



## Caracterización del desarrollo profesional de docentes de química en carreras de ingenierías no químicas

J. Huergo<sup>a</sup>, V. M. Relling<sup>a</sup>, P. L. Faccendini<sup>a</sup>, M. E. Disetti<sup>a</sup>, M. I. Santoro<sup>a</sup>, C. S. Rodríguez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Investigación en Educación Química (GIEQ). Área Química. Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA). Universidad Nacional de Rosario (UNR). Pellegrini 250 Rosario, Santa Fe, Argentina.

### ARTICLE INFO

**Received:** Marzo 2, 2018  
**Accepted:** Abril 14, 2018  
**Available on-line:** Mayo 1, 2018

**Keywords:** Textos justificativos, textos argumentativos, resolución de problemas, competencias.

**E-mail addresses:**  
[jhuergo@fceia.unr.edu.ar](mailto:jhuergo@fceia.unr.edu.ar);  
[vrelling@fceia.unr.edu.ar](mailto:vrelling@fceia.unr.edu.ar);  
[pfaccend@fceia.unr.edu.ar](mailto:pfaccend@fceia.unr.edu.ar);  
[eugeniadisetti@hotmail.com](mailto:eugeniadisetti@hotmail.com);  
[msantoro@fceia.unr.edu.ar](mailto:msantoro@fceia.unr.edu.ar);  
[cristina@fceia.unr.edu.ar](mailto:cristina@fceia.unr.edu.ar)

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.  
All rights reserved

### ABSTRACT

The resolution of problems of chemistry in non-chemical engineering careers involves the expression of justifying and argumentative texts that reveal understanding of the statements, correct choice of theoretical and methodological frameworks for the selection of data and the appropriate wording of the conclusion. The explicit teaching of the ability to argue and justify enables the participation of students in democratic processes, through criticism and discussions. However, students do not always take responsibility and actively participate with their voice and beliefs, building shared meanings. In the evaluations the students express their reasoning and justify their decisions while arguing in favor or against the acceptance of procedural and experimental conceptual statements. We find justifications or arguments coherent but not valid from the chemistry and with misconceptions that make difficult the understanding of the statements and the choice of the theoretical supports. Then, we expand our didactic knowledge of the content; we apply new didactic strategies and modify the problem statements in such a way that the chemistry exercises become problems of engineering application with a chemical approach. We conclude that the changes made contributed positively to the professional development of teachers, since the reflection process of the teaching action produced analyzes and reformulations of strategies and content to improve the teaching-learning process.

La resolución de problemas de Química en carreras de ingenierías no químicas conlleva la expresión de textos justificativos y argumentativos que revelen comprensión de los enunciados, correcta elección de marcos teóricos y metodológicos para la selección de los datos y la apropiada redacción de la conclusión. La enseñanza explícita de la capacidad de argumentar y justificar habilita la participación de los estudiantes en procesos democráticos, mediante la crítica y las discusiones. Sin embargo, no siempre los estudiantes se responsabilizan y participan activamente con su voz y sus creencias, construyendo significados compartidos. En las evaluaciones los estudiantes expresan sus razonamientos y justifican sus decisiones a la vez que argumentan en favor o en contra de la aceptación de enunciados conceptuales procedimentales y experimentales. Encontramos justificaciones o argumentaciones coherentes pero no válidas desde la química y con concepciones erróneas que dificultan la comprensión de los enunciados y la elección de los soportes teóricos. Luego, ampliamos nuestro conocimiento didáctico del contenido; aplicamos nuevas estrategias didácticas y modificamos los enunciados de problemas de tal manera que los ejercicios de química se transformen en problemas de aplicación de ingeniería con enfoque químico. Concluimos que los cambios realizados contribuyeron positivamente al desarrollo profesional docente, ya que el proceso de reflexión de la acción docente produjo análisis y reformulaciones de estrategias y contenido para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una caracterización del desarrollo profesional de docentes de química en carreras de ingenierías no químicas, en el marco de un proyecto de investigación en educación, denominado “La Resolución de

Problemas de Química en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Competencias Genéricas y Específicas” entre 2015 y 2017. Particularmente, se destacan innovaciones concernientes a los procedimientos (Rivas, 2000), generadas a partir de un proceso de investigación-acción participativa.

En la FCEIA, ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, Argentina, se dictan carreras de ingenierías no químicas, en cuyos currículos la Química representa un escaso porcentaje de las ciencias que se enseñan. La fuerte impronta de ciencias formales en el cursado, provoca que Química sea considerada ampliamente como una asignatura difícil. Esta cualidad acuñada por los estudiantes es adjudicada, en parte, porque la Química utiliza un lenguaje propio altamente simbólico muy diferente al de la Matemática y la Física; requiere de altos niveles de abstracción para comprender sus teorías, que a la vez son hipotéticas, provisorias e incompletas y por las tensiones que produce la relación entre las observaciones (nivel macroscópico) y las explicaciones (nivel microscópico). Asimismo, a los estudiantes puede costarles intuitivamente vincularla con sus intereses (Izquierdo Aymerich, 2004) como así también comunicar los aprendizajes, pues les implica manejar algunos recursos del género lingüístico específico, caracterizado por su rigor, precisión, estructuración y coherencia (Sardà, y Sanmartí Puig, 2000).

La asignatura Química es cuatrimestral y se encuentra en el segundo año del ciclo básico común de las carreras de ingeniería. En tan sólo dieciséis semanas se desarrollan los contenidos químicos, desde estructura atómica, sustancias, transformaciones químicas, hasta estructura y propiedades de materiales. Se considera escaso el tiempo para desarrollar las instancias de enseñanza y aprendizaje. Es así que hay un gran porcentaje de estudiantes que cursan la asignatura en más de una oportunidad (recursan), antes de aprobarla en la instancia de evaluación final. Además, se observan debilitadas ciertas habilidades que debieran haberse adquirido en etapas educativas previas, como comprensión lectora, producción de textos, resolución de problemas sencillos (Rodríguez, Santoro, Relling, Huergo y Disetti, 2018). Todo esto se ve evidenciado en la desmotivación y la escasa responsabilidad manifestadas en las clases teóricas, experimentales, talleres de resolución de problemas y consultas (Relling et al, 2018) En esta instancia, cabe aclarar que dichas habilidades también son denominadas “competencias de acceso a la universidad” según el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI, 2018). Bajo este marco, los pilares de la labor docente en el ciclo básico universitario fueron y son fortalecer y/o desarrollar las competencias básicas en ciencias naturales, las destrezas en lecto-escritura y la comunicación discursiva en el aula.

