

Innovación para la enseñanza de la Química

UTILIZANDO EL ÁCIDO ACETILSALICÍLICO COMO EJE CONDUCTOR PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Ayelén Florencia Crespi¹, María Florencia Leal Denis^{1,2,3,4}, Mariana Hamer^{2,4}, Juan Manuel Lázaro-Martínez^{1,4}

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica

²Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Ciencias

³Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Bromatología

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

E-mail: lazarojm@ffyb.uba.ar / jmlazaromartinez@gmail.com

Recibido: 31/03/2023. Aceptado: 26/10/2023.

Resumen. En este trabajo se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de la química a nivel universitario que permite la participación interdisciplinaria, la comprensión de los conceptos de acidez, reactividad de grupos funcionales en compuestos orgánicos, mecanismos de reacción, empleo de técnicas espectroscópicas y cuantificación de un ingrediente farmacéutico activo en un comprimido comercial. Para ello se trabajará con el compuesto ácido acetilsalicílico (conocido como *Aspirina*) como eje conductor, abarcando desde su historia, proceso de síntesis y cuantificación. Esta propuesta involucra actividades en el aula, una práctica de laboratorio que combina dos asignaturas diferentes: Química Orgánica II y Química Analítica, junto a la utilización de herramientas virtuales.

Palabras clave. ácido acetilsalicílico, química analítica, química orgánica, participación activa.

Using Acetylsalicylic Acid as a Guiding Axis for Chemistry Teaching

Abstract. This work presents a didactic proposal for teaching chemistry at university level that encourages participation and helps to understand the concepts of acidity, reactivity of functional groups in organic compounds, reaction mechanisms, spectroscopic techniques, and the quantification of active pharmaceutical ingredients in tablets. For this, we will use acetylsalicylic acid (commonly known as aspirin) as the main axis because of its history, synthesis, and quantification analysis. This proposal involves a laboratory practice which combine two different subjects: Organic Chemistry II and Analytical Chemistry along with the complement of virtual tools.

Keywords. acetylsalicylic acid, analytical chemistry, organic chemistry, active participation.

INTRODUCCIÓN

La educación científica es un área amplia y dinámica. Particularmente, el trabajo en el laboratorio ha sido parte de la enseñanza de las ciencias desde el siglo XIX (Blosser, 1990) y desde entonces se han realizado cambios tanto en los tipos de trabajos prácticos propuestos como en la conceptualización de los mismos (Lorenzo, Reverdito, Blanco y Salerno, 2012).



Dentro de las metas que se persiguen en la enseñanza de laboratorio se pueden distinguir las siguientes: la enseñanza del método experimental, el refuerzo de los contenidos desarrollados en las clases teóricas, y lograr actitudes científicas en los estudiantes como el pensamiento crítico, la objetividad y la familiaridad con el trabajo de investigación en el laboratorio y también actitudes hacia la ciencia, como la motivación y el interés (Rodríguez et al., 2011). En general, los modelos clásicos de trabajos prácticos propuestos siguen el modelo "tipo receta" y permanecen aislados dentro de cada asignatura sin integrar los conceptos adquiridos de otras áreas. Hoy en día las prácticas de laboratorio continúan siendo un problema por resolver desde el punto de vista didáctico, cuya solución requiere superar concepciones empiristas y ateóricas sobre la ciencia e integrar las prácticas de laboratorio, de forma articulada y justificada, dentro de toda la actividad de enseñanza de las ciencias (Martínez Torregrosa et al. 2012). Hasta ahora han predominado planes de estudio con una lista de disciplinas yuxtapuestas, frente a lo cual se espera que el estudiante haga, por sí mismo, un aprendizaje integrado (Corzo, Chacón y Alcedo, 2012). Establecer nexos entre los diferentes cursos del plan de estudios ayuda a superar una visión fragmentada y desarticulada que ha prevalecido tradicionalmente, lo cual ofrece una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y que permite reflexionar sobre las problemáticas de forma integrada. Es necesario que las asignaturas que se cursan en forma simultánea tengan uso de un lenguaje en común que permita a los alumnos reconocer en las distintas asignaturas los objetos comunes que aparecen en formatos diferentes y una metodología coherente que permita unificar "reglas de juego" (Costa y Del Río, 2016). Por otro lado, la implementación de acciones curriculares integradas conlleva innovar el currículo, lo que significa que el personal docente conciba y piense su quehacer de manera diferente y cambie su concepción de lo que entiende por enseñanza y aprendizaje (Zabalza Beraza, 2012).

