

Los trabajos prácticos de química ambiental en una carrera de ingeniería: una experiencia de investigación-acción

Trabalho prático em química ambiental no curso de engenharia: uma experiência de pesquisa-AÇÃO

Practical works in environmental chemistry in engineering degree: an action-research experience

DOI: 10.22481/rbba.v15i1.16862

María Claret

Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7390-1656>

Dirección electrónica: mclaret@fich.unl.edu.ar

Juan Manuel Rudi

Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0728-3766>

Dirección electrónica: jmrudi@fbc.edu.ar

Héctor Santiago Odetti

Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8120-9185>

Dirección electrónica: hodetti@fbc.edu.ar

RESUMEN

El trabajo presentado hace un recorrido sobre la transformación pedagógica de la asignatura Química Ambiental II en la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Litoral. Tradicionalmente centrada en clases magistrales y evaluaciones teóricas, la asignatura adoptó un enfoque basado en competencias y aprendizaje constructivista. Este cambio incluyó trabajos prácticos grupales, salidas de campo y actividades de laboratorio, fomentando la integración de contenidos y la

Publicado sob a Licença Internacional – CC BY

ISSN 2316-1205	Vit. da Conquista, Bahia, Brasil / Santa Fe, Santa Fe, Argentina	Vol. 15	Num. 1	e16862	p. 1-22
----------------	--	---------	--------	--------	---------

Submissão: 07/01/2025 Aprovação: 02/04/2025 Publicação: 09/06/2025

reflexión crítica sobre problemáticas socioambientales. Además, la implementación de TIC y un modelo de blended learning enriquecieron la experiencia educativa, mejorando la comunicación y promoviendo el aprendizaje activo. La evaluación de la nueva metodología reflejó resultados positivos: la aprobación creció significativamente (75% entre 2022-2024, frente a menos del 50% en el período 2015-2019) y las percepciones del alumnado sobre la asignatura mejoraron sustancialmente. Las actividades prácticas grupales fomentaron la comprensión conceptual y la motivación, mientras que las innovaciones evaluativas impulsaron la aplicación práctica del conocimiento.

Palabras clave: química ambiental; TIC; aprendizaje basado en competencias.

RESUMO

O trabalho apresentado faz um percurso pela transformação pedagógica da disciplina de Química Ambiental II o curso de Engenharia Ambiental da Universidade Nacional do Litoral. Tradicionalmente focada em aulas expositivas e avaliações teóricas, a disciplina adotou uma abordagem baseada em competências e aprendizagem construtivista. Essa mudança incluiu trabalhos práticos em grupo, saídas de campo e atividades laboratoriais, promovendo a integração de conteúdos e a reflexão crítica sobre problemas socioambientais. Além disso, a implementação das TIC e de um modelo de aprendizagem combinado enriqueceu a experiência educativa, melhorando a comunicação e promovendo a aprendizagem ativa. A avaliação da nova metodologia refletiu resultados positivos: a aprovação cresceu significativamente (75% entre 2022-2024, em comparação com menos de 50% no período 2015-2019) e a percepção dos alunos sobre a disciplina melhorou substancialmente. As atividades práticas em grupo promoveram a compreensão conceitual e a motivação, enquanto as inovações avaliativas promoveram a aplicação prática do conhecimento.

Palavras chave: química ambiental; TIC; aprendizagem baseada em competências.

ABSTRACT

The presented work reviews the pedagogical transformation of the Environmental Chemistry II subject in the Environmental Engineering degree at the Universidad Nacional del Litoral. Traditionally focused on lectures and theoretical assessments, the subject adopted a competency-

based approach and constructivist learning. This change included practical group work, field trips, and laboratory activities, encouraging the integration of content and critical reflection on socio-environmental issues. In addition, the implementation of ICT and a blended learning model enriched the educational experience, improving communication and promoting active learning. The evaluation of the new methodology reflected positive results: the approval rate grew significantly (75% between 2022-2024, compared to less than 50% in the 2015-2019 period), and student perceptions of the subject improved substantially. Practical group activities fostered conceptual understanding and motivation, while evaluative innovations encouraged the practical application of knowledge.

Keywords: environmental chemistry; ICT; competency-based learning.

INTRODUCCIÓN

La Química Ambiental en la formación de ingenieros e ingenieras ambientales

La Química Ambiental (QA) brinda herramientas que permiten describir la composición de los sistemas ambientales, como así también las transformaciones que experimenta la materia en los mismos. Es el estudio de las fuentes, reacciones, transporte, efectos y destino de las especies químicas en el agua, en el suelo, en el aire y en los ambientes vivos, así como los efectos de la tecnología sobre ellos (MANAHAN, 2007). Aborda conocimientos específicos de química y la manera en que ésta se encuentra implicada en los fenómenos ambientales, intentando describir un sistema complejo y dinámico como es el ambiente. Desde esta perspectiva, aporta herramientas para comprender problemáticas ambientales como el calentamiento global, la contaminación de aguas, suelos y aire y la constante pérdida de biodiversidad, que han tomado una gran relevancia en los últimos años.

La actual crisis ambiental evidencia la necesidad de formar personas profesionales que adquieran competencias en el área, más allá de poder comprender un concepto disciplinar o metodológico. Es por eso que resulta necesaria una formación holística e integral en temas ambientales (CAYCEDO LOZANO, TRUJILLO SUÁREZ y GARCÍA, 2016). En este sentido, la Educación Superior debe fomentar el trabajo colaborativo para poder integrar diferentes puntos de vista, contribuir a la reflexión sobre temas que generen controversias y desarrollar competencias, valores y poder de acción para superar estos desafíos mundiales.

Nuevas perspectivas para la formación en el área de la ingeniería

Los últimos años han sido testigos de la promoción de un enfoque basado en competencias para la enseñanza en carreras de ingeniería, y que el Ministerio de Educación de la Argentina ha impulsado gracias a las resoluciones N° 989/2018, en donde se establecen estándares para las carreras universitarias de grado, y N° 1254/2018, que determina los alcances de cada título de grado (MINISTERIO DE EDUCACIÓN, 2018).