Considerando que los estudiantes deben formarse aprendiendo a resolver problemas académicos con enunciados que se acerquen a los problemas reales con los que se encuentran los ingenieros a lo largo de su profesión, se sostiene que la resolución de problemas constituye una de las estrategias más valiosas a utilizar ya que, además, “es el recurso más utilizado por los profesores de ciencias en la instrucción y en la evaluación” (Solaz-Portolés, Rodríguez Miguel, Gómez López y Sanjosé López, 2010). Asimismo, se propone una didáctica basada en la enseñanza explícita de habilidades cognitivas lingüísticas, que deberán ser fortalecidas y desarrolladas también, en la formación práctica del estudiante. Para ello, en todas las instancias de enseñanza y aprendizaje, se focaliza en dos competencias: resolución de problemas y comunicación con efectividad, y la vinculación entre ambas. Según CONFEDI (2018), el desarrollo de estas competencias atraviesa todo el diseño curricular de las carreras de ingenierías. Igualmente, de acuerdo a Pinto, Ramírez, Arranz, Navarrete y Urreaga (2010), es fundamental esta consideración en el ciclo básico de las carreras universitarias, debido a que la adquisición de destrezas en habilidades genéricas permitiría a los estudiantes afrontar las competencias específicas de su área de conocimiento con mayor garantía de éxito.

El plantel docente involucrado consta de 9 integrantes de diversas trayectorias (no ingenieros), profesionales con estudios de posgrado finalizados o en curso, y un estudiante de Ingeniería Industrial. Al momento de incorporarse a la cátedra de química de FCEIA, los integrantes contaban con experiencia en docencia universitaria en carreras afines a la química (Farmacia, Bioquímica, Biotecnología, Licenciatura en Química), en las cuales el centro mismo de sus núcleos disciplinares es la ciencia química, muy diferentes a las ingenierías no químicas. El ingreso y el recorrido por la cátedra de Química de las ingenierías de la FCEIA, requirieron de un proceso de formación interna y un gran esfuerzo de parte

de cada uno de los docentes para adaptar la enseñanza de la química a este contexto desconocido.

Paralelamente a la tarea docente, parte del plantel conformó el Grupo de Investigación en Educación Química (GIEQ). Con veinte años de trayectoria, han participado y participan docentes de la cátedra centrando sus esfuerzos en adaptar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química al complejo contexto en el que se desarrolla la profesión docente. Son profesionales con formación en química, en didáctica de la química, con experiencia en su formación y en su propia experiencia empírica docente y con conocimiento didáctico de los contenidos a impartir. Este conjunto de docentes e investigadores ha estado y está atravesado por un proceso de investigación-acción, del que surgieron los cambios que se describen en el presente trabajo. Así es que los sucesivos ciclos de planificación, acción y reflexión aquí presentados, evidencian cómo la práctica diaria ha impactado, ha enseñado, ha llevado a plantear nuevos interrogantes y ha producido algunas de las respuestas y las soluciones, a la vez que fue enriqueciendo el acervo disciplinar y didáctico.

Dicho proceso ocurre dentro del marco del proyecto de investigación mencionado anteriormente, en el que se analizan las respuestas de los estudiantes en las evaluaciones de acreditación de la asignatura, mediante el análisis del contenido de los textos justificativos y argumentativos que ellos redactan. Este análisis y el resultado que arroja, como señal observable de la realidad de los estudiantes, lleva a una permanente crítica de la labor docente que produce tanto cambios colectivos, como personales.

En síntesis, se presenta, de manera sistematizada, el recorrido y los cambios llevados a cabo por el GIEQ, influenciados por la manifestación de la realidad en el aula. Como lo enuncian Mosquera y Furió (2008), los cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales hacia la enseñanza determinan la coherencia entre lo que ha de saber, saber hacer y hacer un profesor de ciencias. Por otro lado, dado que muy pocas veces el marco teórico se ve reflejado en la actuación del docente y su didáctica, el GIEQ está de acuerdo con Solbes, Fernández-Sánchez, Domínguez-Sales, Cantó y Guisasola (2018) pues, conforme a la separación existente entre la teoría y práctica educativa, presentan estudios sobre la influencia de los resultados de la investigación sobre la práctica docente en miras a un modelo de enseñanza centrado en el alumno, resolviendo los problemas o dificultades que se presentan en el aula.

Es por ello que se describe aquí cómo, a partir de las reflexiones sobre la práctica y, sobre todo, de los resultados obtenidos en la investigación educativa, evoluciona el desarrollo profesional docente. Aunque éste es el primer acercamiento a la investigación del desarrollo profesional, y está realizado desde la metodología de investigación-acción, se pretende, en el futuro, implementar encuestas, entrevistas y observaciones de la práctica docente para enriquecer los resultados aquí obtenidos.

## II. METODOLOGÍA

El presente trabajo se enmarca en una investigación mixta, cuali-cuantitativa cuyo propósito de estudio, a través de investigación-acción participativa, es caracterizar el desarrollo profesional de docentes de química, en carreras de ingenierías no químicas en la FCEIA de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), en el período de 2015 a 2017. La problemática general es la necesidad de cambio en la labor docente motivada por diversas razones vinculadas con el compromiso institucional.

En relación a éste, el equipo docente es impulsado a adecuar los recursos didácticos en miras a un “proyecto estratégico de reforma curricular de la ingeniería argentina” motorizado por el CONFEDI en 2004. En este sentido, se trabaja fortaleciendo las competencias de ingreso a la universidad que se encuentran debilitadas y se aporta a las competencias de egreso del ingeniero. En pos de aumentar el porcentaje de estudiantes que en las evaluaciones expresen sus aprendizajes con mayor riqueza y rigurosidad de vocabulario y contenidos, se generan innovaciones procedimentales tanto curricular como extracurricularmente. Asimismo, como profesionales de la docencia, se considera fundamental que los estudiantes logren un conocimiento significativo que pueda ser utilizado en diferentes contextos y no sólo una habilidad memorística y/o mecánica. Por ello se manifiesta la necesidad de que el estudiantado pueda explicar supuestos,

consideraciones y procedimientos utilizados para arribar a un determinado resultado o conclusión.