Por otro lado, con la irrupción tecnológica y la pandemia de COVID-19, la enseñanza ha cambiado en sociedades de información y conocimiento. Ahora, el aprendizaje ocurre en línea o en entornos híbridos, ampliando el modelo educativo (Paur, Rosanigo y Bramati, 2006; Vialart Vidal, 2020). La combinación de multimedia e internet posibilita el aprendizaje en distintos lugares, generando nuevas habilidades y formas de pensar. Esta transformación desafía a los docentes a adoptar nuevos métodos para enseñar y entender las perspectivas de los estudiantes y las demandas de la sociedad. La pandemia ha impulsado la creación colectiva de recursos, enriqueciendo la educación (Lion, 2020). Las TIC han impactado la formación que requiere la sociedad actual, especialmente en la educación superior, donde se busca preparar profesionales competentes y creativos para un mundo globalizado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La integración de diversas disciplinas químicas, como Química Analítica, Química Orgánica, Química Medicinal y/o Química Biológica, en el currículo de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires representa un desafío significativo en la educación científica actual.

Puntualmente, en Química Analítica se enseñan métodos para identificar y cuantificar compuestos de diferente naturaleza, mientras que en Química Orgánica se exploran las propiedades fisicoquímicas y reacciones de compuestos con funcionalizaciones químicas similares. A pesar de esto, a menudo no se desarrolla una comprensión profunda de la conexión entre ambas áreas y de cómo los conceptos de una disciplina pueden enriquecer a la otra de manera efectiva. Es fundamental orientar el proceso de enseñanza hacia una integración curricular, ya que en la actualidad dicho proceso está íntegramente en manos de los estudiantes y, a lo largo de los años, hemos observado que el proceso se les hace cada vez más dificultoso.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de trabajo educativo que integra dos asignaturas de grado como son Química Analítica y Química Orgánica II, utilizando como conector al "ácido acetilsalicílico". De esta manera buscamos promover en los alumnos una visión integradora de los conceptos contenidos en ambas asignaturas.

La propuesta tiene como objetivo generar interés, motivación y participación de los estudiantes al relacionar conceptos químicos con un contexto familiar y relevante. A su vez, se busca mejorar la comprensión de los estudiantes sobre técnicas espectroscópicas, grupos funcionales, mecanismos de reacción, síntesis y propiedades químicas, a través de la exploración de la química de la *Aspirina* como también ilustrar las aplicaciones prácticas de la química en la industria farmacéutica. Como un componente adicional, nuestra propuesta introduce el uso estratégico de plataformas virtuales y redes sociales como herramientas para la construcción colaborativa del conocimiento. Esta inclusión, fortalecerá la experiencia de aprendizaje al aprovechar las ventajas de la tecnología y la interacción en línea para complementar la enseñanza tradicional.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica que se presenta involucra el contenido teórico-experimental de las asignaturas Química Orgánica II (QO-II) y Química Analítica (QA) las cuales se encuentran incluidas en el currículo de las carreras de Farmacia y Bioquímica de distintas universidades. Puntualmente, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, ambas asignaturas se dictan en el quinto cuatrimestre de las carreras de Farmacia, Bioquímica y Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Ambas pertenecen al denominado "ciclo común" de las carreras antes mencionadas y se desarrollan a lo largo de 18 semanas. La organización de estas dos asignaturas es similar, constando de una parte teórica y otra experimental. En su componente experimental, QO-II y QA incluyen la realización de trabajos prácticos en el laboratorio. En el caso de QO-II, se llevan a cabo 6 trabajos prácticos, mientras que en QA se abordan 10 trabajos prácticos. Un enfoque común en ambas asignaturas es el estudio del ácido acetilsalicílico (*Aspirina*) como eje temático en las prácticas de laboratorio abordado desde diversas perspectivas.

La actividad propuesta está planificada para ser llevada a cabo a lo largo de todo el cuatrimestre, dado que ambas asignaturas se cursan en simultáneo. El currículo de QO-II abarca el estudio de mecanismos de reacción, técnicas espectroscópicas, relación entre las distintas funcionalizaciones químicas y la acidez y solubilidad de compuestos orgánicos, mientras que el currículo de QA abarca el análisis cuali-cuantitativo de muestras de diverso origen y matrices diferentes empleando técnicas clásicas de análisis, como las volumetrías. Si bien ambos trabajos prácticos se llevan a cabo desde hace varios años en esta casa de estudios, nunca existió una propuesta para lograr integrar los contenidos abordados en ambas asignaturas que, como bien se detalló previamente, se cursan en simultáneo. La propuesta está dividida en tres módulos: histórico, experimental e integrador (Figura 1). A continuación, se describe cada uno de ellos.