El modelo por competencias busca que los y las estudiantes adquieran condiciones que les permitan identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas pertinentes del contexto. Tobón, Pimienta Prieto y García Fraile (2010) destacan que este enfoque permite el acercamiento y entrelazamiento de las instituciones educativas con la sociedad y sus dinámicas de cambio, para contribuir tanto al desarrollo social y económico como al equilibrio ambiental y ecológico, contraponiéndose a la educación tradicional que se caracteriza por una lógica centrada en los contenidos, la falta de aplicación de los saberes, la falta de pertinencia de los propósitos educativos y el énfasis en lo académico. La gran injerencia que la práctica científica actualmente tiene sobre la sociedad hace que las problemáticas socio-científicas sean un recurso muy utilizado en las clases de ciencias, donde las diferentes opiniones con relación a estos temas se convierten en un punto de partida para el abordaje de dichos contenidos y en un motor de aprendizaje (RAMOS y MUÑOZ, 2015) Esta nueva perspectiva genera un desafío para el profesorado, que debe estudiar los problemas del contexto, tener claridad en las competencias que se busca formar, apropiarse con profundidad en los contenidos disciplinares y saber luego cómo llevar adelante la mediación con el estudiantado, para que éste pueda incorporar nuevos conocimientos a partir de sus saberes previos (TOBÓN, PIMIENTA PRIETO y GARCÍA FRAILE, 2010).

Con relación a la educación ambiental, este enfoque propicia la implementación de propuestas didácticas que generen espacios de debate, intercambio y reflexión, con la apropiación de nuevos saberes y habilidades, potenciando la capacidad de evaluación crítica y promoviendo la participación (GARCÍA y PRIOTTO, 2009). Además, ofrece la posibilidad de preparar a futuras personas profesionales en asuntos ambientales con una visión sistémica e integral (GÓMEZ y BOTERO, 2012). La incorporación de este enfoque a la QA permite comprender el sistema ambiental, altamente complejo y dinámico, en pos de propiciar el uso sostenible de los recursos naturales, sin perturbar el equilibrio de los ecosistemas (ÁVILA GALARZA, 2002).

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas de apoyo para la enseñanza

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son herramientas que se fueron imponiendo en nuestra sociedad actual, que facilitan el tratamiento y la transmisión de la información, y que pueden ser utilizadas para la elaboración de materiales didácticos, aunque de ninguna manera constituyen un modelo educativo. Conforman un conjunto de recursos didácticos, que pueden presentarse de diferentes maneras y con diversos enfoques (VALVERDE CRESPO, GONZÁLEZ SÁNCHEZ y de PRO BUENO, 2017), y que pueden facilitar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades por parte del alumnado, al favorecer el pensamiento crítico y reflexivo a medida que interactúa con ellas (HERNÁNDEZ, RODRÍGUEZ, et al, 2014). El solo hecho de incorporar herramientas tecnológicas a las prácticas pedagógicas no garantiza el éxito de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, sino que requiere de una revisión crítica de los contenidos a enseñar y objetivos del aprendizaje, de la voluntad del profesorado para modificar sus actividades tradicionales y de la aceptación de estas nuevas modalidades de trabajo por parte del estudiantado en base a sus necesidades (CONCARI, 2014).

No podemos negar que las TIC han cambiado las formas de comunicación, de tomar apuntes y los soportes con los que se accede a los materiales de estudio en las aulas, interpelando el rol de los docentes y las propuestas didácticas. Es fundamental incluir estas tecnologías en el contexto educativo y aprovechar su potencial (SÁEZ LÓPEZ, 2010).

La mayoría de las instituciones académicas del nivel superior cuentan con un aula virtual como apoyo a la enseñanza presencial tradicional. Así, un estudiante asiste a actividades de carácter obligatorio, como pueden ser clases teóricas o trabajos de laboratorio, pero también dispone de un espacio virtual (generalmente basado en la plataforma *Moodle*) para el desarrollo de actividades asincrónicas o simplemente como repositorio de materiales. Este modelo, que combina presencialidad y virtualidad, es denominado por muchos autores (BARBERÀ y BADIA, 2005; GARCÍA ARETIO, 2018) como *blended-learning* y se diferencia de la educación a distancia en que esta última es completamente virtual.

Enseñanza tradicional de la química ambiental en la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Litoral

Química Ambiental II (QAII) es una asignatura de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), que forma parte del ciclo básico de la carrera, se ubica en el segundo año del plan de estudios vigente y cuenta con una carga horaria total de 90 horas. Históricamente, esta carga horaria se distribuye entre clases magistrales, con clases teóricas expositivas (36 horas), coloquios de resolución de problemas (24 horas) y clases prácticas que incluyen actividades de campo y de laboratorio (18 horas). El resto de la carga horaria es destinada a los procesos de evaluación de los contenidos (12 horas), todas de carácter presencial. La evaluación de los contenidos disciplinares se realiza mediante dos exámenes escritos.

Desde hace algunos años, la cátedra cuenta también con un aula virtual alojada en el Entorno e-FICH, que utiliza la plataforma *Moodle* para el acceso centralizado a los contenidos y tiene incorporado un sistema de foros como vía de comunicación.

La enseñanza remota de emergencia implementada durante el año 2020 a raíz de la pandemia de COVID-19, llevó a la necesidad de virtualizar la asignatura de manera completa, utilizando los recursos conocidos por el personal docente de la materia en ese momento y otros que se fueron implementando con el dictado. Esta situación, sumado a un recambio generacional del equipo docente al momento de retornar a la presencialidad plena, invitó a reflexionar hacia el interior de la cátedra sobre las estrategias didácticas utilizadas, promoviendo la elaboración de una propuesta innovadora.

El presente artículo comenta el análisis crítico de cuestionarios realizados a diferentes cohortes de estudiantes y el diseño, la implementación y la evaluación del impacto de una propuesta de enseñanza innovadora en el ámbito de desarrollo, que incluye la utilización de TIC para el dictado de contenidos de QAII. Esta propuesta surge como parte de la reflexión realizada sobre la propia práctica docente y en una búsqueda permanente por mejorar la propuesta pedagógica de la cátedra, pretendiendo investigar el impacto de la misma.

METODOLOGÍA

Se propone una investigación aplicada de alcance descriptivo, con un enfoque cualitativo transversal y empleando un diseño de investigación-acción.

La investigación-acción incluye varios enfoques de investigación que son participativos, basados en la experiencia y orientados a la acción. Hace referencia a un conjunto de prácticas y enfoques que comparten supuestos epistemológicos que cuestionan las dicotomías que la

investigación tradicional plantea (FERNÁNDEZ y JOHNSON, 2015), como por ejemplo entre investigación y práctica educativa o entre investigador y educador. Elliott (1993) define a este tipo de metodología como el estudio de una situación social para tratar de mejorar la calidad de la acción misma. En líneas generales, la investigación-acción educativa es un proceso continuo y en espiral, que se basa en la definición de un problema a trabajar, la recolección, la organización, el análisis y la interpretación de la información disponible. A partir de ello se planifica una acción educativa sostenida en el análisis previo, cuya evaluación permite reiniciar el proceso en función de los nuevos desafíos que surgen de su implementación. Es una perspectiva que, desde la década de 1990, ha adquirido un notable desarrollo dentro del área de la educación en Ciencias Experimentales.