En esta instancia, si a partir del criterio básico de que una experiencia innovadora es la participación crítica de los que la van a llevar a cabo (Montalvo Romero, 2011), entonces el cambio propuesto responde a una intención de innovaciones concernientes a los procedimientos didácticos, de organización y desarrollo del currículo, de utilización de materiales curriculares e instrumentos didácticos de estructuración de las clases (Rivas, 2000) con el fin de centrar la atención en los estudiantes, es decir, en el proceso de aprendizaje (Pinto Cañón, Chavez Flores, Yunki, y Xu, 2005 y Rodríguez Sánchez, 2017).

El diseño de una investigación-acción de tipo técnico-científica involucra ciclos anuales de análisis de conceptualización y redefinición estructurados en etapas de planificación, identificación de hechos, análisis, implementación y evaluación (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014). Por un lado, se realiza un análisis estadístico para caracterizar las poblaciones de estudiantes, su participación en las evaluaciones y las acreditaciones de las mismas. Por otro lado, se considera el impacto de la práctica diaria en el desempeño profesional docente, sistematizando las propuestas y modificaciones realizadas por el equipo de trabajo. En este contexto, dentro de la dimensión pedagógico-didáctica, se consideran algunas variables de calidad de la enseñanza tales como la organización y planificación de la tarea docente, entre ellas, el material didáctico, las evaluaciones de acreditación, la estructura de las clases, las reuniones docentes, la investigación educativa y el impacto en la labor docente.

Entonces, se describe la investigación educativa realizada por el GIEQ, respecto de la organización y planificación de la tarea docente mencionada. Es decir, el impacto en el desarrollo profesional docente, en el marco de un proyecto de investigación en educación química, en el cual se realiza el análisis de los textos justificativos y argumentativos redactados por los estudiantes en las evaluaciones de acreditación y la capacidad de resolver problemas, como así también las interacciones dialógicas en clases, en revisión de exámenes, en consultas y en talleres.

### **III. RESULTADOS**

#### **III.1 Caracterización de las poblaciones de estudiantes y la institución**

En la República Argentina, los niveles educativos obligatorios comienzan para los infantes a los 3 años y culminan para los jóvenes en el ciclo secundario. En este último, las Ciencias Naturales son incorporadas en la currícula desde los primeros años. Particularmente, en esta provincia, las asignaturas Físico-Química y Laboratorio de Ciencias Naturales, desarrollan contenidos tales como características del conocimiento científico, fenómenos físicos y químicos, sistemas de magnitudes, sistemas materiales, estructura atómica, el reconocimiento de las reacciones químicas, coeficientes estequiométricos, representación a través de fórmulas químicas de reacciones, entre otros. Esta información es considerada en el trabajo cotidiano del GIEQ pues incorpora, desde el punto de vista del CONFEDI (2018), algunos de los aspectos de las competencias de ingreso a la universidad. Dicho de otro modo, todos los estudiantes que ingresan en las universidades acreditaron los contenidos mencionados, los que representan, junto a las capacidades vinculadas con la lecto-escritura, “el saber hacer” de los estudiantes que ingresan a los niveles superiores de educación.

Luego, aquellos estudiantes que se interesan por la educación universitaria, pueden acceder de forma gratuita a nuestra UNR, una de las cuatro universidades más importantes de la Argentina, cuyo lema es “Confindere Hominem Cogitantem” (Formando Hombres Pensantes). Su estructura actual es de 12 facultades, 3 institutos de enseñanza media y 1 centro de estudios interdisciplinarios. Entre las primeras, se encuentra la FCEIA, que se propone ofrecer carreras que, por su nivel y contenido, satisfagan reales necesidades emergentes de las actuales y potenciales demandas sociales, científicas, económicas y culturales de la región, del país y de los proyectos y políticas de desarrollo y crecimiento que se promuevan. Además de posibilitar que todos los estudiantes, al concluir los estudios de grado, alcancen los máximos niveles de logro posible, en los diversos aspectos que configuran una formación de calidad.

La asignatura Química de la FCEIA, cumple la función de brindar saberes básicos y aplicados en relación a la composición, cambios y propiedades de las sustancias y mezclas de interés para las carreras que se dictan en la facultad.

Es cuatrimestral y se dicta en el segundo año de las carreras de ingenierías Mecánica, Civil, Eléctrica, Electrónica, Industrial y Agrimensura (con posibilidad de cursado en ambos semestres). La acreditación de los contenidos es por promoción directa, es decir, que los estudiantes finalizan el cursado como promovidos (acreditan la asignatura) o libres.

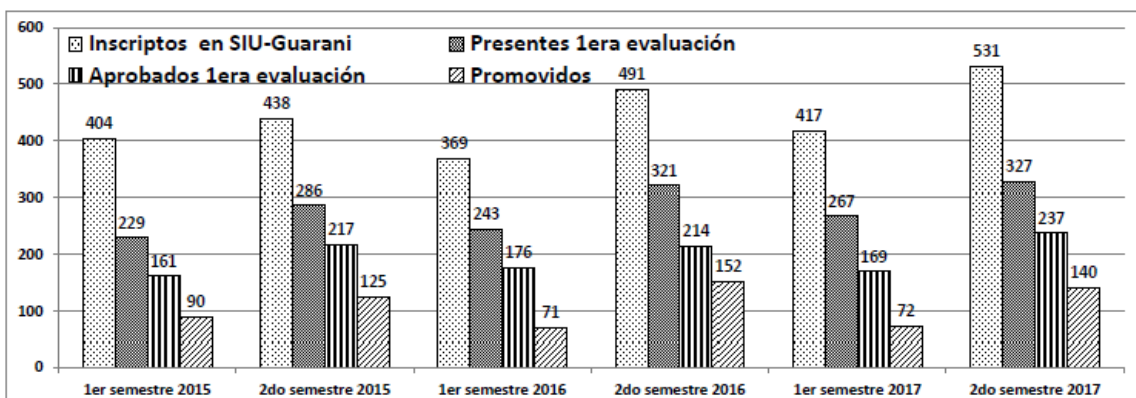
A continuación, se presenta una descripción estadística de las poblaciones de estudiantes cursantes de la asignatura Química de la FCEIA-UNR en cada semestre, dentro del período 2015-2017, a partir de datos institucionales (inscripción a la asignatura por sistema informático denominado Siu-Guaraní) y de la información interna de la cátedra de Química (llamada “planilla interna” en adelante). Este estudio permite caracterizar cuantitativamente los estudiantes que acreditan la asignatura en miras de abordar el objetivo de incrementar esta cantidad.

