

Estrategia didáctica de problemáticas integradoras para el aprendizaje significativo de la química

Navas, Cintia ^{a*}; Aguirre, Ana ^a; Bazan, Matías ^a; Iturrieta, Juan ^b, Corzo, Silvia ^a.

^a Departamento de Electrónica y Automática - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan.

^b Instituto de Bioingeniería - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan.

* e-mail: cnavas@unsj.edu.ar.

Resumen

Ante las dificultades del aprendizaje en el ciclo básico de las carreras de ingeniería, se diseñó y aplicó la estrategia didáctica dirigida a promover una mejor apropiación de los saberes, con la finalidad de fomentar la conformación de competencias genéricas y específicas del ingeniero no químico, desde el inicio de la formación. A través del presente trabajo se presenta los resultados alcanzados en la regularidad y promoción aplicada desde ciclo lectivo 2023 de la asignatura Química y Química I correspondientes a las carreras de Ing. Electrónica y Bioingeniería, dependientes del Departamento de Electrónica y Automática.

La metodología consistió en la resolución de problemas basados en la integración de contenidos y alineados al perfil del egresado, de forma grupal y antes de cada evaluación parcial. Así se busca fomentar el aprendizaje significativo de la química, conectando los contenidos de la misma con aplicaciones prácticas en el campo profesional.

Los resultados mostraron, en términos generales, un impacto positivo en el desarrollo de diversas competencias claves para los estudiantes, incluyendo: desarrollo de la capacidad crítica y autorreflexiva, discusión y defensa de un saber, autonomía del estudiante en su proceso de aprendizaje, mejor comunicación oral y escrita. En menor proporción se evidenció una investigación por parte de los estudiantes del resultado encontrado en el problema y sus implicancias en el campo profesional.

Estos avances se reflejaron en un aumento significativo de los índices de regularidad y promoción en las asignaturas mencionadas.

Palabras clave: Estrategia didáctica, aprendizaje significativo, problemas integradores, química, ciclo básico.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto el rol del educador como del educando han experimentado una transformación. El educador debe asumir un papel diferente, creando ambientes de aprendizaje que involucren a los estudiantes en la búsqueda y construcción del conocimiento a través de estrategias y actividades adecuadas. Es fundamental considerar las características e intereses de los estudiantes para adaptar los métodos de enseñanza, promoviendo un aprendizaje significativo. El educando, por su parte, debe ir más allá de la simple asimilación de información y adoptar un rol activo en su propio proceso de aprendizaje. Se espera que sea crítico, indagador, reflexivo, investigador y creativo.

Por otro lado, los ingresantes universitarios enfrentan un nuevo entorno con reglas, símbolos y demandas de autonomía y responsabilidad, muy diferentes a lo que

están acostumbrados. Es crucial brindarles contención y acompañamiento durante este período de adaptación [1]. A la carga de adquirir nuevos conceptos y contenidos se suma el desafío de aprender a ser estudiante universitario. Esto implica abandonar la actitud pasiva del aprendizaje, heredada de la educación primaria y secundaria [2], y adoptar una postura autónoma y proactiva para el éxito en la formación de grado.

El bajo rendimiento en química puede deberse a varios factores, entre ellos bajo nivel de competencia argumentativa puesto que el sistema educativo secundario no la desarrolla. Por otro lado, ciertos libros universitarios de química usados por el profesorado y por los estudiantes no contienen actividades que enseñen explícitamente a justificar y a argumentar. En consecuencia, los estudiantes que inician poseen baja autonomía en la resolución de problemas, dificultades

en el procesamiento de la información escrita en términos del idioma propio, y/o simbólico, problemas para decodificar los enunciados, y pobre capacidad para justificar correcta y completamente los resultados, los procedimientos matemáticos y los criterios de selección entre diferentes teorías para la interpretación del problema [3, 4]. Estos conceptos, alejados de las experiencias cotidianas de los estudiantes, les dificultan la comprensión. Además, la dificultad de establecer relaciones entre los diferentes niveles de representación en química (macroscópico, microscópico y simbólico) [5] contribuye a las dificultades de aprendizaje.