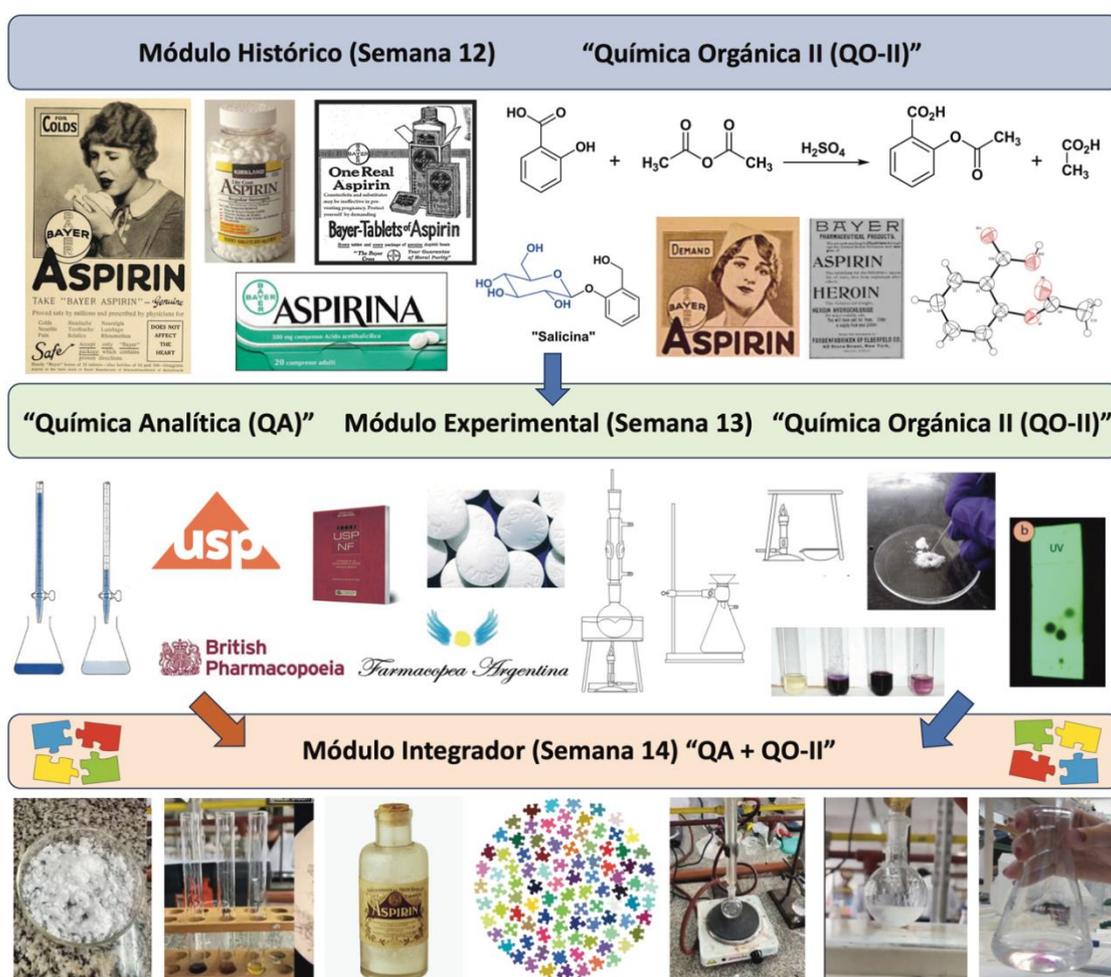


Figura 1. Esquema de la propuesta dividida en tres módulos. Las imágenes utilizadas son personales de los autores u obtenidas bajo licencia Creative Commons CC BY-SA-NC. La estructura de rayos-X de monocristal presentada se encuentra discutida en el trabajo de Zeitler y colaboradores (Li, Bond, Korter y Zeitler, 2022).

Módulo Histórico

Este módulo se aborda exclusivamente en la asignatura QO-II. En este segmento, los estudiantes se embarcan en una búsqueda bibliográfica centrada en la historia de la *Aspirina*. Para facilitar este proceso, se les proporciona una selección de lecturas recomendadas. El acceso a estas lecturas se lleva a cabo a través del campus virtual de la asignatura, que está alojado en la plataforma Moodle®. Los detalles sobre esta dinámica se pueden encontrar en el anexo suplementario (<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/184>).