La primera actividad del trabajo consistió en realizar un análisis documental de encuestas institucionales realizadas por la Secretaría Académica (SA) de la FICH-UNL durante el período 2015-2019. Sobre un total de 146 encuestas disponibles, se estudiaron diferentes categorías relacionadas al cursado y comentarios libres realizados por la totalidad de los y las estudiantes al finalizar el cursado. Esta actividad tuvo la intención de conocer las opiniones del estudiantado de los años mencionados con relación a la asignatura, cuando su dictado se caracterizaba por ser tradicionalista, tal como se comentó en párrafos anteriores.

Como segunda actividad, y como consecuencia de las observaciones realizadas en la primera instancia del trabajo, se diseñó una nueva propuesta de enseñanza de los contenidos disciplinares. Como parte de los cambios implementados en la metodología de dictado de la asignatura, se pretendió abordar la educación en ciencias desde una perspectiva constructivista, centrando la atención en el proceso en el que los y las estudiantes construyen significados. Para ello, se trabajó desde la definición de los objetivos de aprendizaje y se elaboró una propuesta de clases y actividades prácticas contextualizando los contenidos, generando instancias en las que se atravesasen procesos desafiantes y creativos, y que a la vez permitan abordar los contenidos mínimos del plan de estudios vigente.

Finalmente se evaluó la implementación de la propuesta. Para ello se relevaron encuestas realizadas desde la SA para el período 2022-2024 (n=46) y un cuestionario de la asignatura disponible en el aula virtual, que permitió ampliar las opiniones de los y las estudiantes que cursaron la asignatura durante los años 2023 y 2024 (n=30).

RESULTADOS

Análisis de encuestas a estudiantes durante el período 2015-2019

Sobre 173 estudiantes que cursaron la asignatura, en este período se cuenta con 143 respuestas a las encuestas, debido a que en 2017 solo se encuestó a los estudiantes que lograron promocionar o regularizar la asignatura.

En el período estudiado, el 54% del estudiantado que inició el cursado de QAII no logró regularizar la asignatura. En 2017, el 70% de los estudiantes quedó libre al final del cursado y en los años siguientes, si bien se observó una disminución de estos porcentajes, continuaron siendo elevados (40% en 2018 y 31% en 2019). Prácticamente en la totalidad de los casos, esta situación se debió a no haber podido alcanzar las calificaciones mínimas requeridas en las evaluaciones parciales.

En 2015 ningún estudiante logró la promoción directa de la asignatura. Aunque este indicador fue mejorando paulatinamente con el correr de los años estudiados, solo fue alcanzada por el 20% de los estudiantes en el período analizados.

Los datos anteriores se encuentran resumidos en la Tabla 1.

La mayor parte del estudiantado opinó que el sistema de evaluación fue explicitado claramente desde los inicios del cuatrimestre y que en las evaluaciones se examinaron los contenidos disciplinares abordados durante el desarrollo de las clases.

Tabla 1. Condición final de cursado (2015-2019). Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de SA FICH-UNL

Condición Final (cantidad de estudiantes)	Año encuestado				
	2019 (n=39)	2018 (n=35)	2017 (n=10)	2016 (n=39)	2015 (n=23)
Libre	12	14	27	24	16
Regular	10	13	5	11	7
Promovido	17	8	5	4	0

En el plan de estudios vigente, las asignaturas correlativas de QAII recién se encuentran en el sexto cuatrimestre de la carrera, por lo que las y los estudiantes postergaron el cursado de QAII. Más de un 35% del alumnado cursó esta materia en simultáneo con asignaturas de cuatrimestres sucesivos.

Respecto a la evaluación general de la asignatura, el 51% de los y las estudiantes la califica como “buena”, el 29% como “regular” y el 20% como “muy buena”. Si bien estas opiniones han presentado fluctuaciones entre un año y otro, el análisis de los comentarios recibidos como respuesta a preguntas abiertas en las encuestas evidenciaron un descontento

general hacia la forma de dictado. De éstos se destaca la necesidad de mejorar las vías de comunicación y de ofrecer una diversidad más apropiada con relación a la bibliografía.

Implementación de la nueva propuesta

La implementación de una nueva propuesta de enseñanza se enmarca en la vuelta a la presencialidad después del dictado de dos cuatrimestres de manera virtual impuesto por el confinamiento por la pandemia, un recambio generacional docente y la adecuación a los lineamientos para las carreras de ingeniería a nivel nacional. Este contexto, junto con los resultados analizados en el apartado anterior, evidenciaron la necesidad de implementar cambios en la propuesta de enseñanza.

A partir de esto, se reestructuró el programa de la asignatura, en el que se definieron tres bloques. El primero incluyó la composición, la dinámica y las características de las diferentes esferas ambientales, la complejidad y multicausalidad de las problemáticas ambientales. Además, se identificaron las reacciones, el transporte y el destino de las sustancias químicas en el ambiente, como así también actividades antrópicas que pueden generarlas. Un segundo bloque abordó nociones de toxicología y ecotoxicología que permiten comprender el impacto de contaminantes en los organismos vivos y el ambiente. En un último bloque se caracterizaron los principales grupos de contaminantes, sus características específicas, posibles fuentes, transformaciones y destino en el ambiente, así como los riesgos sobre la salud e impactos ambientales.

Estos contenidos se complementaron con el desarrollo de actividades prácticas en las que se abordó el reconocimiento de las fuentes (urbanas, industriales y rurales) y sumideros de especies químicas contaminantes. Por otra parte, se definieron parámetros de diagnóstico y monitoreo ambiental para evaluar el estado del ambiente y seleccionando las matrices adecuadas (muestras de agua, suelo, aire, efluentes y/o biológicas), y se realizaron salidas a campo y actividades de laboratorio. Se trabajó en la planificación y redacción de informes de las actividades realizadas.

Utilización de recursos virtuales

Toda la propuesta se articuló dentro del Entorno Virtual e-FICH, que utiliza la plataforma *Moodle* y es ofrecido a todas las asignaturas de la Facultad. Al momento de iniciar

el cursado de QAI, los y las estudiantes ya se encuentran familiarizados con el entorno porque es utilizado desde las asignaturas del primer año de la carrera.

Durante la pandemia, la plataforma fue crucial para el dictado de la asignatura y como vía de comunicación con estudiantes. Se implementó un sistema de conferencias de código abierto como el *BigBlueButton*, que permite compartir audios y videos, utilizar pizarras y punteros digitales para la presentación de contenidos, y además cuenta con chats públicos y privados. Las clases fueron grabadas y quedaron disponibles en el aula virtual para ser consultadas de manera asincrónica. La imposibilidad de realizar TP presenciales fue suplantada por la incrustación de videos disponibles en Internet y la elaboración de actividades alternativas que permitieron acercar la experiencia de laboratorio en contextos adversos.