Para ello se obtuvieron los datos de las planillas internas, con la información de los estudiantes respecto de asistencia a la primera y segunda evaluación y/o recuperatorios, aprobación o no de las mismas, abandonos, y promovidos de la asignatura. Ésta se acredita por promoción directa, aprobando las instancias de laboratorio y la primera y segunda evaluación. Seguidamente, con dichos datos construimos las siguientes categorías:

- “estudiantes inscriptos en SIU-Guaraní”: son aquellos que realizaron la inscripción previamente al dictado de la asignatura (algunos de ellos luego de inscriptos no inician el cursado);
- “estudiantes presentes en la primera evaluación”: son aquellos que, una vez inscriptos en SIU-Guaraní, se presentaron en la primera evaluación o en su recuperatorio;
- “estudiantes que aprobaron la primera evaluación”: son aquellos que cumplieron con, al menos, el 60% del puntaje de la primera evaluación o su recuperatorio;
- “estudiantes promovidos”: son aquellos que además de aprobar al menos el 80 % de los trabajos de laboratorio y la primera evaluación o su recuperatorio; cumplieron con, al menos, el 60% del puntaje de la segunda evaluación, o su recuperatorio, acreditando así la asignatura.

Para facilitar el análisis, la expresión “estudiantes que cursan la asignatura”, se refiere a “estudiantes presentes en la primera evaluación” para luego evaluar la reprobación o deserción de los mismos en las instancias posteriores.

Luego, se volcaron los datos en tablas y en planillas de cálculo que permitieron el análisis y la representación gráfica de los mismos, presentadas a continuación.



**FIGURA 1.** Cantidad de estudiantes en cada categoría definida (inscriptos, presentes en la primera evaluación, aprobados en la primera evaluación y promovidos) durante cada semestre desde 2015 a 2017, en la asignatura Química de FCEIA-UNR.

La Figura 1 muestra, para cada semestre, la cantidad de inscriptos en el SIU-Guaraní, la cantidad de estudiantes que se presentaron a rendir la primera evaluación de acreditación, la cantidad de estudiantes que aprobaron la primera evaluación

de acreditación y, finalmente, la cantidad de estudiantes que aprobaron la segunda evaluación de acreditación y promovieron la asignatura. En ella, puede observarse que las cantidades de estudiantes van disminuyendo en cada una de las instancias, o categorías, en todos los semestres.

Además, se calcularon los porcentajes de los estudiantes que acreditaron sendas instancias de evaluación, información que se observa en la Figura 2. Cabe aclarar que los porcentajes fueron calculados a partir de asignar el valor de 100% a la categoría “estudiantes que cursan la asignatura”. Puede observarse en la figura que los valores, en promedio, se mantienen constantes a lo largo de los 3 años analizados.

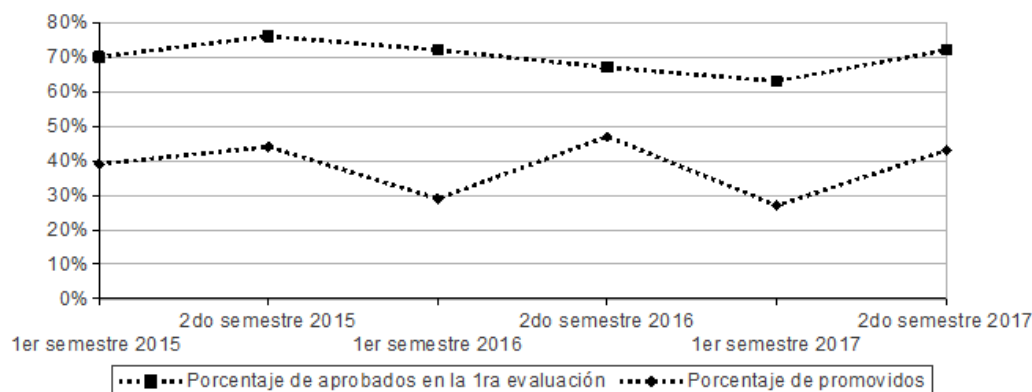


FIGURA 2. Porcentaje de estudiantes que aprobaron las evaluaciones de acreditación.

Por otro lado, se realizó una caracterización de los estudiantes que aprobaron la primera evaluación debido a que en ella se evalúan, en su mayoría, contenidos correspondientes al nivel secundario. Es decir, se excluyó de este análisis a aquellos estudiantes que no lograron los contenidos básicos de la ciencia química antes de la instancia de la primera evaluación.

Para ello, en esta instancia, se asignó el valor del 100% a la categoría “estudiantes que aprobaron la primera evaluación”.

Entonces se redefinieron las siguientes categorías.

- “estudiantes insuficientes en segunda evaluación”: son aquellos estudiantes que, habiendo aprobado la primera evaluación o su recuperatorio, no acreditaron la segunda evaluación o su recuperatorio.
- “estudiantes que abandonaron”: son aquellos que, habiendo aprobado la primera evaluación o su recuperatorio, no se presentaron a la segunda evaluación quedando en condición de libres.
- “estudiantes doble aprobado”: son aquellos estudiantes que habiendo aprobado la primera evaluación o su recuperatorio aprobaron además la segunda evaluación o su recuperatorio.

Estos datos se representan en la Figura 3. En la misma puede observarse que los valores, en promedio, se mantienen constantes a lo largo de los 3 años analizados.

Asimismo, comparando las figuras 2 y 3, se observa que los porcentajes de aprobados, en general, se incrementan en los segundos cuatrimestres de cada año, respecto de los primeros. Esta información abre nuevos horizontes de análisis para posteriores investigaciones.

Muchos de estos estudiantes habían aprobado los laboratorios, por lo tanto no los podían cursar nuevamente (debido a la gran cantidad de alumnos, se daba prioridad a los que cursaban por primera vez la asignatura). Esta situación implicaba que aquellos estudiantes que no lograron las competencias necesarias para acreditar la asignatura, pero sí las suficientes para aprobar el laboratorio, no podrían volver a cursar la asignatura en forma integral, llevando esto a un nuevo fracaso en lo que concierne a la acreditación de la asignatura. Analizando la situación expuesta es que, a partir del segundo semestre de 2016, se estableció como condición necesaria para acreditar la asignatura la aprobación del laboratorio en ese mismo semestre.

