Swedish Academy of Sciences

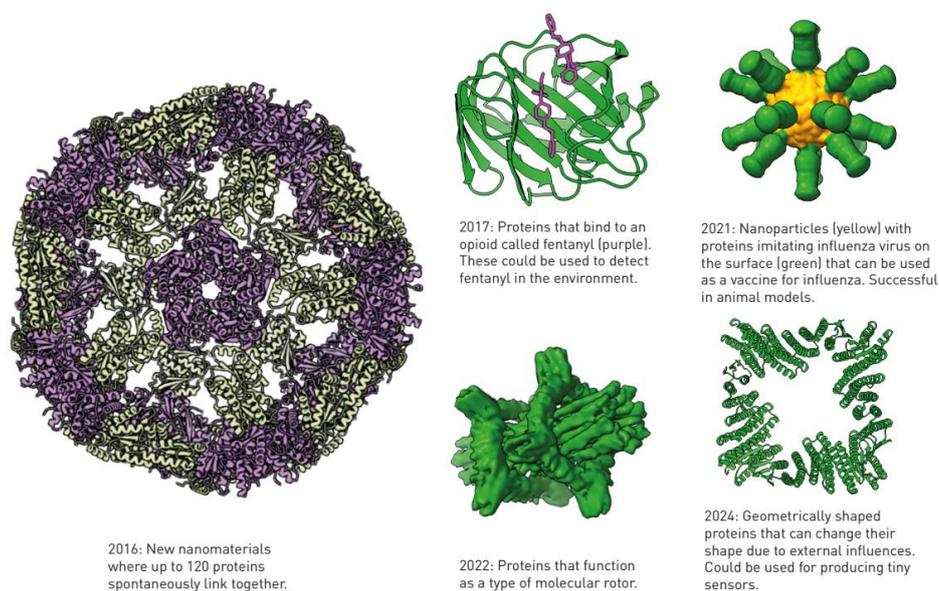
Figura 6. *Top7: la primera proteína que era completamente diferente a todas las proteínas conocidas existentes*

Espectaculares creaciones del laboratorio de Baker

Top7 fue una sorpresa para los investigadores que trabajaban en el diseño de proteínas. Los que habían creado proteínas de *novo* anteriormente solo habían podido imitar estructuras existentes. La estructura única de Top7 no existía en la naturaleza. Además, con sus 93 aminoácidos, la proteína era más grande que cualquier otra producida anteriormente mediante diseño de *novo*.

Baker publicó su descubrimiento en 2003. Este fue el primer paso en algo que solo puede describirse como un desarrollo extraordinario; algunas de las muchas proteínas espectaculares creadas en el laboratorio de Baker se pueden ver en la Figura 7. También publicó el código para Rosetta, por lo que una comunidad de investigación global ha seguido desarrollando el software, encontrando nuevas áreas de aplicación.

Es hora de atar los cabos sueltos del Premio Nobel de Química 2024. ¿Y ahora qué?



©Terezia Kovalova/The Royal Swedish Academy of Sciences

Figura 7. Proteínas desarrolladas utilizando el programa Rosetta de Baker

En la figura 7 se incluyen las proteínas creadas en el laboratorio de Baker:

2016: Nuevos nanomateriales en los que hasta 120 proteínas se unen espontáneamente.

2017: Proteínas que se unen a un opioide llamado fentanilo (violeta). Podrían utilizarse para detectar el fentanilo en el medio ambiente.

2021: Nanopartículas (amarillas) con proteínas que imitan al virus de la influenza en la superficie (verde) que pueden utilizarse como vacuna contra la influenza. Se han obtenido resultados exitosos en modelos animales.

2022: Proteínas que funcionan como un tipo de rotor molecular.