A partir de esta búsqueda bibliográfica y los consiguientes debates en torno a la historia de la *Aspirina*, nuestra intención es trazar conexiones con una perspectiva histórica más amplia. Esta estrategia busca destacar ciertos elementos del proceso evolutivo del conocimiento científico y de otras disciplinas relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad a lo largo de diferentes períodos históricos. En última instancia, aspiramos a enriquecer la comprensión de los estudiantes al mostrar cómo la ciencia se entrelaza con contextos cambiantes a lo largo del tiempo. Este enfoque puede contribuir a mejorar notablemente la imagen de la Ciencia que tienen algunos estudiantes y, en consecuencia, constituir un elemento motivador para su estudio y favoreciendo que el alumno comprenda el proceso de construcción científica (Gagliardi y Girodan, 2006). La información recopilada a través de la búsqueda bibliográfica se compartirá en un foro del aula virtual. En este espacio, los estudiantes tendrán la oportunidad de presentar su perspectiva a través de una imagen ilustrativa y una breve reseña que resalte los puntos esenciales de la información hallada. Esta dinámica promueve la habilidad de los estudiantes para manejar información de manera efectiva. Para lograr esto, los estudiantes deben emplear un lenguaje técnico propio de la disciplina, llevar a cabo un proceso de búsqueda y selección de datos pertinentes, así como organizar la información de manera coherente. Además, esta actividad subraya la importancia de la comunicación escrita al transmitir la información de manera clara y concisa.

En términos de evaluación, se valorará la colaboración en equipo al abordar el cuestionario vinculado a la búsqueda bibliográfica, junto con la creación de la imagen representativa y la reseña que acompañe la información analizada. Este enfoque colaborativo no solo enriquece la dinámica de aprendizaje, sino que también refuerza la capacidad de los estudiantes para sintetizar y presentar información de manera efectiva.

Módulo Experimental

El módulo experimental se ejecuta de manera conjunta en ambas asignaturas, ya que engloba las actividades de laboratorio tanto de QO-II como de QA.

QO-II: Los estudiantes realizan de manera individual el trabajo práctico "*Síntesis de Aspirina*", en donde llevan a cabo de manera individual, la síntesis, caracterización e identificación del ácido acetilsalicílico y lo comparan cromatográficamente con el contenido presente en un

comprimido comercial (*Cafiaspirina*[®] y *Aspirina*[®]). Una vez finalizada la actividad experimental, los alumnos realizan un informe en el cual no sólo detallan los resultados obtenidos, sino que los analizan y discuten. El modelo de informe y los protocolos de cada actividad se detalla en el anexo suplementario. Para la evaluación de este tramo se considera el trabajo en equipo desarrollado durante la actividad de laboratorio y el reporte experimental de la actividad. (Anexo disponible en: <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/184>)

QA: Los estudiantes realizan la cuantificación de ácido acetilsalicílico en comprimidos comerciales, haciendo uso de sus propiedades ácido-base, así como también de la hidrólisis del grupo éster (concepto abordado en Química Orgánica I y II). Cada alumno recibe una única muestra y se le proporciona el protocolo de análisis correspondiente (ver el material en el anexo suplementario). El trabajo práctico se realiza de manera individual, y al finalizar el mismo, los estudiantes entregan un informe, donde indican el resultado de la cuantificación y lo comparan con el valor indicado en el rótulo de acuerdo con la muestra recibida. Las dos muestras analizadas en el trabajo práctico presentan protocolos de análisis distintos en base a la diferencia en su formulación. En el módulo "histórico" se fomenta la búsqueda de ambos métodos, con el fin de que todos los estudiantes tengan acceso a ambas técnicas a pesar de que sólo lleven a cabo una de ellas experimentalmente. La diferencia en los protocolos de análisis es luego retomada en el siguiente módulo.

Módulo Integrador

Este módulo requiere que los estudiantes creen contenido audiovisual, que puede ser una presentación de diapositivas, un vídeo, un póster u otro formato, con una duración de 5 minutos aproximadamente. Este contenido deberá incluir imágenes y una breve narración que destaque los aspectos más relevantes del trabajo llevado a cabo, fusionando los resultados obtenidos en los trabajos prácticos de ambas asignaturas.

