



Nuevas estrategias de evaluación en actividades de laboratorio de Química Inorgánica en Ingeniería Química

New assessment strategies in laboratory activities of Inorganic Chemistry in Chemical Engineering

OLIVARES, Fernando Gabriel¹

Olivares, F. G. (2024). Nuevas estrategias de evaluación en actividades de laboratorio de Química Inorgánica en Ingeniería Química. *RELAPAE*, (20), pp. 92-108.

Resumen

El curso de Química Inorgánica, en el segundo cuatrimestre del primer año de Ingeniería Química, suele incluir nueve actividades experimentales con informes de laboratorio detallados. Sin embargo, se observó una repetición mecánica en los informes sin comprensión real de los cambios experimentales. Esto carecía de sentido pedagógico más allá de la comprobación de fenómenos químicos. En 2023, se implementaron nuevas estrategias de evaluación en las actividades de laboratorio, a saber, cuestionarios KPSI (Inventario de Conocimientos Previos), cambios en la modalidad de algunos trabajos prácticos y un nuevo formato de informe de laboratorio con preguntas centradas en contenido específico de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), promoviendo la cultura científica y la preparación para la ciudadanía consciente. Además, se introdujo la validación de un cuaderno de laboratorio digitalizado por el Jefe de Trabajos Prácticos. Las encuestas KPSI mostraron mejoras significativas en la comprensión y aplicación de conceptos. Aunque se simplificó el Informe de Laboratorio, algunos estudiantes necesitaron realizar una descripción más detallada de cada aspecto de este. La mayoría respondió correctamente a las preguntas, pero hubo algunas dificultades con problemas prácticos al aplicar los conceptos y técnicas vistos. El 75% de los estudiantes lograron regularizar la materia. Estos cambios iniciales muestran resultados alentadores, resaltando la necesidad de continuar mejorando la evaluación de las prácticas experimentales en Química Inorgánica para estudiantes de primer año de Ingeniería Química.

Palabras Clave: Química Inorgánica, actividades de laboratorio, cuestionarios KPSI, CTSA, portafolio electrónico, informe de laboratorio.

Abstract

The Inorganic Chemistry course, in the second semester of the first year of Chemical Engineering, usually includes nine experimental activities with detailed laboratory reports. However, mechanical repetition was observed in the reports without real understanding of the experimental changes. This had no pedagogical meaning beyond the verification of chemical phenomena. In 2023, new evaluation strategies were implemented in laboratory activities, including Knowledge and Prior Study Inventory (KPSI) questionnaires, changes in the modality of some practical assignments, and a new laboratory report format with questions focused on Science, Technology, Society and Environment (STSE) content, promoting scientific culture and preparation for informed citizenship. In addition, the validation of a laboratory notebook digitized by the Head of Practical Work was introduced. KPSI surveys showed significant improvements in understanding and application of concepts. Although the Laboratory Report was simplified, some students needed to provide a more detailed description of each aspect of it. The majority answered the questions correctly, but there were some difficulties with practical problems when applying the concepts and techniques seen. 75% of the students managed to regularize the subject. These initial changes show encouraging results, highlighting the need to continue improving experimental practices evaluations in Inorganic Chemistry for first-year Chemical Engineering students.

Keywords: Inorganic chemistry, laboratory activities, KPSI questionnaires, STSE, electronic portfolio, laboratory report.

¹ Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Argentina / folivares@uarg.unpa.edu.ar

Introducción

La química es una ciencia experimental que evidencia sus resultados en concordancia con leyes, modelos y teorías, siempre dependientes a los aspectos fenomenológicos de la naturaleza. Por lo tanto, el abordaje combinado desde la teoría y el laboratorio aporta una visión más realista y concreta del misterioso mundo de la materia, la energía y sus interacciones. Al mismo tiempo, rescatar la presencia de los fenómenos químicos en el mundo que nos rodea es enriquecedor, adiestra la observación, extiende el horizonte de intereses, estimula la curiosidad y permite verificar la profunda interconexión de los procesos naturales; se favorece la comprensión del dinamismo del conocimiento y el carácter en permanente evolución de la ciencia como actividad y como producto (Malanca y Solís, 2022).