La experiencia adquirida durante la enseñanza remota de emergencia permitió fortalecer la nueva propuesta de enseñanza implementada en la asignatura. Se reestructuró la información en cinco pestañas: i) “Información general”, que contiene programa, cronograma de actividades y un foro de avisos y consultas; ii) “Unidades temáticas” en la que se incluye la bibliografía general, las presentaciones y bibliografía específica de cada una de las nueve unidades; iii) “Actividades de seguimiento”, con las guías de TP y la actividad integradora final, la bibliografía específica y los espacios para la entrega de los informes; iv) “Parciales”, con el cronograma de evaluación y modelos de parciales anteriores, y v) “Lecturas complementarias”, una nueva sección en la que se agregan bibliografía sugerida, enlaces de películas, informes y páginas web a medida que van surgiendo las recomendaciones en el aula y en base a los temas propuestos en los debates. Los foros no fueron elegidos como espacios de consulta, ya que las y los estudiantes acercaron las dudas de manera presencial durante las clases. Por fuera de la plataforma virtual, se complementó la comunicación con un grupo de *Telegram*. Este canal alternativo de mensajería instantánea permitió simplificar algunas comunicaciones puntuales y fue indispensable para información en las salidas a campo, compartir ubicaciones y fotos.

De esta manera, el aula virtual fue utilizada como un complemento de los encuentros presenciales y permitió ordenar el material de estudio, centralizar las entregas de informes, sus correcciones y notas para el seguimiento de los TP y canalizar la comunicación con las y los estudiantes.

Las actividades prácticas

La formación práctica de la asignatura se centró en la realización de cuatro trabajos prácticos (TP) que se desarrollaron a lo largo del cuatrimestre, y que incluyeron salidas a campo, actividades en laboratorio y una actividad transversal integradora. Hasta el momento, la propuesta se ha podido implementar durante tres cuatrimestres (2022, 2023 y 2024), durante los cuales 59 estudiantes participaron de la misma.

Las actividades planteadas se estructuraron de manera tal que permitiera integrar todas las unidades de la asignatura de manera transversal y fueran incrementando la complejidad de los procedimientos y la elaboración de informes.

Los materiales de estudio se dispusieron en una sección del entorno virtual y consistieron en una guía de TP y artículos científicos relacionados con los diferentes temas tratados. En forma paralela, se habilitaron espacios para que el alumnado pueda entregar los informes de trabajo correspondientes, que luego eran supervisados y devueltos con comentarios y sugerencias de mejora utilizando la misma vía de comunicación. Todas las actividades se realizaron en grupos de entre tres y cuatro integrantes, que se mantuvieron durante todo el cuatrimestre de trabajo, estimulando el trabajo colaborativo en equipo.

En el marco de las salidas a campo, se visitaron la Reserva Natural Urbana del Oeste y la Reserva Ecológica de la Ciudad Universitaria (RECU), ambas ubicadas en la ciudad de Santa Fe, donde se realizó la recolección de diferentes muestras de agua y de suelo para ser analizadas con posterioridad en el laboratorio. Estas son las primeras salidas académicas que realizan los y las estudiantes en la carrera (Figura 1), por lo que suelen tener muchas expectativas con relación al trabajo a realizar. Para muchos estudiantes es la primera vez que visitan las reservas mencionadas, aun cuando la RECU se encuentre en la misma Ciudad Universitaria, lindera a la FICH.



Figura 1. Salidas a campo realizadas durante el cursado de la asignatura QAI. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar los TP N°1 “Salida a campo y medición de parámetros de calidad de aguas” y N°2 “Toma de muestras de suelo y muestreo de líquenes para cálculo del Índice de Pureza

Ambiental (IPA)”, se abordaron de manera previa diferentes contenidos como la preparación de los instrumentos de muestreo, los recipientes adecuados a utilizar, la cantidad de muestra a tomar, el rotulado de las mismas, los registros de los datos, las recomendaciones de muestreo y el concepto de muestra control, entre otros. Durante las salidas a campo, las y los estudiantes realizaron mediciones de parámetros *in situ* y tomaron muestras de agua y suelo, utilizando equipos de muestreo. Durante la medición de las diferentes variables indicadoras de calidad de agua, aprendieron los aspectos básicos del manejo de equipos de campo mediante la utilización de peachímetros, conductivímetros y sondas multiparanétricas. Además, realizaron el recuento de líquenes en troncos de árboles para calcular el IPA en la RECU. Posteriormente, seleccionaron un sitio en el cual reconocieron la presencia de fuentes urbanas de contaminantes atmosféricos y realizaron el recuento y cálculo del IPA. Esto les permitió poder comparar los índices en ambos sitios.

Para realizar el TP N°3 “Test de huida de lombrices”, se requirió de una muestra de suelo control, que se tomó en la salida grupal a la RECU siguiendo indicaciones de las docentes. Previamente se abordó en las clases los alcances del test de huida, los contaminantes a los que son sensibles y a partir de ello, las fuentes y los sitios en los que un suelo puede estar contaminado con los mismos. Finalmente, los y las estudiantes seleccionaron un sitio en el que realizaron la toma de la muestra de suelo.

En el TP N°4 “Test de inhibición del crecimiento radicular”, se realizó el ensayo germinando semillas de lactuca sativa y evaluando la elongación radicular cuando la misma es sometida a diferentes concentraciones de una sustancia tóxica. Posteriormente, se utilizaron los datos obtenidos para cálculo de la concentración efectiva 50 como forma de evaluar la toxicidad del contaminante.

Finalmente se realizó una actividad integradora final que consistió en la elaboración de un manuscrito y de una presentación oral sobre problemáticas ambientales locales, que se relacionaron con los contenidos abordados en la asignatura y resultan ser temas controversiales.

Para realizar esta actividad se solicitó a las y los estudiantes la realización grupal de una breve reseña sobre la noticia o caso, describiendo la problemática ambiental, los actores involucrados y la identificación de las actividades productivas, económicas, sociales o culturales que originaron el problema. Además, se les solicitó el reconocimiento de los contaminantes involucrados, una descripción de los impactos de estas sustancias en el ambiente y/o en la salud, las matrices ambientales en las que puedan impactar y los parámetros que se utilizan para evaluarlo. Por último, se solicitó la búsqueda de algún artículo científico sobre el

tema con el propósito de analizar la manera en la que la comunidad científica estudia el efecto de los contaminantes en el ambiente de trabajo, para poder, a partir de ello, redactar una recomendación a la población sobre el tema que desencadenó la noticia.