Ante el contexto descrito y atendiendo al surgimiento de la planificación por competencias (libro Rojo de CONFEDI es un documento publicado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de Argentina. Este libro contiene los lineamientos y estándares curriculares para la formación de ingenieros en Argentina), pensado desde una formación integral del ser humano, donde el conocimiento, habilidades, actitudes, destreza y valores se conjugan en un todo.

El CONFEDI [6] clasifica a las competencias en: de EGRESO (Genéricas: comunes a todos los ingenieros y Específicas: comunes a los ingenieros de una misma terminal); de ACCESO (básicas, transversales y específicas a la carrera) y recomienda que las asignaturas del ciclo básico como Química privilegien el razonamiento lógico, la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología. Dentro de las competencias Genéricas nos interesan especialmente dos:

a) una de las Tecnológicas (Resolver Problemas) que implica el desarrollo de capacidades como: identificar y organizar los datos pertinentes al problema; delimitar el marco teórico subyacente; identificar lo que es relevante conocer; evaluar el contexto particular del problema; formularlo de manera clara y precisa, de usar técnicas eficaces de resolución y de estimar errores; usar lo que ya se conoce.

b) una de las Sociales, Políticas y Actitudinales (Comunicarse con Efectividad) que implica la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología. Dentro de las competencias Genéricas el desarrollo de capacidades como: expresarse de manera concisa, clara

y precisa, producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes; utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural); analizar la validez y la coherencia de los textos científicos.

Las capacidades, habilidades y destreza específicas desarrolladas y adquiridos en la Química son esenciales para comprender y aprender las asignaturas que van definiendo la especialidad de la ingeniería y que se nutren de ellas. Sin embargo, para que los estudiantes puedan aprovechar al máximo estas capacidades que aportan a las de EGRESO, es fundamental reforzar las habilidades básicas de ACCESO, en los primeros años de universidad, que ya han desarrollado en su educación secundaria.

La resolución de problemas y la comunicación efectiva son competencias genéricas que se requieren en todas las asignaturas de las carreras de ingeniería. Nuestro propósito como docentes es facilitar el desarrollo de estas competencias durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, incluyendo estrategias que permitan evaluar y acreditar su adquisición a partir de los criterios para lograr los resultados de aprendizaje, y evidenciar el logro de los aprendizajes específicos propuestos en función a los contenidos mínimos.

A partir de la planificación de la asignatura Química impartida a ambas carreras de Ing. Electrónica y Bioingeniería, la didáctica para el desarrollo curricular proponemos actividades de resolución de prácticas de gabinete y prácticas de laboratorio en cada una de las instancias de acreditación de los resultados de aprendizaje desde el ingreso hasta el examen final, en un ambiente áulico de permanente reflexión y diálogo sobre el proceso de resolución y sobre cómo debe ser la expresión de una comunicación efectiva. Evaluamos el logro de los resultados de aprendizajes a través de los criterios, señales observables que nos permiten saber si se producen los aprendizajes propuestos y si los mismos satisfacen las pautas de acreditación, establecidos para cada resultado de aprendizaje, formulados en función de los contenidos mínimos.

Si interpretamos a un problema como situación en la cual se desconoce el camino a seguir para llegar a la solución y a un ejercicio de una guía como el conocer dicho camino por experiencia previa, debemos reconocer, entonces, que los ejercicios que se plantean en el aula y laboratorio constituyen problemas para los estudiantes, y requieren de la adquisición de

determinadas competencias. La cátedra de Química propone la resolución de problemas integradores alineados al perfil del egresado contextualizados e integrados. Por lo general son cerrados (aquellos que tienen una única solución correcta y un conjunto limitado de posibles respuestas. Estos problemas suelen ser concretos y específicos, y la solución puede ser verificada de manera objetiva), cuantitativos y cualitativos, y cuya resolución debe estar justificada. En términos de capacidades a desarrollar, abarca:

a) **Comprensión lectora:** Interpretar, significar términos del enunciado, extraer datos, reconocer información faltante (marco teórico); representar simbólicamente el fenómeno químico (modelización), identificar las incógnitas;