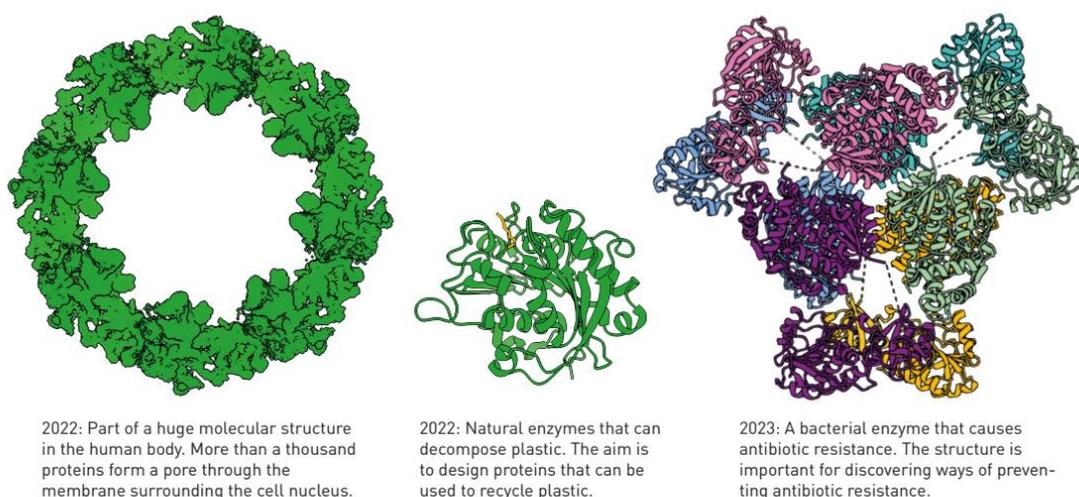
2024: Proteínas con forma geométrica que pueden cambiar su forma debido a influencias externas. Podrían utilizarse para producir sensores diminutos.

El trabajo que antes llevaba años ahora se realiza en tan solo unos minutos

Cuando Demis Hassabis y John Jumper confirmaron que AlphaFold2 realmente funcionaba, calcularon la estructura de todas las proteínas humanas. Luego predijeron la estructura de prácticamente todos los 200 millones de proteínas que los investigadores han descubierto hasta ahora al mapear los organismos de la Tierra.

Google DeepMind también ha puesto a disposición del público el código de AlphaFold2 y cualquiera puede acceder a él. El modelo de IA se ha convertido en una mina de oro para los investigadores. Para octubre de 2024, AlphaFold2 había sido utilizado por más de dos millones de personas de 190 países. Antes, a menudo se necesitaban años para obtener la estructura de una proteína, si es que se conseguía. Ahora se puede hacer en unos minutos. El modelo de IA no es perfecto, pero estima la exactitud de la estructura que ha producido, por lo que los investigadores saben cuán confiable es la predicción. La Figura 5 muestra algunos de los muchos ejemplos de cómo AlphaFold2 ayuda a los investigadores.

Después de la competencia CASP 2020, cuando David Baker se dio cuenta del potencial de los modelos de IA basados en transformadores, agregó uno a Rosetta, lo que también facilitó el diseño de *novo* de proteínas. En los últimos años, del laboratorio de Baker han surgido una increíble creación de proteínas una tras otra (Figura 7).



©Terezia Kovalova/The Royal Swedish Academy of Sciences

Figura 8. Ejemplos de estructuras de proteínas determinadas utilizando AlphaFold

2022: Parte de una enorme estructura molecular en el cuerpo humano. Más de mil proteínas forman un poro a través de la membrana que rodea el núcleo celular.

2022: Enzimas naturales que pueden descomponer el plástico. El objetivo es diseñar proteínas que puedan usarse para reciclar el plástico.

2023: Una enzima bacteriana que causa resistencia a los antibióticos. La estructura es importante para descubrir formas de prevenir la resistencia a los antibióticos

Desarrollo vertiginoso en beneficio de la humanidad

La asombrosa versatilidad de las proteínas como herramientas químicas se refleja en la enorme diversidad de la vida. El hecho de que ahora podamos visualizar tan fácilmente la estructura de estas pequeñas máquinas moleculares es alucinante; nos permite comprender mejor cómo funciona la vida, incluyendo por qué se desarrollan algunas enfermedades, cómo se produce la resistencia a los antibióticos o por qué algunos microbios pueden descomponer el plástico.

La capacidad de crear proteínas cargadas de nuevas funciones es igualmente asombrosa. Esto puede conducir a nuevos nanomateriales, fármacos específicos, un desarrollo más rápido de vacunas, sensores mínimos y una industria química más ecológica, por nombrar solo algunas aplicaciones que son para el mayor beneficio de la humanidad.

La Educación en la Química en Argentina y en el Mundo

CONGRESOS, JORNADAS, SEMINARIOS DE AQUÍ Y DE ALLÁ...

Andrea S. Farré

Universidad Nacional de Río Negro. Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (LIDCiN). San Carlos de Bariloche, Argentina.