La Figura 2 visibiliza algunos momentos de las prácticas mencionadas.



Figura 2. Algunas actividades realizadas en la práctica de la asignatura QAI: a) toma de muestra de agua; b) y c) medición de parámetros de calidad de agua in situ; d) test de inhibición del crecimiento radicular; e) muestras de suelo y f) test de huida.

La presentación de estas actividades, instando a pensarlas como una práctica profesional, es un desafío que entusiasma al alumnado y genera un compromiso diferente. Las docentes de la asignatura reconocieron que incluir actividades de planificación previa a la realización de los TP generó mayor involucramiento de los y las estudiantes, quienes estuvieron más atentos en las prácticas. Durante la selección de sitios de muestreo, el alumnado recuperó ejemplos, observaciones y experiencias personales y de localidades de origen sobre las que se consultan sobre su impacto. Por otra parte, se habilitaron debates sobre el impacto de actividades antrópicas y los posibles indicadores relacionados con dichas actividades, como así también sobre los alcances, ventajas y desventajas del uso de bioindicadores y su comparación con los análisis de contaminantes específicos.

El análisis de los informes técnicos grupales de cada trabajo práctico, tomando como base las correcciones y las sugerencias realizadas por las docentes, permitieron concluir que los y las estudiantes desarrollaron la capacidad de redacción de escritos coherentes y que plasman adecuadamente las actividades realizadas. Las producciones analizadas fueron pertinentes y bien estructuradas, presentaron una redacción clara y haciendo uso de un vocabulario técnico. Se recurrió al uso de tablas y gráficos para expresar los resultados obtenidos y se citó de manera adecuada la bibliografía consultada para la elaboración de cada producción.

De manera adicional, las docentes reconocieron que la implementación de este tipo de investigaciones incrementó notablemente las consultas sobre los temas teóricos, siendo necesaria una nueva lectura por parte del estudiantado de las primeras unidades del programa. La actividad integradora final permitió poder aplicar a un tema específico los temas abordados inicialmente, promoviendo la integración de todas las unidades temáticas de la asignatura. Al final de la instancia de exposición oral, un porcentaje del alumnado reconoció que iniciaron la actividad con pocas expectativas, pero que en el transcurso del trabajo grupal fueron surgiendo curiosidades genuinas que generaron un fuerte interés personal en llevar adelante la investigación.

Las evaluaciones

El nuevo enfoque en la asignatura incluyó adecuar el sistema de evaluación en el que se pretendió incluir otras habilidades. La evaluación tradicional solo tenía en cuenta el 80% de asistencia a actividades prácticas, TP y salidas a campo, y la aprobación de dos parciales sobre conceptos teóricos y resolución de ejercicios y problemas de aplicación. En la nueva modalidad, se definió que el desempeño en los TP y las salidas a campo aporte un 20% al total de la calificación de la asignatura.

Las evaluaciones de los TP se realizaron a través de los informes presentados. El número reducido de grupos (hasta 6 por cursada) permitió el seguimiento del proceso de todos los grupos de estudiantes. Se generaron instancias de preguntas e intercambio de ideas en el aula durante la planificación de las actividades y en instancias posteriores a la obtención de los resultados. La manera en que las y los estudiantes relataron las experiencias realizadas, el vocabulario utilizado, la presentación de los resultados y las conclusiones a las que arribaron en los informes fueron los aspectos tenidos en cuenta para la evaluación de los mismos. A su

vez, la entrega periódica de informes, junto con sus retroalimentaciones correspondientes, permitió al equipo docente evaluar el proceso de aprendizaje de los grupos de estudiantes.

La instancia de evaluación individual se realizó mediante dos parciales escritos. En estas instancias, se evaluaron explicaciones y/o descripciones de contenidos conceptuales de las unidades temáticas, pero además se solicitó que completen un esquema de contenidos (por lo general un esquema o gráficas del libro o de las presentaciones) en el cual el alumnado pudiera reconocer diferentes etapas de un proceso, componentes de un sistema, y a la vez explicar el fenómeno en sí. Este tipo de evaluaciones nos resultó muy significativas en términos de descifrar qué aspectos del fenómeno pudieron comprenderse adecuadamente. En una tercera parte de la evaluación, se propuso al estudiantado asumir el rol de ingenieros e ingenieras ambientales y aplicar los conocimientos adquiridos para resolver un problema puntual. En este espacio, el o la estudiante debía reconocer posibles contaminantes, deducir el posible destino, proponer un muestreo que permita verificar las hipótesis, sugerir parámetros a medir en las muestras tomadas y listar toda la información que se podría solicitar o buscar para conocer mejor el impacto, entre otras. Un ejemplo de este tipo de consignas de evaluación puede verse en la Figura 3.

Problema de examen

En una localidad de la provincia de Entre Ríos la comunidad está preocupada por el posible impacto que pueda tener la producción agrícola, ganadera e industrial en el río que pasa por la ciudad. En la figura se muestra un esquema con la ciudad, el curso de agua y la ubicación de las actividades antrópicas descritas. En función de los temas abordados en la asignatura:

- a) Identifique qué contaminantes pueden estar presentes. Describa los principales impactos en el curso de agua que podrían tener y la manera por la cual la población puede estar expuesta a los mismos.
- b) ¿Advertiría sobre otras fuentes de contaminantes que puedan llegar a estar impactando en el curso de agua?
- c) Si pudiera organizar un muestreo para corroborarlo:
 - i) ¿Qué muestras tomaría? Ubicarlas en el mapa.
 - ii) ¿Qué parámetros mandaría a analizar?
 - iii) ¿Las analizaría in-situ o las derivaría a un laboratorio?

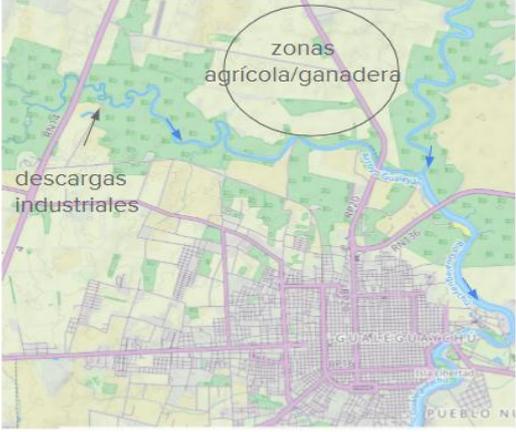


Figura 3. Ejemplo de un problema de examen en donde se aplican conocimientos adquiridos sobre un problema ambiental puntual. Fuente: Elaboración propia.