b) **Resolución:** Justificar los datos elegidos desde la teoría subyacente; justificar los criterios para seleccionar el método de resolución pertinente; establecer relaciones matemáticas entre datos y conclusión; realizar procedimientos matemáticos de validez química; seguir una secuencia de resolución planificada; evaluar los resultados intermedios; obtener un resultado coherente con la situación, detectar incoherencias, comunicar los resultados en un lenguaje comprensible, usar la notación y las unidades que corresponden; justificar procedimientos y resultados y argumentar conclusiones y selección de opciones;

c) **Aprendizaje colaborativo:** Aprender con otros y de otros; trabajar en equipos, construir significados compartidos a través de la interacción dialógica. La adquisición de estas capacidades se favorece mediante el aprendizaje del conocimiento lingüístico y semántico del enunciado; de un adecuado encaje del mismo sobre la base de conocimientos previos y la adquisición de las habilidades cognitivo-lingüísticas justificar y argumentar. Es importante la construcción de significados de los términos con los cuales se construyen los enunciados de los ejercicios en química, y es muy relevante que buena parte de dicha construcción se relacione con lo realizado en el laboratorio. Justificar y argumentar posibilita responder por qué: i) los datos seleccionados son los que permiten arribar a la conclusión; ii) es necesario realizar determinados procedimientos matemáticos; iii) ciertas expresiones matemáticas no son idóneas para traducir conceptos químicos; iv) es preciso el control de resultados parciales y el análisis de la coherencia y pertinencia de la conclusión. Enseñar a justificar y a

argumentar es una práctica permanente que atraviesa todas las instancias de aprendizaje y se logra a través de la participación dialógica en el aula universitaria y laboratorio.

Para suplir la debilidad de no poseer cursos anteriores de Química, la cátedra de Química provee un libro de texto [7] en donde los problemas tipo se encuentran desarrollados en el cuerpo del mismo, y en el desarrollo de clases de gabinete se desarrollan los problemas integradores, argumentados y justificados para el aprendizaje de estrategias de resolución que permitan alcanzar una solución correcta. Con este material de cátedra, junto a las consultas brindadas por los docentes, las prácticas de laboratorio, con sus correspondientes informes, apuntan a la resolución de problemas diferentes a los publicados y de complejidad creciente según avanza el desarrollo del curso, permitiendo la expresión oral y eventualmente escrita de justificaciones y/o argumentaciones. Consideramos que enseñar la capacidad para justificar y/o argumentar la resolución de problemas es un excelente predictor de la actuación del estudiante.

En el presente trabajo se pretende analizar, a partir de los índices de regularidad y promoción de la asignatura Química de las carreras de Ing. Electrónica e Bioingeniería, la adquisición de competencias genéricas y específicas mediante la implementación didáctica de problemas integradores relacionados con el perfil del egresado establecidos en cada una de las instancias de evaluación.

OBJETIVOS

General:

Mejorar el rendimiento académico y lograr un aprendizaje constructivo, problematizado, comprensivo y significativo.

Específicos:

- Desarrollar la autonomía del estudiante para dirigir su propio aprendizaje y determinar qué necesita saber para resolver los problemas planteados
- Afianzar la comunicación oral y escrita al emplear correctamente el vocabulario científico y tecnológico.

- Fomentar la interdisciplinariedad de las asignaturas relacionadas al perfil del egresado al resolver el problema de forma ingeniosa y creativa.
- Favorecer la discusión, argumentación, análisis, toma de decisiones y resolución de problemas por parte de los estudiantes
- Vincular los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el aula/laboratorio con la realidad de las empresas, promoviendo la conformación de competencias básicas en los futuros ingenieros.
- Fomentar el trabajo cooperativo, asemejándose a las dinámicas de su futuro campo laboral
- Promover el uso de un lenguaje común para expresar ideas y preguntas sobre química, facilitando el entendimiento en el trabajo colaborativo

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo está enmarcado en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de capacidades en el contexto de las carreras de ingenierías no químicas.

Con la necesidad de un cambio de paradigma educativo, fundamental para afrontar las dificultades del aprendizaje de la química durante el primer año en la universidad se implementó una propuesta innovadora que utiliza problemas integradores adaptados al perfil de cada carrera. Con este recurso brindamos a los estudiantes herramientas para dirigir su propio aprendizaje y determinar qué necesitan saber para resolver problemas específicos.