Este módulo se realiza de manera grupal, formándose grupos de 3-4 estudiantes que hayan realizado el mismo protocolo de análisis cuantitativo. El material audiovisual producido será compartido a través de las plataformas de redes sociales *Instagram*[®] y/o *Twitter*[®]. Para identificar cada presentación, se utilizará un hashtag único, #AAS, seguido del número asignado a cada grupo. Los alumnos interactúan entre ellos, a través de comentarios o inquietudes que se planteen en las mencionadas redes sociales.

Para la construcción del material solicitado, los estudiantes disponen/dispondrán en el Campus Virtual de ambas asignaturas de un listado de ítems que deben abarcar (ver material anexo suplementario). Algunos de los ítems son de cobertura obligatoria y otros de elección particular de los estudiantes. De esta forma, se favorece la diversidad del material generado. Para llevar a cabo este módulo, los estudiantes deberán realizar una búsqueda bibliográfica adicional con el fin de cubrir los ítems presentados en el listado (ver material anexo suplementario: <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/184>)

Un grupo de docentes de ambas cátedras oficiará de tutores para acompañarlos a lo largo del proceso. De esta manera se abordará el trabajo práctico integrador desde distintos puntos de vista, utilizando diferentes lenguajes, ejemplos y aplicaciones, transformándose así en una tarea colaborativa (Bekerman y Dankner, 2010).

El trabajo realizado es luego subido al Campus Virtual de manera privada, donde los docentes realizarán la devolución particular para cada trabajo, de forma tal de enriquecerlo. En esta instancia el docente también corrige y/o selecciona los contenidos en correspondencia con los objetivos pedagógicos perseguidos como en la selección de contenido para garantizar diversidad de temáticas.

Finalmente, el trabajo ya analizado por los docentes es compartido por los estudiantes a una red social donde el resto de los docentes y estudiantes interactuarán comentando dicha publicación, fomentando el contacto, el diálogo y la interacción entre los estudiantes y docentes. Especialmente, se favorece la comunicación docente-alumno desde el lado de la enseñanza-aprendizaje, sin despreciar la comunicación personal que, como en cualquier red social no educativa, se puede ver potenciada. Conjuntamente, el empleo de redes sociales propicia un acercamiento entre el aprendizaje formal con el informal y se favorece la incorporación generalizada de las TIC. Los resultados evaluados fueron originalmente sobre 10 alumnos que trabajaron individualmente y presentaron sus trabajos en sus redes sociales, previo una supervisión con el grupo docente del presente trabajo. Los alumnos mostraron una gran creatividad y además de las cuestiones tratadas en cada asignatura, buscaron otros protocolos presentes en diversas farmacopeas, sino que también las analizaron, mostrando sus diferencias sustanciales con las empleadas en la actividad práctica. Para la identificación e identificación del ácido acetilsalicílico encontraron trabajos científicos donde se analiza su cuantificación en comprimidos por espectroscopía FT-IR y de RMN (temáticas que no estaban contempladas originalmente).

Es importante destacar, que la presente propuesta también incluye a alumnos que no se encuentren cursando simultáneamente las asignaturas de QO-II y de QA, y que solo estén cursando alguna de ellas. Esto es factible, dado que los conocimientos básicos, son tratados en las asignaturas correlativas previas que incluyen a "Química General e Inorgánica (QGI)" y "Química Orgánica I (QO-I)" donde se abordan distintos aspectos teóricos y prácticos necesarios para garantizar el aprovechamiento de la presente actividad. En QGI los alumnos adquieren los conocimientos relacionados a propiedades ácidas de compuestos inorgánicos, realizan prácticas acerca de titulaciones ácido-base y cuantifican la pureza de diversas sustancias, mientras que en QO-I estudian aspectos relacionados a las propiedades de compuestos orgánicos, ácidos y derivados de ácido como así también técnicas de síntesis en química orgánica. Así, alumnos que solo cursen una de las asignaturas podrán incorporar conocimientos para un mejor aprovechamiento de las asignaturas a cursar posteriormente.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

En resumen, la elaboración y ejecución de este trabajo práctico integrador ha demostrado ser una estrategia educativa efectiva para integrar los conocimientos adquiridos en las asignaturas de QO-II y QA a través del estudio del ácido acetilsalicílico. La combinación de las actividades de laboratorio de ambas materias ha permitido a los estudiantes no solo consolidar los conceptos fundamentales de estas disciplinas, sino también aplicarlos de manera conjunta en un contexto práctico y relevante. Los estudiantes no sólo aplicaron los conocimientos desarrollados en las asignaturas en cuestión, sino que también incorporaron conceptos provenientes de otras áreas, como el mecanismo farmacológico de acción de las sustancias analizadas. Este enfoque multidisciplinario no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también fomenta habilidades de pensamiento crítico al abordar problemas desde diversas perspectivas.