Antecedentes

Las actividades experimentales de laboratorio son fundamentales para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química, tanto por la formación teórica que puede aportar a los estudiantes como por el desarrollo de las destrezas y competencias propias del trabajo experimental. Igualmente, influyen en ciertas habilidades del pensamiento de los estudiantes al desarrollo del concepto de ciencia. De hecho, la educación científica queda incompleta sin haber obtenido alguna experiencia en el laboratorio (López Rúa & Tamayo Alzate, 2012). Nakhleh, Polles y Malina (2002, citado en Galagovsky, 2007) reseñan investigaciones realizadas hasta el año 2002 sobre las ventajas, desventajas, expectativas y logros reales en la utilización del laboratorio en clases de química de nivel secundario. Como posturas extremas podemos citar, por un lado, quienes proponen que durante las prácticas de laboratorio los estudiantes alcanzan altos niveles de comprensión a partir de la verificación de principios químicos (competencias de dominio cognitivo) y, simultáneamente, adquieren entrenamiento en destrezas técnicas (capacidades motoras). En el otro extremo, encontramos que se cuestionan los pocos beneficios que aportaría el trabajo de laboratorio en relación con el tiempo invertido por estudiantes y docentes. Particularmente estas críticas ponen en evidencia que muchas de las destrezas motoras supuestamente aprendidas durante el laboratorio, no son las que luego necesitarían los estudiantes para realizar trabajos en el nivel universitario o en industrias reales. Asimismo, se advierte que cuando el laboratorio sólo supone ejercicios de verificación de lo visto en teoría, los estudiantes se desmotivan, disminuye su curiosidad. Desde esta perspectiva, este tipo de actividades serían perjudiciales para la valoración de la asignatura y perfectamente reemplazables con demostraciones.

López Rúa y Tamayo Alzate (2012), al caracterizar las prácticas de laboratorio orientadas en un programa de Licenciatura en Biología y Química en la Universidad de Caldas, Colombia reflexionan que las actividades experimentales son unos de los aspectos clave de la enseñanza y el aprendizaje por la fundamentación teórica, el desarrollo de habilidades y destrezas propios del trabajo experimental y de capacidad de pensamiento de los estudiantes que les permite forjarse una concepción de ciencia derivada del tipo y finalidad de las actividades propuestas. Los autores citan la opinión de Gil et al. (1999) respecto a que tanto profesores como estudiantes asocian intuitivamente las prácticas de laboratorio con el trabajo científico. Por lo tanto, las prácticas de laboratorio deben favorecer el análisis de resultados por parte de los estudiantes y esto se logra aboliendo la estructura tipo receta de las guías, lo cual posibilita la elaboración y puesta en común de un informe final que dé cuenta de los aprendizajes no solo conceptuales, sino también procedimentales y actitudinales. Esta investigación confirma que en las prácticas actuales se le da más importancia al aprendizaje de conceptos y menos a los procedimientos y las actitudes, que son igualmente importantes en la construcción del conocimiento científico. Por lo tanto, actividad experimental no solo debe ser vista por los docentes como una herramienta de conocimiento, sino como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Acuña et al. (2018) de la Universidad de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales describen y analizan las guías de trabajos prácticos de laboratorio de once asignaturas del campo disciplinar Química del ciclo básico de ocho carreras de grado y pregrado, considerando los contenidos, estructura, diseño y objetivos, además de encuestar a una muestra de estudiantes sobre la potencialidad del material didáctico. Los autores destacan que para favorecer un aprendizaje más estratégico y competente resulta necesario diseñar nuevas estrategias de enseñanza facilitadoras de la utilización de los saberes en contextos cambiantes para los estudiantes, por lo tanto, las estrategias de enseñanza deben poseer un conocimiento funcional, aplicable a situaciones reales, que superen ampliamente lo aprendido. Lo anterior supone delinear y proponer cambios en las actividades prácticas que permitan delegar en los estudiantes mayores responsabilidades sobre sus propios saberes, de lo contrario los estudiantes no siempre logran entender los fenómenos desarrollados, establecer conexiones con la teoría o aplicar los procedimientos en otras experiencias o contextos. Citando a Pozo (2008), los autores destacan que los estudiantes de los primeros años todavía

están adaptándose a la vida universitaria, por lo tanto, necesitan un material didáctico que despierte su interés, como el relacionado con el quehacer científico experimental, a fin de estimular la curiosidad, favorecer inquietudes y propiciar la posibilidad de que ellos mismos evolucionen a aprendizajes más complejos.