Nuestra asignatura cuenta con 5 resultados de aprendizaje los cuales 4 de ellos se ven reflejados en el problema, esto toma gran relevancia ya que nos sirvió como prueba diagnóstica para determinar si los contenidos han sido apropiados significativamente.

Esta propuesta se implementó en un curso de química para estudiantes de Ingeniería Electrónica y Bioingeniería con 150 alumnos. Los estudiantes fueron agrupados por carrera en equipos de no más de 5 integrantes. Se observó un gran entusiasmo y empeño extra por parte de los estudiantes al resolver los problemas integradores, ya que se les indicó que el resultado contribuiría significativamente a su nota final. Esto demuestra que el uso de problemas contextualizados y la motivación adecuada fomentan la

participación de los alumnos en su proceso de aprendizaje.

Se plantearon dos instancias de problemas integradores, el primero antes de la segunda evaluación parcial donde se han abordado determinados contenidos y el segundo ante de la tercera evaluación parcial, donde prácticamente ya ahondaron en toda la asignatura. Para ellos se les da una semana para presentarlo y subirlo a la plataforma de la asignatura. A continuación, se detallan dos de los problemas uno para cada carrera los cuales pertenecen a la segunda instancia.

Una muestra de 25 g de latón (aleación de zinc y cobre) se trata con ácido clorhídrico, desprendiéndose 3,0 L de hidrogeno gas medidos a 1 atm y 25 °C. Formule y ajuste la reacción o reacciones que tienen lugar y calcule la composición de la aleación, expresándola como porcentaje en peso.
Potenciales normales de reducción: $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}^0) = -0,76 \text{ V}$; $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0) = 0,34 \text{ V}$; $E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$

Figura 1: Problema integrador 2 para los futuros ingenieros electrónicos.

La acidez del estómago equivale aproximadamente a una disolución de ácido clorhídrico de 20 mM. Una pastilla de antiácido pesa 350 mg y está compuesta por un 40% de hidróxido de magnesio, 38% de bicarbonato de sodio y 22% de cloruro de sodio.

Datos: constantes de acidez del ácido carbónico $K_{a1}=4,45 \times 10^{-7}$; $K_{a2}=4,69 \times 10^{-11}$, el estómago posee un volumen aproximado de 1,2L de solución de ácido clorhídrico y suponga que el volumen del estómago como órgano es de 4L aproximadamente.

- ¿Qué volumen del ácido se neutralizará con la pastilla antiácida?
- Si asume la formación de ácido carbónico ¿Qué presión generara el mismo dentro del estómago?
- ¿Qué pH tendrá el estómago luego de ingerir la pastilla de antiácido?

Figura 2: Problema integrador 2 para los futuros Bioingenieros.

Para resolver el problema los estudiantes debieron, reconocer cuál era la incógnita y que datos eran brindados en la consigna, investigar u obtener datos faltantes, relacionar los conceptos visto, realizar procedimientos matemáticos aplicados a la química, utilizar el correcto lenguaje químico y por supuesto llegar al resultado esperado. Además de lo antes mencionado, los alumnos aplicaron los conocimientos de tabla periódica, el significado de un potencial de reducción positivo o negativo, las leyes de los gases, estequiometría para sacar las masas porcentuales y conocimientos en reacciones redox.

Luego, en base a los criterios de los resultados de aprendizaje, elaboramos y enunciamos un listado de capacidades a investigar como: identificar los datos explícitos del problema y la incógnita; utilizar la información faltante adecuada; realizar procedimientos matemáticos de validez química; obtener un resultado pertinente; comunicar los resultados en un lenguaje comprensible y usar la notación y las unidades que corresponden; justificar y argumentar procedimientos y resultados.

El problema propuesto para los Bioingenieros en un poco más complejo con mayor cantidad de preguntas debido a que su orientación biológica nos exige ahondar más en los fundamentos químicos. De hecho, los conceptos de pH se evalúan con mayor profundidad en las exámenes parciales. Para poder el abordaje del mismo los alumnos tuvieron que aplicar sus conocimientos en formación de compuestos, tabla periódica, estequiometría, leyes de los gases, equilibrio químico y reacciones ácido-básicas.