Opiniones de estudiantes sobre la propuesta

En primer lugar, se analizaron los resultados obtenidos en las encuestas llevadas adelante por la SA. Durante los tres años en los que se implementó la propuesta, cerca del 75% de las y los estudiantes cumplieron con los requisitos para promocionar la asignatura. Esto se

diferenció notablemente del período 2015-2019, donde los porcentajes de promoción fueron mucho menores (Gráfico 1).

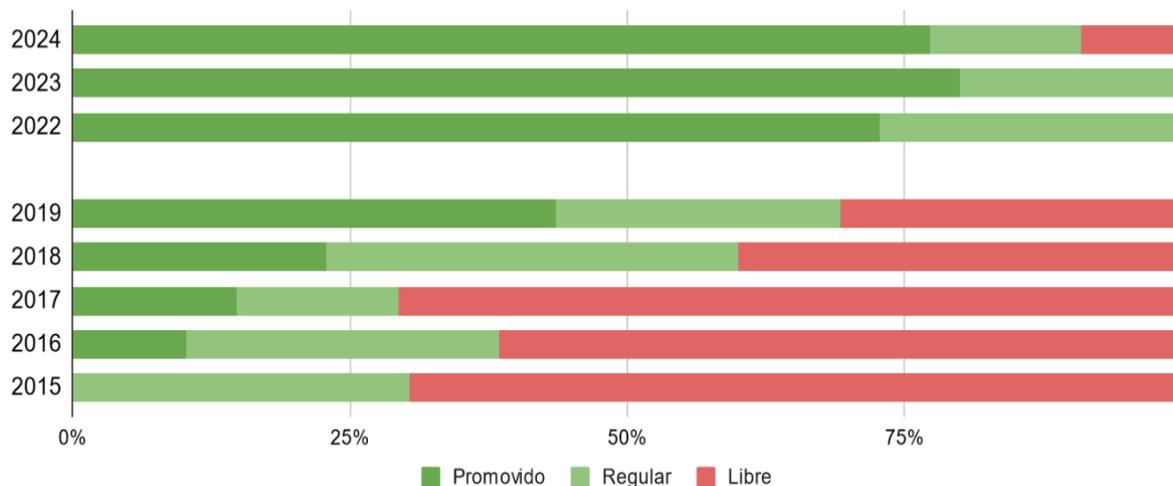


Gráfico 1. Comparación de la condición final de cursado (período 2015-2019 y 2022-2024). Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de SA de FICH-UNL.

La opinión general de los y las estudiantes sobre la asignatura ha mejorado significativamente respecto al período anterior analizado. Durante el período 2022-2024, el 30% de las y los estudiantes la califica como “Buena” y el 59% como “Muy buena” (Gráfico 2).

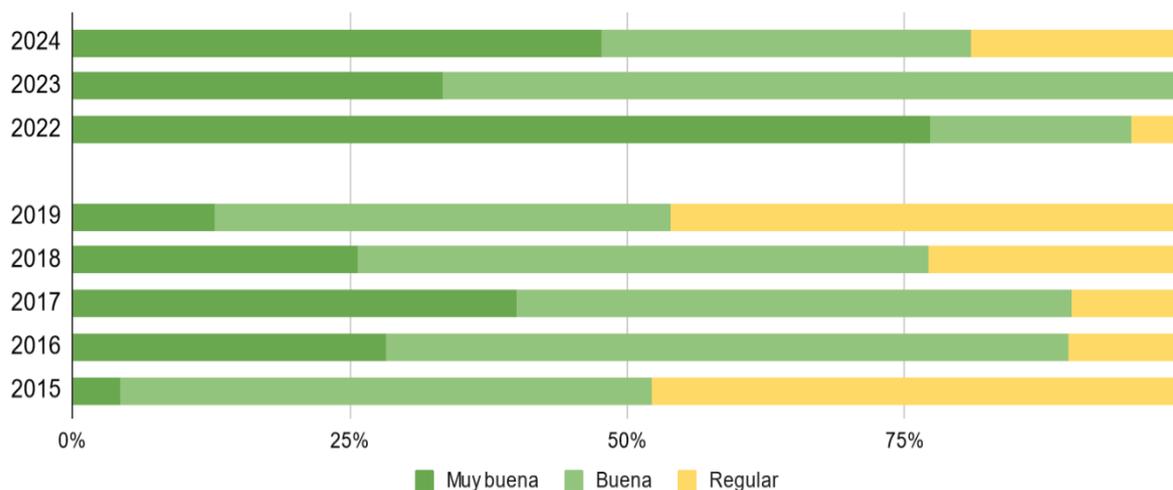


Gráfico 2. Evaluación global de la asignatura (período 2015-2019 y 2022-2024). Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de SA de FICH-UNL.

Con la intención de conocer en mayor detalle las percepciones del estudiantado con relación a la nueva propuesta de enseñanza, se realizaron cuestionarios desde la cátedra una vez finalizado el proceso de calificación. Éstos recabaron información sobre las opiniones respecto

a la organización de la asignatura, el enfoque adoptado para la enseñanza de los contenidos y los trabajos grupales realizados. Estos cuestionarios de carácter optativo, que se encontraban disponibles en el entorno virtual de la materia, se realizaron durante dos cuatrimestres (2023-2024). Se obtuvieron un total de 30 respuestas durante los años en que se implementaron.

En una primera parte, se solicitó a las y los estudiantes su opinión general sobre diferentes aspectos relacionados con la organización de la asignatura, considerando el aula virtual, la bibliografía, la comunicación, las clases teóricas, las salidas a campo y los TP. Para ello, debían optar por una única opción de valoración que variaba desde “Muy buena” a “”. Más del 90 % (n=28) de los y las estudiantes eligió la opción “Buena” o “Muy buena” en la totalidad de los aspectos evaluados y no se obtuvo ninguna valoración “Mala” (Gráfico 3). Las salidas a campo y los TP fueron las actividades que recibieron mejores calificaciones, seguidas por el aula virtual y la comunicación.