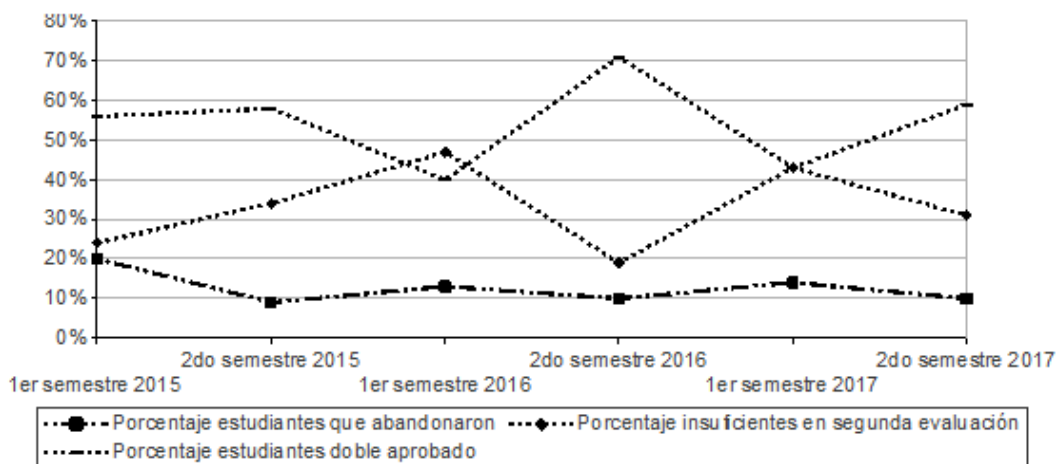


FIGURA 3. Caracterización de estudiantes que aprobaron la primera evaluación o su recuperatorio.

Por otro lado, existía un conjunto de estudiantes que debía volver a cursar la asignatura o rendirla como libre.

Por ello, a partir del segundo semestre de 2016 se realizó un registro de los inscriptos y de la información recabada en los siguientes semestres fue posible caracterizar al estudiantado presente en el laboratorio (Tabla I) considerando si cursan por primera vez o si lo hicieron con anterioridad al segundo semestre de 2016, quedando así definidas dos nuevas categorías:

- “Inscriptos por primera vez” aquellos estudiantes que se anotan por primera vez para cursar los laboratorios (todos los inscriptos en segundo semestre de 2016);
- “Recursantes” los estudiantes que cursaron los laboratorios en cuatrimestre anteriores. Se tomó como momento de inicio para el recursado, el segundo semestre de 2016.

Observando la Tabla I, se observa que un porcentaje significativo de los estudiantes (cerca de un 25%) no cursa la asignatura por primera vez en un determinado semestre, en este caso en el segundo semestre de 2017. Esta información permite inferir que hay distintas poblaciones de estudiantes en cada semestre, lo cual abre nuevos horizontes de investigación.

## III.2 Caracterización de los docentes y su desarrollo profesional

### III.2.1 Los docentes

En el año 2012, el cuerpo docente contaba con 5 miembros en la cátedra/área de química de FCEIA.

En ese momento, como en el presente, realizaba tareas de docencia (clases teóricas, de problemas, de laboratorio y consulta), investigación (enseñanza de la química para ingenieros no químicos basada en la argumentación científica) y gestión (tareas administrativas e institucionales).

Por aquel entonces, se reunía para reflexionar sobre el desempeño, antes del comienzo, y al finalizar cada cuatrimestre.

Estos encuentros permitieron arribar a la conclusión general, que los problemas de cálculo eran mejor resueltos que las preguntas teóricas, en las que las consignas implicaban justificar y argumentar científicamente. Es decir, no se observaban grandes dificultades en la resolución de problemas, debido a que éstos eran similares a los resueltos en la bibliografía y por los docentes, en clases magistrales de tipo expositivas. Se llevaban adelante metodologías de enseñanzas tradicionales o pasivas, centradas en los discursos docentes, según Rodríguez Sánchez (2017).

**TABLA I.** Cantidad de estudiantes inscriptos al laboratorio a partir del segundo cuatrimestre de 2016, composición porcentual de recursantes. \* El segundo semestre 2016 se cuenta como punto de partida para contabilizar los estudiantes que recursen en adelante. Por ello, el 100 % de la población, en dicho semestre, se considera inscriptos por primera vez y no hay recursantes.

	<b>2do semestre 2016</b>	<b>1er semestre 2017</b>	<b>2do semestre 2017</b>
<b>Total de inscriptos al laboratorio</b>	284	250	358
<b>Cantidad de “Inscriptos por primera vez”</b>	284 * (100 %)	215 (86%)	270 (75,40%)
<b>Cantidad de recursantes</b>	0 *	35 (14%)	88 (24,6%)

Posteriormente, fue ampliado el cuerpo docente a 9 profesores, logrando ofrecer nuevas instancias de aprendizaje, como talleres de Escritura y Nomenclatura de sustancias químicas, de Transformaciones Químicas y de Estequiometría.

Además, se abrió mayor cantidad de grupos de laboratorio. Desde este momento y a la fecha 2 profesoras, con título de posgrado y formación en investigación en educación son responsables de la asignatura, acompañan a un grupo de 6 docentes de entre 30 y 45 años, y un estudiante de Ingeniería Industrial con cargo de auxiliar de laboratorio. Por otro lado, desde 2015, a partir del proyecto de investigación en educación, denominado “*La Resolución de Problemas de Química en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario. Competencias Genéricas y Específicas*” creció y se fortaleció el Grupo de Investigación en Educación Química (GIEQ) con la incorporación de 4 docentes. En este marco se realizaron modificaciones en el desempeño docente a partir de ciclos anuales de investigación-acción, particularmente en las evaluaciones de acreditación, la estructura de las clases, el material didáctico, y las reuniones docentes. Como parte de la práctica docente, al concluir cada año se evaluaban los resultados de la investigación educativa y, en base a ellos, se proponían cambios y ajustes al plan de acción.

Así es como, respecto a este último aspecto, desde comienzo del ciclo lectivo de 2017 con un alto nivel de compromiso, se logró concretar la reunión de todo el plantel docente con mayor frecuencia. Durante tres horas semanales se realizaron instancias de encuentro, formación docente, reflexión acerca de la propia práctica, debates sobre el desempeño de los docentes y de los estudiantes, análisis sobre los resultados de la investigación en educación, entre los más destacados. Luego, como producto de la reflexión crítica sobre la actividad académica, se volvió a reconocer la importancia de desarrollar la escritura y oralidad de argumentaciones, justificaciones y explicaciones, en cada instancia de aprendizaje siendo todos ellos, términos que deben ser resignificados, pues en química no son sinónimos.