Se debe tener en cuenta que la enseñanza de las ciencias experimentales se ha caracterizado por la demostración y la evidencia de las relaciones causa-efecto de los fenómenos naturales que ocurren en la naturaleza, convirtiendo así a los trabajos prácticos de laboratorio en una herramienta indispensable para el estudio de los principios y leyes que los gobiernan. (Siso Pavón et al., 2009). El estudio llevado a cabo por Acuña et al. (2018) evidenció como resultado de las entrevistas a los estudiantes que, en general, desean realizar las prácticas experimentales por sí mismos desde un comienzo y que aquellas actividades que despiertan su interés son aquellas en las que perciben cambios visibles, como la aparición de precipitados o cambios en la coloración, mientras que las que no se destacaban por algún aspecto en particular no resultaron atractivas. Si bien es cierto que el carácter experimental de las ciencias no se valora solamente por este criterio, sí puede constituirse en una opción válida para atraer y cautivar a estudiantes de primer año.

Revisando los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza universitaria en la literatura especializada y la evaluación y el diseño de estas, Lorenzo (2020) expone un marco teórico para pensar las prácticas en el laboratorio de química, por ejemplo, pensando los trabajos prácticos como un triángulo en el que interactúan tres niveles representacionales diferentes que han de ser tenidos en cuenta para su genuina comprensión: macro, submicro y simbólico. Expone así una lista de criterios para el análisis de un trabajo práctico: a) desde el punto de vista de la enseñanza: si el tiempo necesario para la implementación de la actividad práctica es adecuado a las condiciones y planificación curricular, si los recursos materiales son fáciles de conseguir a un costo razonable, si el número de docentes permite una buena relación numérica docente/alumno; b) desde el punto de vista de la disciplina: qué contenidos disciplinares se incluyen en los trabajos prácticos, si existe transferencia de los mismos, cómo se evalúan y qué impacto tiene la evaluación sobre los trabajos prácticos en sí mismos; y, c) desde el punto de vista de los aprendizajes que promueve: si los estudiantes tienen los conocimientos previos necesarios para la realización del trabajo práctico, si propician aprendizajes significativos, si facilitan la adquisición autónoma del conocimiento, si favorecen destrezas generales y específicas, y cómo y en qué momento se evalúan los aprendizajes construidos durante el trabajo práctico.

Antes de la Ley Federal de Educación se consideraba que la finalidad de la enseñanza de química en la escuela secundaria era la de formar futuros estudiantes de carreras científicas, es decir, un objetivo totalmente propedéutico. Sin embargo a partir de la Ley Federal, este objetivo cambió: la idea central debía ser la alfabetización científica de los ciudadanos y ciudadanas, lo cual implicaba necesariamente disminuir la importancia de los contenidos tradicionalmente considerados como estrictamente disciplinares, para dar espacio curricular a aspectos situados en el campo más prioritario de la comprensión pública de la ciencia, de sus procedimientos, de las vinculaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTSA) para fomentar actitudes positivas hacia la ciencia. Este enfoque explícito en los aspectos teóricos de los documentos de la reforma de los años 90 no se condijo con el extensísimo listado de contenidos básicos comunes que debían ser enseñados en el área de Química, propuestos por expertos científicos universitarios que, al parecer, apuntaban todavía a formar egresados de la escuela secundaria listos para ingresar al sistema universitario científico (Galagovsky, 2007).