La disposición de ambas actividades experimentales permitió llevar a cabo esta propuesta integradora ya que, a lo largo del cuatrimestre en ambas asignaturas, los estudiantes adquieren conocimientos que permiten una mayor comprensión de los conceptos para la realización de la actividad final integradora, como son técnicas espectroscópicas aplicadas a la caracterización, características ácido-base de compuestos orgánicos y valoración de diversos compuestos en muestras de variados orígenes.

El siguiente paso implicará ampliar esta metodología a lo largo del año en curso, introduciéndola en ambas asignaturas y alcanzando a un número mayor de estudiantes. Basándonos en los resultados obtenidos, se plantea la inclusión de dos actividades adicionales: en primer lugar, se propone que cada estudiante realice un análisis cuantitativo en el área de QA sobre la muestra de Aspirina que previamente hayan sintetizado en QO-II. Esto no solo reforzará la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, sino que también les brindará una experiencia directa en la aplicación de técnicas analíticas en situaciones reales. En segundo lugar, se contempla la integración de un componente histórico en la asignatura de Química Analítica. En esta instancia, los alumnos estarán encargados de construir una línea de tiempo que ilustre la evolución de las técnicas de cuantificación predominantes en la química analítica a lo largo del tiempo. Esta propuesta les proporcionará una estructura sólida que facilitará la ubicación de sucesos, acontecimientos y procesos en un contexto continuo e histórico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bekerman, D. G. y Dankner, L. A. (2010). La Pareja Pedagógica en el Ámbito Universitario, un Aporte a la Didáctica Colaborativa. *Formación Universitaria*, 3(6), 3–8. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062010000600002>

Blosser, P. (1990). The role of the laboratory in science teaching. *Research Matters to the Science Teacher*, 9001.

Corzo, M. A. C., Chacón, C. T. y Alcedo S. (2012). Los proyectos de aprendizaje interdisciplinarios en la formación docente. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 877–902.

Costa, V. y Del Río, L. (2016). La articulación en la enseñanza. *1º Jornadas*

Sobre Las Prácticas Docentes En La Universidad Pública. Transformaciones Actuales Y Desafíos Para Los Procesos De Formación, Secretaría de Asuntos Académicos, UNLP, 1997, 149–157. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61283>

- Gagliardi, R. y Girodan, A. (2006). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, 4(3), 253–258. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5230>
- Li, Q., Bond, A. D., Korter, T. M. y Zeitler, J. A. (2022). New Insights into the Crystallographic Disorder in the Polymorphic Forms of Aspirin from Low-Frequency Vibrational Analysis. *Molecular Pharmaceutics*, 19(1), 227–234. <https://doi.org/10.1021/acs.molpharmaceut.1c00727>
- Lion, C. (2020). Enseñar y aprender en tiempos de pandemia: presente y horizontes | Saberes y prácticas. *Revista de Filosofía y Educación. Revista de Filosofía y Educación*, 5(1), 1–8. <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/saberesypracticass/article/view/3675>
- Lorenzo, G., Reverdito, A., Blanco, M. y Salerno, A. (2012). Difficulties of undergraduate students in the organic chemistry laboratory. *Problems of Education in the 21st Century*, 42, 74–81.
- Martínez Torregrosa, J., Domènech Blanco, J. L., Menargues, A. y Romo Guadarrama, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23(1), 112–126. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30143-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30143-x)
- Paur, A. B., Rosanigo, Z. B. y Bramati, P. (2006). Educación en la sociedad del conocimiento. *I Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19258>
- Rodríguez, W., Barbosa, R. H., Molina, L. M., Lizarazo-Camacho, A. M. y Salamanca, A. J. (2011). Actitudes hacia la ciencia: un campo de interés investigativo en la didáctica de las ciencias. *Actualidades Pedagógicas*, 1(57), 121–139.
- Vialart Vidal, M. N. (2020). Estrategias didácticas para la virtualización del proceso enseñanza aprendizaje en tiempos de COVID-19. *Educación Médica Superior*, 34(3), e2594. <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v34n3/1561-2902-ems-34-03-e2594.pdf>
- Zabalza Beraza, M. Á. (2012). Articulación y rediseño curricular: el eterno desafío institucional. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 10(3), 17. <https://doi.org/10.4995/redu.2012.6013>