RESULTADOS

Se aprecia en la Figura 3 la evolución del desempeño del alumnado en los años 2022-2023 para las carreras de Ing. Electrónica (ELO) y Bioingeniería (BIO).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En relación a la Figura 3 se puede apreciar que en el año 2022 tanto para las carreras de ELO y BIO existía un bajo número de alumnos que regularizaban y promocionaban la materia. Para el caso de los estudiantes de ELO, solo 4 alumnos regularizaron la materia y ninguno pudo promocionar la asignatura; mientras que para BIO, 7 alumnos regularizaron la materia y un solo estudiante obtuvo la promoción.

Luego de implementar la metodología de problemas integradores propuesta en este trabajo, los índices mejoraron favorablemente para el año lectivo 2023. Para ELO ahora 12 alumnos regularizaron y 4 obtuvieron la promoción; por otro lado, para los alumnos de BIO, 25 alumnos obtuvieron la regularización y 9 la promoción. Esto refleja que los problemas integradores propuestos antes de cada instancia de examinación parcial permitieron a los estudiantes consolidar los conocimientos y mejorar el rendimiento académico en la asignatura a la vez que los mismos son motivados y desafiados a problemas de la vida real relacionados con su campo ocupacional.

Si bien la incorporación de estos integradores requiere mucho esfuerzo por parte de los docentes para una correcta integración de los contenidos de la materia, lo es también para los estudiantes ya que también constituye una instancia evaluativa. Se prevé que a futuro estos problemas integradores se presenten con otra modalidad más dinámica y que los mismos sean propuestos con más anticipación para que los estudiantes puedan desarrollarlo de una manera más efectiva y lleguen a las exámenes parciales con los contenidos mejor asimilados.

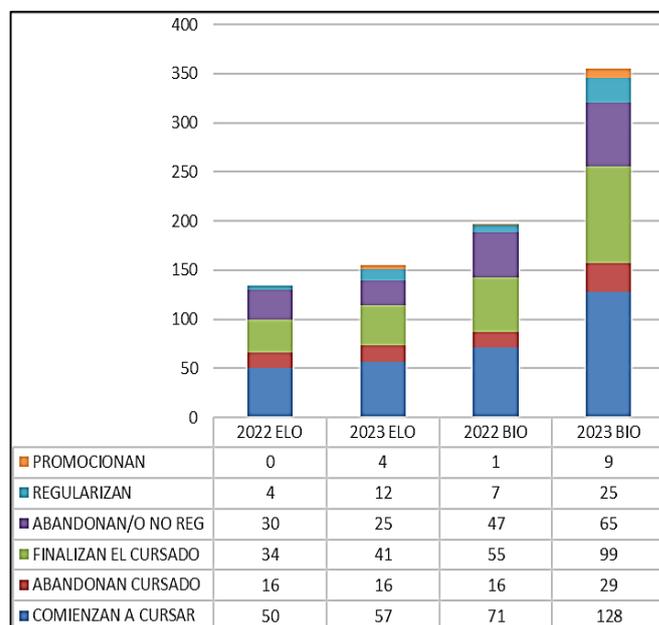


Figura 3: Evolución del desempeño del alumnado ELO y BIO en los años 2022-2023.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Pierella, M. P. (2014). El ingreso a la universidad pública: diversificación de la experiencia estudiantil y procesos de afiliación a la vida institucional. *Universidades*, (60), 51-62.

[2] Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. México: Siglo XXI. Edición original.

[3] Rodríguez, C. S., Santoro, M. I., Huergo, J., Relling, V. M., & Imhoff, L. (2014). Desarrollo de competencias: resolver problemas y comunicar con efectividad en química.

[4] Rodríguez, C.S.; Santoro, M.I.; Juárez, S.M. (2015). Los ejercicios propuestos en los libros universitarios de química y sus respuestas ¿favorecen el desarrollo de la capacidad argumentativa del lector? *Anuario Latinoamericano de Educación Química XXX* (I), 10-15.

[5] Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25 (1), 46-55.

[6] CONFEDI. (2014). Competencias en ingeniería. Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina.

[7] Gómez Zacca. (2014). *Química básica: Nuestros átomos y los del universo*, J. D. 1° edición. San Juan, Argentina. Editorial Universidad Nacional de San Juan.