E-mail: asfarre@unrn.edu.ar

Resumen. Como en todos los números acercamos a nuestros/as lectores/as información sobre los próximos eventos científicos organizadas por ADEQRA y otras instituciones académicas ya sea nacionales e internacionales, incluyendo fechas y enlaces de interés.

Palabras clave. Eventos científicos, Información, Congresos y jornadas

Congresses, conferences, seminars from here and there...

Abstract. As in all issues, we provide our readers with information on upcoming scientific events organized by ADEQRA and other national and international academic institutions, including dates and links of interest.

Keywords. Scientific events, Information, Congresses and conferences

EXPOUNIVERSITAS - FORUM DE INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN

Organizado por la Universidad de Vigo.

Envío de trabajos: hasta el 2 de febrero de 2025.

Inscripción hasta el 2 de febrero de 2025, la inscripción es gratuita, y no supone ningún tipo de gasto.

7 de febrero de 2025, modalidad virtual.

<https://expouniversitas.webs.uvigo.es/>

NARST 2025 ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE - IN PRAISE OF SCIENCE TEACHERS: ESSENTIAL PARTNERS IN RESEARCHING, REFRAMING, AND REFORMING SCIENCE LEARNING

Organizado por la National Association of Research in Science Teaching.

23 al 26 de marzo de 2025, Washington, DC, Estados Unidos.

<https://narst.org/conferences/2025-annual-conference>

XII CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Organizado por la Universidad Nacional de Costa Rica y la Cátedra UNESCO de Educación Científica para América Latina y el Caribe (EDUCALYC).

Envío de trabajos: hasta el 28 febrero 2025.

Inscripción temprana: hasta el 14 marzo 2025.

20 al 22 mayo 2025, San José Costa Rica.

<https://cieduc.org/cieduc2025/>



METHODS IN CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH (MICER)

Organizado por Edinburgh Napier University (Sighthill).
21 de mayo de 2025, Edinburgh (en 2024 se pudieron presentar posters virtualmente).

<https://micerportal.wordpress.com/>

XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN E INNOVACIÓN

Organizado por la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad de Granada.

Inscripción temprana: hasta el 15 de febrero de 2025.

Envío de comunicaciones: hasta el 15 de abril de 2025.

21 al 23 de mayo de 2025, Facultad de Humanidades, Ciudad Universitaria, Guatemala, modalidad híbrida.

<https://ciei.es/>

XX CONGRESO TECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN Y EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA – TEYET 2025

Organizado por la Universidad Nacional de Avellaneda y la Red de Universidades Nacionales con carreras de Informática (RedUNCI).

Envío de trabajos: hasta el 2 de abril de 2025.

Inscripción temprana: hasta el 26 de mayo de 2025.

12 y 13 de junio de 2025, Avellaneda, Buenos Aires.

<https://www.teyet2025.net.ar/>

IX CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCENCIA UNIVERSITARIA CINDU 2025 - SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURO DE LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA

Organizado por la Universidad de Vigo.

Envío de comunicaciones: hasta el 31 de marzo de 2025.

Inscripción temprana: hasta el 31 de marzo de 2025.

12 al 15 de junio de 2025, modalidad virtual.

<https://cindu2025.educacioneditora.net/>

CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE (GRS) - GORDON RESEARCH SEMINAR

Organizada por Bates College.

Envío de resúmenes para ser orador/a de GRS: hasta el 30 de marzo de 2025.

Envío de solicitudes: hasta el 7 de junio de 2025.

5 al 6 de julio de 2025, Lewiston, Maine, Estados Unidos.

<https://www.grc.org/chemistry-education-research-and-practice-grs-conference/2025/>

CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE. GORDON RESEARCH CONFERENCE - EXPLORING INTERACTIONS IN THE CHEMISTRY CURRICULUM IN PHYSICAL AND DIGITAL SPACES

Organizada por Bates College.

Envío de solicitudes: hasta el 8 de junio de 2025.

6 al 11 de julio de 2025, Lewiston, Maine, Estados Unidos.
<https://www.grc.org/chemistry-education-research-and-practice-conference/2025/>

VISUALIZATION IN SCIENCE AND EDUCATION (GRS) - GORDON RESEARCH SEMINAR

Organizada por Bates College.

Envío de resúmenes para que sean consideradas como presentaciones orales en el GRS: hasta el 6 de abril de 2025.

Envío de solicitudes: hasta el 14 de junio de 2025.

12 al 13 de julio de 2025, Lewiston, Maine, Estados Unidos.