### III.2.2 Material didáctico

Como resultado de la investigación del GIEQ, se formalizó una publicación: el libro de referencia de la asignatura, denominado “*Introducción a la Química General para Ingenierías y Ciencias Exactas*” (Pliego y Rodríguez, 2012). El mismo surgió con el objetivo de acercar a los estudiantes a la química, desde una perspectiva ingenieril, intentando contextualizar la práctica docente. El libro presenta, de todos los temas desarrollados en el cuatrimestre, contenido teórico, ejemplos de aplicación y ejercicios resueltos. Además, en el último capítulo hay ejercitación adicional con los



resultados de problemas (similares a los de las evaluaciones). Asimismo, se despliegan textos argumentativos de referencia en los capítulos correspondientes a estructura y propiedades de sustancias y materiales inorgánicos y orgánicos y cinética química. En la actualidad, este libro sigue siendo el soporte bibliográfico de la asignatura.

Al finalizar el 2014, se asumió que cierta debilidad mostrada por los estudiantes para justificar procedimientos en la resolución de problemas podría deberse a una pobre interacción dialógica en el aula, con falta de debate oral. Por otro lado, se propuso, desde el laboratorio, reforzar la habilidad para describir las observaciones macroscópicas, así como la destreza para representar simbólicamente fenómenos observados. Se resolvió implementar cambios en las clases prácticas de problemas y de laboratorios, generando para tal fin nuevo material didáctico.

En función de lo anterior, se publicó en el año 2015, un nuevo material bibliográfico digital denominado “*Guía de problemas resueltos*”. El mismo consistió en una serie de ejercicios resueltos, de todos los temas desarrollados en el curso, acompañados de textos de referencia de justificación en cada problema. En total nueve de estos archivos fueron incluidos en el soporte bibliográfico de la asignatura, disponible para los estudiantes en la plataforma digital de la Facultad. El objetivo de la construcción y publicación de este material fue que los estudiantes pudieran acceder en cualquier momento y lugar a textos de referencia, a una información validada por los docentes, fomentando así la autonomía en el aprendizaje. Paralelamente, se construyó la “*Guía de Informes de Laboratorio*” la cual, desde entonces, es utilizada por los estudiantes en las instancias experimentales. Esta guía incluyó propuestas de trabajo para promover diversas habilidades como describir las observaciones, clasificar sustancias y transformaciones, representar simbólicamente, justificar fenómenos sencillos. Los informes de laboratorio se evaluaban y su aprobación era requisito para acreditar la instancia experimental obligatoria.

Además, en el año 2017, se publicó la “*Guía de clases de problemas*” como punto de partida para acompañar un cambio en la estructura de la clase. Esta guía contiene situaciones problemáticas, sin respuestas ni resoluciones y fue elaborada con el objetivo de que en el aula los estudiantes pudieran resolver, discutir grupalmente y exponer oralmente sus justificaciones. Los problemas presentados en la guía fueron ideados con intención didáctica. En general, se acercaban a una situación de ingeniería, donde un modelo teórico químico permite el enfoque para la resolución del mismo. Los estudiantes debían identificar ese marco teórico e interpretar la descripción de fenómenos observables para construir la representación simbólica de las transformaciones o los sistemas, identificar los datos indispensables y los que no lo son, plantear procedimientos, fórmulas y leyes utilizadas, justificar coherentemente cada paso y redactar una respuesta.

### **III.2.3 La estructura de las clases de problemas y del trabajo experimental en laboratorio**

Por otro lado, durante el período 2012 a 2017, la estructura de las clases de problemas cambió paulatinamente su metodología tradicional o pasiva, centrada en los discursos docentes, a metodologías innovadoras, activas y participativas centradas en el aprendizaje activo de los estudiantes (Rodríguez Sánchez, 2017).

Inicialmente, durante las tareas de aula del 2012, el docente resolvía problemas del libro de referencia de la cátedra en el pizarrón, mientras los estudiantes copiaban en sus cuadernos la información volcada y consultaban ante alguna duda. Eventualmente, se generaba una interacción dialógica. En la actividad experimental, con un alto número de estudiantes por curso (veinticinco) se trabajó con clases demostrativas. En las instancias de clases de revisión de evaluaciones, el diálogo era más intenso y a veces acalorado debido a la dificultad que presentaban los estudiantes en reconocer sus errores conceptuales, ya que se aferraban al buen uso de fórmulas matemáticas y procedimientos sin rigurosidad. En esta instancia salieron a la luz los siguientes hechos: a) informar un resultado con procedimientos no válidos desde la química, b) resolver problemas con ecuaciones químicas sin rigurosidad científica ni matemática, c) no resolver problemas con enunciados diferentes a los de referencia, d) no saber por qué usaban una determinada ecuación química. Tales hallazgos hicieron sospechar que los aprendizajes desarrollados por estos estudiantes habían sido memorísticos y se pensó en la urgente necesidad de ejercitar la justificación de procedimientos y conclusiones en resolución de problemas numéricos.

En 2013, la justificación química comienza a instalarse formalmente como parte del discurso docente en las clases de problemas en aula y laboratorio.

En el año 2014, las clases de problemas se organizaron en tres etapas. Una primera etapa expositiva en la que los docentes presentaban, muy brevemente, el marco teórico del tema a desarrollar. En la segunda etapa se resolvían en el pizarrón varios ejercicios, destacando marco teórico, conceptos utilizados, lógica de la resolución. En la tercera etapa, los estudiantes resolvían un problema en forma grupal, lo interpretaban, intercambiaban opiniones sobre el modo de resolverlo, y como cierre se comparaban y discutían resultados. Desde el discurso docente se reforzaba la importancia de justificar en química y se ejemplificaba en cada oportunidad posible. Finalmente, a la luz de los resultados obtenidos en el análisis de las evaluaciones de acreditación, se concluyó que la debilidad mostrada por los estudiantes para justificar procedimientos podía deberse a una pobre interacción dialógica en el aula con falta de debate oral. Estos debates se fueron ejercitando en grupos pequeños, como por ejemplo, en las instancias del trabajo experimental en el laboratorio, conjuntamente con el fortalecimiento de la descripción de las observaciones macroscópicas y de las representaciones simbólicas de los fenómenos observados. Por lo tanto, se implementaron cambios en las clases prácticas de problemas y de laboratorios.