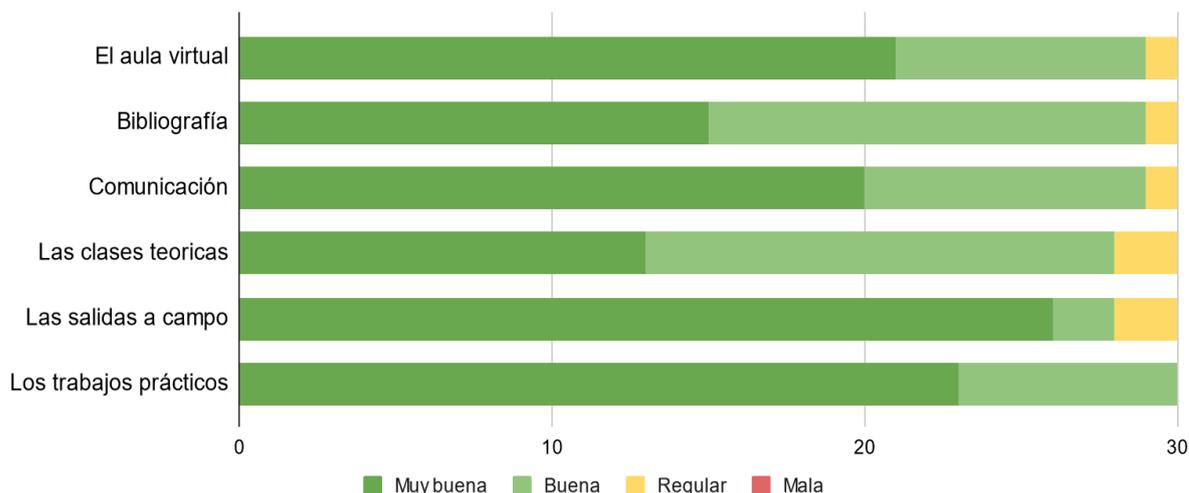


Gráfico 3. Calificación general de la asignatura (período 2023-2024). Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de un cuestionario implementado por el equipo docente.

En la segunda parte del cuestionario, se les requirió que seleccionen aquellas frases que mejor se acerquen a su opinión sobre aspectos relacionados con el enfoque de la enseñanza (Gráfico 4). Las frases propuestas fueron cuatro: “Es muy importante para mi aprendizaje”, “Es facilitador de mi aprendizaje”, “No aportó a mi aprendizaje” y “Obstaculizó mi aprendizaje”. Los aspectos que fueron reconocidos como muy importante para el aprendizaje fueron “Proponer problemas que se acerquen al ejercicio profesional” y “Presentar diferentes aspectos u opiniones sobre el conocimiento” (n=25 para ambos casos), seguido de “Evaluaciones que demandan opiniones y definir criterios y no solo repetir conceptos o clasificaciones” (n=24).

Más de 28 estudiantes reconocieron como muy importantes o facilitadores del aprendizaje al resto de los aspectos consultados. Solo un estudiante calificó como obstaculizadora del aprendizaje la “Realización de la actividad final integradora”.

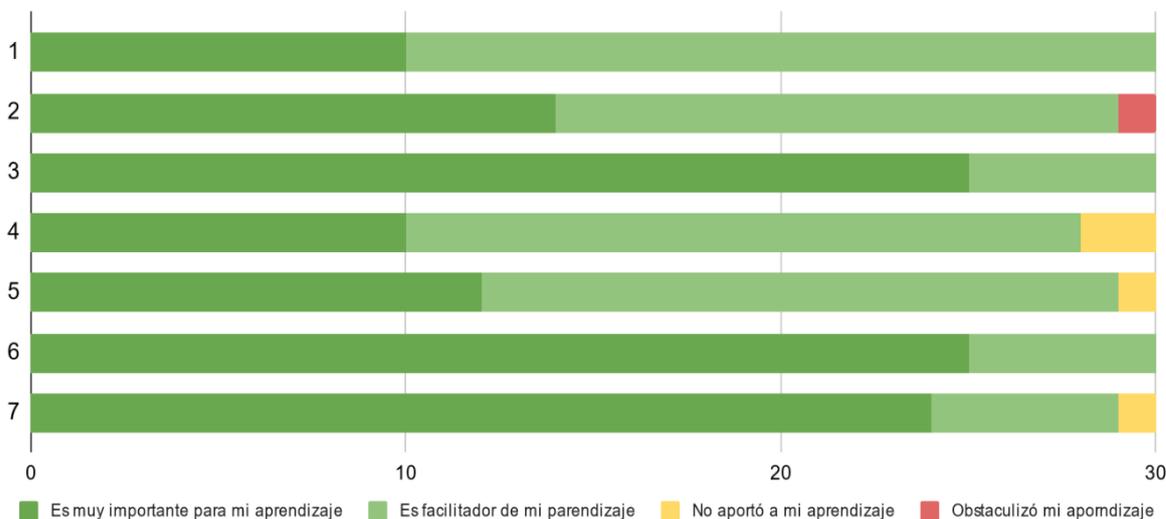


Gráfico 4. Opiniones sobre el enfoque de la enseñanza (período 2023-2024). Referencias: 1) Utilización de noticias y problemáticas ambientales como eje para las unidades temáticas, 2) Realización de una actividad Integradora a partir de problemáticas socioambientales, 3) Proponer problemas que se acerquen al ejercicio profesional, 4) Realizar los TP y actividades en grupos, 5) Participar de instancias de debates y preguntas en el aula, 6) Presentar diferentes aspectos u opiniones sobre el conocimiento científico, 7) Evaluaciones que demandan opiniones y definir criterios y no solo repetir conceptos o clasificaciones. Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de un cuestionario implementado por el equipo docente.

En la última parte de la consulta realizada, se evaluó la experiencia de realizar trabajos grupales. Estos resultados se presentan en la Tabla 2. Los estudiantes reconocieron que la realización de los TP les permitió comprender más adecuadamente los conceptos teóricos. Por otro lado, destacaron que las discusiones surgidas como consecuencia de las diferentes opiniones resultaron ser muy enriquecedoras para el proceso de aprendizaje y resultaron ser motivacionales para estudiar y llevar al día la materia. Ningún estudiante seleccionó la frase “Perdí tiempo” o “Me obstaculó el estudio”. Pocos estudiantes reconocieron dificultades para trabajar en grupo.

Tabla 2. Opiniones de los estudiantes sobre la realización de trabajo grupales. La columna Total indica el número de estudiantes que seleccionaron cada una de las frases indicadas. Fuente: Elaboración propia sobre datos obtenidos de un cuestionario implementado por el equipo docente.