<https://www.grc.org/visualization-in-science-and-education-grs-conference/2025/>

VISUALIZATION IN SCIENCE AND EDUCATION - GORDON RESEARCH CONFERENCE

Organizada por Bates College.

Envío de solicitudes: hasta el 15 de junio de 2025.

13 al 15 de julio de 2025, Lewiston, Maine, Estados Unidos.

<https://www.grc.org/visualization-in-science-and-education-conference/2025/>

XV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC) - VIDAS EM CONFLUÊNCIA NA PARTILHA DE SABERES

Organizado por Universidade Federal do Pará y Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC).

Inscripción temprana: Desde el 16 de enero al 15 de febrero de 2025.

4 al 8 de agosto de 2025, Belém do Pará, Brasil.

<https://eventos.idvn.com.br/enpec2025/>

ESERA CONFERENCE 2025 – THE 16TH CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION – TRANSITIONS IN SCIENCE EDUCATION: SUSTAINABILITY AND DIGITAL ADVANCES

Organizado por la European Science Education Research Association.

Envío de trabajos: hasta el 31 de enero de 2025.

ESERA prelude: 21 al 24 de agosto de 2025.

25 al 29 de agosto de 2025, Copenhagen, Dinamarca.

<https://esera2025.org/>

XII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS - ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y PENSAMIENTO CRÍTICO: DESAFÍOS Y NECESIDADES DE LA SOCIEDAD DEMOCRÁTICA

Organizada revista Enseñanza de las Ciencias y la Universitat de València.

Fecha inscripción reducida: 1 de enero al 11 de abril de 2025.

Fecha límite de inscripción: 30 de junio de 2025.

2 al 5 de septiembre de 2025, Valencia, España, modalidad híbrida.

<https://congresoenseciencias.org/>

V JORNADAS DE TIC E INNOVACIÓN EN EL AULA: "ECOSISTEMAS EDUCATIVOS DIGITALES"

Organizada por el Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Nacional de La Plata.

4 y 5 de septiembre de 2025, modalidad virtual.

<https://sied.ead.unlp.edu.ar/jornadas%20ead%202025.html>

15TH EUROPEAN CONGRESS OF CHEMICAL ENGINEERING (ECCE), 8TH EUROPEAN CONGRESS OF APPLIED BIOTECHNOLOGY (ECAB), 3RD IBEROAMERICAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING (CIBIQ)

Organizados por la Universidad de Porto, la Universidad de Lisboa, Universidad de Minho, DECHEMA, entre otras instituciones.

Envío de trabajos: hasta el 14 de febrero 2025.

Inscripción reducida: Desde el 1 de enero al 1 de julio de 2025.

8 al 10 de septiembre de 2025, Lisboa, Portugal.

<https://ecce-ecab2025.eu/>

XV CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y GÉNERO

Organizado por la Universidad de la República, Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay, Universidad Tecnológica, Agencia Nacional de Investigación e Innovación, entre otras instituciones.

Presentación de propuestas: 15 de enero al 15 de marzo de 2025.

Inscripción anticipada: 1 de junio al 30 de julio de 2025, las y los residentes de Argentina quedan exonerados del pago de inscripciones.

16 al 18 de septiembre de 2025, Montevideo, Uruguay.

<https://eventos.udelar.edu.uy/event/1/>

XI CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS - FORMACIÓN POLÍTICA DE PROFESORES DE CIENCIAS DE CARA A LOS DESAFÍOS ACTUALES

Organizado por la Universidad Pedagógica Nacional, la Universidad Distrital Francisco Caldas, el Instituto Federal Ceará, entre otras instituciones.

Envío de trabajos: hasta 7 de abril de 2025.

Inscripción anticipada: 1 de junio al 30 de julio de 2025, las y los residentes de Argentina quedan exonerados del pago de inscripciones.

8 al 10 de octubre de 2025, Instituto Federal de Ceará, Brasil, modalidad híbrida.

E-mail: congresoformacionprofesencias@gmail.com

Facebook: https://www.facebook.com/groups/255240411305333/?ref=share_group_link

OTROS EVENTOS PREVISTOS PARA EL 2025

- **REF XXIV** a realizarse en la ciudad de Salta
- **REQ XXI** a realizarse en la ciudad de San Carlos de Bariloche (modalidad híbrida)

Pedido de aportes: Si los lectores han participado de algún evento y quieren hacer una reseña del mismo o si quieren difundir alguna reunión científica, pueden escribir a asfarre@unrn.edu.ar