Posteriormente, en 2015, con el soporte de un nuevo material “*Guía de problemas resueltos*” y “*Guía de Informes de Laboratorio*”, los estudiantes tomaron un rol más activo. En el laboratorio se les solicitó la redacción del informe y, por otro lado, en las clases de problemas se comenzó a trabajar con problemas inéditos. Si bien los estudiantes se involucraban en la resolución de algún problema, en gran medida seguía predominando una actitud pasiva. Los docentes resolvían gran parte de los problemas propuestos, explicaban, interpretaban enunciados, justificaban los procedimientos, presentaban resoluciones alternativas y explicitaban la coherencia de los resultados en el marco teórico del problema a resolver. Por otro lado, a partir de los resultados de la investigación de las respuestas de las evaluaciones, se determinó para el siguiente período lectivo la necesidad de profundizar con los estudiantes lo referido a la lectura y la escritura de textos justificativos y argumentativos que respondieran a la solución de cuestiones inherentes a los problemas ingenieriles.

Seguidamente, desde comienzos de 2016, en el aula se abordó la justificación explícita de los cálculos de los problemas. Ésta fue expresada oralmente por el docente en algunos casos y en otros por los estudiantes. A continuación, se trabajó con la justificación escrita. Por ejemplo, en la clase correspondiente al tema Estequiometría, luego de una muy breve introducción por parte del docente, los estudiantes en grupos resolvieron problemas inéditos y sus resoluciones escritas fueron entregadas al docente, corregidas y devueltas. A lo largo del año, al enfrentarse con el enunciado, sin la intervención del docente para interpretarlo, los estudiantes evidenciaban una notoria debilidad en la comprensión lectora.

Las falencias se comprobaron en las dificultades para identificar los datos implícitos, describir un fenómeno, justificar un procedimiento algebraico, o elegir un marco de referencia. Se propuso, entonces, focalizar la práctica áulica para el siguiente año en la resolución y/o experimentación de problemas, contextualizados en problemáticas ingenieriles durante todo el cursado de la asignatura. Además, se consideró oportuno rediseñar las clases de problemas para propiciar una didáctica centrada en la participación del estudiante, en su aprendizaje, en su propio interés y su responsabilidad.

Así fue que, desde el inicio de 2017, se introdujeron cambios en la estructura de las clases de problemas, donde los estudiantes comenzaron a poner en juego tanto capacidades específicas de química como sus habilidades para comunicarse eficientemente. Las clases pasaron a ser, definitivamente, encuentros de tipo dialógicos. Es decir, las actividades se centraron en el trabajo del estudiante, consistieron en un espacio de resolución de problemas integrados con muy breve o nula explicación previa de los docentes. En ellas se generaron instancias de discusión oral, donde los estudiantes presentaban en el pizarrón la resolución numérica de los problemas resueltos grupalmente, exponían la justificación de sus procedimientos y defendían oralmente sus propuestas frente a las interpelaciones de los docentes o de otros estudiantes. Los docentes, como facilitadores, formulaban nuevas preguntas, planteaban absurdos, proponían otras situaciones para promover el debate y facilitar la comprensión de los conceptos centrales del tema desarrollado.

Por otro lado, las instancias experimentales, con un número menor de estudiantes, entre 10 y 16 por clase, se

resignificaron, dando más énfasis a la construcción de significados compartidos y a la argumentación dialógica.

Asimismo, los informes de laboratorio se tornaron más completos a partir del incremento en la exigencia en la redacción, y constituyeron un material de estudio valorado por los estudiantes. Por otro lado, además de clases de consulta, se ofrecieron talleres de fórmulas químicas y problemas, en tres horarios semanales. Se observaron cambios positivos en las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de esta asignatura, evidenciado a través de los siguientes indicadores:

- I. reconocimiento de la importancia de la claridad en los procedimientos escritos;
- II. inquietudes y motivaciones acerca de lo que es una justificación correcta y coherente;
- III. importancia, en cuanto a la coherencia conceptual de los resultados, del uso de las unidades de las diversas magnitudes, del empleo de fórmulas y leyes;
- IV. interés acerca de diversos modos de resolver un mismo problema (procedimientos alternativos y válidos);
- V. motivación en cuanto a las problemáticas aplicadas de la ingeniería vinculadas con química.

### III.2.4 Las evaluaciones de acreditación

Por su parte, en las evaluaciones de acreditación de la asignatura (segunda evaluación) se implementaron los instrumentos de indagación, constituyentes claves en la investigación del GIEQ.

En el año 2012, las evaluaciones se estructuraban en dos secciones, partes teórica y práctica. El 60% del puntaje de la evaluación teórica correspondía a la redacción de textos argumentativos. La parte práctica incluía problemas integrados, que presentaban reacciones químicas espontáneas, en los cuales se solicitaba sólo cálculo, con todos los datos necesarios y en algunos casos, las representaciones simbólicas de las transformaciones. Los problemas intentaban integrar contenidos pero no siempre respondían a situaciones ingenieriles. En ese momento no se evaluaba la capacidad justificar o argumentar en esta parte.

Seguidamente, para conocer el impacto del discurso del docente durante las clases, en el año 2013, inclusive en el 2014, las evaluaciones de acreditación incluyeron problemas muy similares a los de referencia pero, a diferencia de éstos, los primeros solicitaban justificación de los procedimientos en forma explícita además de consignas como: explique y argumente si está o no de acuerdo.

En 2016, se incluyeron, como parte de la evaluación, problemas que requerían para su correcta resolución, un profundo análisis de los enunciados, la discriminación de datos en necesarios e innecesarios, la selección del marco teórico apropiado y la expresión de textos justificativos.

Para 2017, los enunciados de los problemas en las evaluaciones fueron construidos teniendo en cuenta los mismos criterios que para la “*Guía de clases de problemas*”. Es decir, representaron una situación de interés ingenieril, con datos implícitos y otros que no serían de utilidad, con el requisito de considerar distintos marcos teóricos en el proceso de resolución, integrando conceptos. Además, se solicitó la justificación tanto de la selección de datos y el marco teórico como de los procedimientos algebraicos.

En síntesis, los resultados de la investigación educativa entre los años 2015 y 2017, basada fundamentalmente en los textos justificativos y argumentativos producidos por los estudiantes como parte de la resolución de problemas, han sido publicados previamente (Rodríguez *et al.*, 2018; y Relling *et al.*, 2018) y han mostrado que:

- I. después del cursado de la asignatura aumenta la cantidad de estudiantes que logra justificar una resolución, debido tanto al desarrollo de habilidades químicas, como también de índole lingüística;
- II. al justificar, los estudiantes deben poner en juego muchos conceptos y es aquí donde podemos evidenciar si hay errores en la comprensión de los mismos;
- III. el porcentaje de estudiantes que logran realizar los cálculos correctamente en todos los casos es superior a los que logran justificar los procedimientos.