Elegí las frases con las que te identificas sobre cómo te sentiste en la realización de los trabajos grupales	
Frases (ordenadas por frecuencia de selección)	Total
Comprendía otras cosas cuando volvía a leer la bibliografía después de hacerlos.	20
Las opiniones con las que no estábamos de acuerdo nos hacían discutir, pero en eso aprendimos.	18
Me resultaron muy importantes para comprender los contenidos de la asignatura.	17
Siento que mi aporte fue valioso.	14
Me entusiasmaron para seguir al día la materia.	12
Siento que discutimos/debatimos mucho.	12
Nos pusimos de acuerdo enseguida.	12
No nos demandaban mucho tiempo.	6
Solo trabajaron algunos integrantes.	4
Se nos dificultó reunirnos.	3
Las opiniones con las que no estábamos de acuerdo nos hacían perder el tiempo.	2
Había mucha diferencia entre quiénes estudiábamos y quiénes no.	2
Tuvimos que estudiar sobre cosas que no tenían nada que ver con los contenidos.	1
Siento que casi los hice sola/o.	1
Me obstaculizaron el estudio.	0
Perdí tiempo.	0
¿Qué otras frases agregarías?	
Pudimos investigar y estudiar sobre cosas referidas a los contenidos, pero externas a la bibliografía.	
Demandan tiempo, pero no diría que perdí tiempo.	
Resultó llevadero y ameno. Hizo de mi cursado un poco más amable. Estuve en un grupo en el que trabajamos como equipo.	
Es complementario hacia el aprendizaje de la asignatura.	
Aplicar los contenidos me hacía internalizarlos y comprenderlos al estar en contacto con los temas en varias ocasiones.	
Mi grupo fue muy lindo, no diferimos mucho en opiniones y pudimos aprender mucho juntos en las salidas de campo y laboratorios.	

REFLEXIONES FINALES

La experiencia pedagógica en QAII demuestra que una enseñanza innovadora y contextualizada puede trascender los límites del aula, conectando a los estudiantes con su entorno y reforzando su sentido de responsabilidad como futuros profesionales de la ingeniería ambiental. Estas prácticas de enseñanza innovadoras no solo mejoran la adquisición de conocimientos técnicos, sino que cultivan habilidades críticas y valores éticos indispensables para enfrentar la crisis ambiental global. La combinación de aprendizaje práctico y reflexión crítica fomenta en los y las estudiantes un pensamiento sistémico, necesario para entender la

complejidad y multicausalidad de los problemas ambientales. Además, trabajar en equipo y debatir perspectivas diversas no solo fortalece sus habilidades de comunicación y colaboración, sino que también les prepara para el mundo laboral, donde se requiere interactuar con múltiples actores en contextos interdisciplinarios.

Por otro lado, el uso de TIC y la integración de herramientas digitales en las estrategias de enseñanza no solo enriquecen los recursos disponibles para los estudiantes, sino que también democratizan el acceso al aprendizaje. Este enfoque se alinea con las demandas de una sociedad cada vez más digitalizada, fomentando la autonomía del estudiante y su capacidad para aprender de forma continua.

La transformación educativa en QAII resalta la importancia de adoptar una pedagogía centrada en el estudiantado, donde el aprendizaje no se limita a la memorización de conceptos, sino que involucra el desarrollo de competencias aplicables a escenarios reales. Este enfoque no solo eleva la calidad educativa, sino que también contribuye a formar profesionales con una conciencia profunda de su rol como agentes de cambio en la búsqueda de un desarrollo más equitativo y sostenible.

Finalmente, este caso reafirma que el cambio en los paradigmas educativos no es solo una necesidad, sino una oportunidad para resignificar la educación superior como un espacio dinámico de co-creación, donde docentes y estudiantes comparten el desafío de aprender y crecer juntos hacia un futuro más resiliente.

REFERENCIAS

ÁVILA GALARZA, A. La Educación Ambiental a Nivel Superior. In: XII CONGRESO NACIONAL 2002. UNA GESTIÓN AMBIENTAL POR EL PLANETA, 2002, Guanajuato. **Memorias del XII Congreso Nacional 2002. Una Gestión Ambiental por el Planeta.** Guanajuato: Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002, p. 1-6.

BARBERÀ, E.; BADIA, A. (2005). El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la Educación Superior. **Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento**, Barcelona, v. 2, n. 2, 2005.

CAYCEDO LOZANO, L.; TRUJILLO SUÁREZ, D. M.; GARCÍA, S.S. La responsabilidad social, un componente esencial de la formación en un programa de Química Ambiental. **Misión Jurídica, Revista de Derecho y Ciencias Sociales**, Bogotá, n. 10, p. 223-231, 2016.

CONCARI, S. B. Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? **Latin American journal of Physics education**, México, v. 8, n. 3, p. 494-503, 2014.

ELLIOTT, J. **El cambio educativo desde la investigación-acción**. 3. ed. Madrid: Morata, 1993. 190p.

FERNÁNDEZ, M. B.; JOHNSON, M. D. Investigación-acción en formación de profesores: Desarrollo histórico, supuestos epistemológicos y diversidad metodológica. **Psicoperspectivas**, v. 14, n. 3, p. 93-105, 2015.

GARCÍA ARETIO, L. Blended learning y la convergencia entre la Educación presencial y a distancia. **Revista Iberoamericana de Educación a distancia**, Madrid, v. 21, n. 1, p. 9-22, 2018.

GARCÍA, D.; PRIOTTO, G. **Educación Ambiental. Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental**. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2009. 230p.

GÓMEZ, C.; BOTERO, C. M. La ambientalización de la educación superior: estudio de caso en tres instituciones de Medellín, Colombia. **Revista Gestión y Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 77-88, 2012.

HERNÁNDEZ, M. R.; RODRÍGUEZ, V. M.; PARRA, F. J.; VELÁZQUEZ, P. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la enseñanza-aprendizaje de la Química Orgánica a través de imágenes, juegos y videos. **Formación universitaria**, La Serena, v. 7, n. 1, p. 31-40, 2014.

MANAHAN, S. E. **Introducción a la química ambiental**. México D. F.: Reverté, 2006. 780p.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE ARGENTINA. **Formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado**. Resol. 2018-989-APN-ME. Buenos Aires, 2018, 16 p.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE ARGENTINA. **Acuerdo plenario**. Resol. 2018-1254-APN-ME. Buenos Aires, 2018, 81 p.

RAMOS, M.; MUÑOZ, L. La enseñanza de la Química Ambiental: Una propuesta fundamentada en la controversia científica y la resolución de problemas. **Tecné, Episteme y Didaxis**, Bogotá, n. 38, p. 133-146, 2015.

SÁEZ LÓPEZ, J. M. Actitudes de los docentes respecto a las TIC, a partir del desarrollo de una práctica reflexiva. **Escuela abierta**, Sevilla, n. 13, p. 37-54, 2010.

TOBÓN, S. T.; PIMIENTA PRIETO, J. H.; GARCÍA FRAILE, J. A. **Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias**. 1. ed. México D. F.: Pearson Educación, 2010, 216 p.

VALVERDE CRESPO, D.; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J.; de PRO BUENO, A. ¿Qué sub-competencias digitales muestran unos alumnos de 4o de Educación Secundaria Obligatoria ante una animación sobre una reacción química a nivel microscópico? **Ápice, Revista de Educación Científica**, A Coruña, v. 1, n. 1, p. 40-57, 2017.