Finalmente, se infiere que el hecho que muchos estudiantes logren resolver un cálculo pero no puedan justificarlo

correctamente puede deberse a diversos factores en forma independiente o conjunta como son:

- I. fortaleza en el conocimiento matemático;
- II. bajo desarrollo de la habilidad comunicarse con efectividad;
- III. conocimientos de conceptos químicos memorísticos, insuficientes para explicar el proceso realizado.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo, se mostraron los resultados del proceso de investigación-acción realizado sobre un grupo de docentes quienes cuestionan su propio desempeño en la profesión. Considerando que la investigación-acción debe conducir a cambiar, los cambios descriptos fueron incorporados al propio proceso de investigación, tanto como a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, ya que, para este equipo docente la reflexión no es de carácter aislado o catártico, sino que es grupal, dialéctica y sistematizada, tal como lo demuestran las publicaciones citadas y se evidencia en este trabajo.

La descripción estadística advierte una fuerte variación del número de estudiantes que transitan el cursado. Por semestre se inscriben para cursar Química entre 370 y 530 estudiantes. Sin embargo, la cantidad va disminuyendo, tanto en la asistencia como en la acreditación de las instancias de evaluación, llegando a un porcentaje en promedio de 38% promovidos (en los 6 semestres estudiados). Además, se reconoce que un cuarto de la población, al menos, ha recurrido la asignatura y, finalmente, que a lo largo del período estudiado no se encontró una tendencia significativa (ni aumento ni disminución) del abandono como de la promoción. Sin embargo, se evidenció que la riqueza de los textos argumentativos y justificativos sí se ha incrementado desde el comienzo del proyecto de investigación (año 2015). Este hecho es de gran importancia, ya que es sabido que la producción de textos argumentativos y justificativos por parte de los estudiantes es una valiosa herramienta, porque pone en evidencia procesos mentales y errores relacionados con conceptos y significados que no se detectarían a partir de un simple cálculo. Con respecto a este último concepto, por ejemplo, se han detectado concepciones alternativas que se suponían superadas, las cuales obligaron al equipo docente reformular las clases de nomenclatura y escritura para el aprendizaje del concepto “sustancia”. Estos resultados exigen del equipo docente realizar investigaciones similares profundizando mediante encuestas y entrevistas a los estudiantes para optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje tal que, una mayor cantidad de estudiantes logren los niveles de comprensión y expresión similares a los niveles alcanzados por este 38 % promedio de promovidos.

Respecto al desarrollo de la tarea docente, el foco estuvo en el conocimiento didáctico del contenido.

Particularmente, en la organización y planificación de la tarea docente, en aspectos tales como la producción del material didáctico, las evaluaciones de acreditación, la estructura de las clases, las reuniones docentes y la investigación educativa acerca de la resolución de problemas y de los textos producidos por los estudiantes en las evaluaciones de acreditación. Dichos aspectos, analizados desde la perspectiva cíclica de instancias de investigación-acción sobre la profesión docente, se evidencian en los resultados de este trabajo que demuestran un aprendizaje significativo y relevante de la didáctica de las ciencias del equipo de profesores.

Este proceso de reflexión sobre la propia práctica docente contribuyó positivamente al desarrollo profesional docente.

#### REFERENCIAS

CONFEDI (2018). *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo De Confedi”*. Disponible en: <https://confedi.org.ar/librorojo>. Consultado el: agosto de 2018).

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education. 6° ed. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

- Izquierdo, A. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *An. Asoc. Quím. Argent.*, 92(4-6), 115-136. Consultado en agosto de 2018.
- Montalvo-Romero, J.M. (2011). Innovación en la educación superior. ¿Anticipándonos al futuro?. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XLIV 567-578. ISSN: 1133-3677 AJEE, XLIV 567-578/ISSN 1133-3677.
- Mosquera, J. C. y Furió, C. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 115-154. ISSN 0214-4379.
- Pinto Cañón, G., Chavez Flores, A., Yunki, L. y Xu, J. (2005). Estrategias Educativas centradas en los alumnos para el aprendizaje de química en niveles universitarios. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 37. Segunda época, Julio-Setiembre 2005.
- Pinto, G., Ramírez, J., Arranz, M. C. M., Navarrete, D. P. y Urreaga, J. M. (2010). Evaluación de competencias: Un caso práctico en materias de química de titulaciones de Ingeniería. In: *Evaluación de competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (II Jornada)*. pp. 197-202. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España.
- Pliego, O. H. y Rodríguez, C. S. (2012). *Introducción a la Química General para Ingenierías y Ciencias Exactas*. Rosario: Editorial Magenta.
- Relling, V. M, Huergo, J., Disetti M. E., Faccendini P. L., Santoro, M. I., y Rodríguez, C. S. (2018). *IV Congreso Argentino de Ingeniería. X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería* (en prensa).
- Rivas, M. (2000). La innovación educativa. Madrid: Síntesis. En: Rimari-Arias, W. (2003). *La innovación educativa. Un instrumento de desarrollo*. Consultado en: <http://www.fundep.gob.pe/boletin/Innovacion.pdf>.
- Rodríguez C. S., Santoro, M. I. y Juárez, S. M. (2014). La enseñanza explícita de un modelo de “justificación química” en la resolución de ejercicios numéricos. *IV Jornadas de la Enseñanza de la Ingeniería*. pp. 49-54.
- Rodríguez, C. S., Santoro, M. I., Relling, V. M., Huergo, J. y Disetti, M. E. (2018). Evaluando capacidades específicas y genéricas que aportan a las competencias del ingeniero no químico en el curso de Química. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*. Disponible en: <http://fcai.uncuyo.edu.ar/memorias>. Consultado el: agosto de 2018.
- Rodríguez Sánchez, M. (2017). *Metodologías Docentes en el EEES: De la clase magistral al portafolio. La innovación educativa, instrumento de desarrollo*. Rimari-Arias, W. <http://www.fundep.gob.pe/boletin/Innovacion.pdf>.
- Sardà Jorge, A. y Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Investigación Didáctica. Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Solaz-Portolés J. J., Rodríguez Miguel, C., Gómez López, Á. y Sanjosé López, V. (2010). Conocimiento metacognitivo de las estrategias y habilidades mentales utilizadas para resolver problemas: Un estudio con profesores de ciencias en formación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 24, 139-152.

Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M. C., y Cantó y Guisasola. J. (2018). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1) 25-44.