Sanmartí y Alimenti (2018) analizaron las actividades planteadas en las clases de químicas relativas al modelo didáctico haciendo alusión a que numerosos estudios demuestran que la evaluación es la variable que más condiciona el desarrollo y la aplicación de un currículo. Respecto a la influencia del contenido y de las características de los exámenes externos del área de Ciencias en el currículo que los profesores enseñan mencionan que las actividades del aula se orientan fundamentalmente a preparar a los alumnos para que sean capaces de resolverlos con éxito. Si no incluyen, por ejemplo, preguntas en relaciones a trabajos prácticos, no se realiza ninguno en clase, y si los problemas y cuestiones planteados no parten del análisis o interpretación de situaciones reales (CTSA), la enseñanza tampoco se propone desarrollar en los alumnos estas capacidades. Por lo tanto, profundizan en algunas características de la evaluación que ayude a que la mayoría de los alumnos construyan conocimiento significativo, a saber, que la condición necesaria para que los alumnos aprendan es que autoevalúen y regulen sus errores; quien corrige los errores es el propio alumno; reconceptualicen el estatus del error: de ser algo que se debe esconder ha de pasar a ser algo totalmente normal y positivo en cualquier proceso de aprendizaje; éstos no pueden ser sancionados y, en cambio, deben ser considerados el eje del trabajo colectivo; dar 'notas' para cada actividad inhibe el carácter regulador que puedan tener: la nota debería ser percibida como la consecuencia de la calidad del trabajo realizado para aprender y tiene sentido al final del proceso, no a lo largo de él.

Barraqué et al. (2021) concluyen que el aprendizaje de la Química durante el primer año de la universidad presenta dificultades propias de la disciplina asociadas a lo abstracto de algunos contenidos y a los diferentes niveles de representación necesarios para su abordaje. Además de la dimensión disciplinar, los ingresantes tienen que habitar una institución que se les presenta con reglas y ordenes simbólicos diferentes a los que están habituados y que demanda más autonomía y responsabilidad. Así, a la no sencilla tarea de incorporar un importante volumen de nuevos conceptos y contenidos en un breve lapso se suma el desafío de “aprender a ser estudiante universitario”. Este aprender incluye el abandono de la actitud pasiva respecto al estudio, asociada a una concepción bancaria de la educación, que predomina en el currículum de los niveles primario y secundario, para adoptar la actitud autónoma y propositiva respecto del aprendizaje, necesaria durante la formación de grado. Según Freire (2023), en vez de comunicarse, el educador hace comunicados y depósitos que los educandos, meras incidencias, reciben pacientemente, memorizan y repiten. Tal es la concepción bancaria de la educación, en que el único margen de acción que se ofrece a los educandos es el de recibir los depósitos, guardarlos y archivarlos. Estas características redundan en un importante grado de deserción y un gran porcentaje de alumnos que no logra acreditar las asignaturas. Este contexto interpela acerca de las metodologías tradicionales para la enseñanza y la evaluación de la química durante el primer año de la universidad según los autores. Estudios similares dan cuenta de la complejidad a la que se enfrentan los ingresantes universitarios en el cursado de Química General durante el primer año de su carrera analizando a su vez la deserción académica y la repitencia (Muruga et al., 2017; Oliver et al., 2011; mientras que Sandoval, Mandolesi y Cura, (2013) analizaron diferentes estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior.

Las estrategias de autoevaluación han estado en el centro de las investigaciones educativas hace algunas décadas, necesaria para el aprendizaje efectivo, mejorando el desempeño académico, con resultados positivos sobre la autoeficacia y las estrategias de aprendizaje autorregulado de los estudiantes. El proceso básico de la autoevaluación se basa en que el estudiante comprenda el desempeño deseado, reconozca su desempeño actual y realice alguna acción para finalmente cerrar la brecha entre el desempeño presente y el deseado (Guerra y Segovia, 2020).

Dentro de las estrategias e instrumentos de autoevaluación, existen cuestionarios que buscan medir el conocimiento previo o actual de los estudiantes, como el *Knowledge and Prior Study Inventory* (KPSI) diseñado por Young y Tamir el año 1977, comúnmente traducido “Inventario de Conocimientos Previos”. Tiene como característica ofrecer continuidad en el proceso evaluativo, presentando la posibilidad de realizar dos instancias de evaluación, pudiendo tener funciones de evaluación diagnóstica y como evaluación formativa de cierre. Este instrumento se destaca por tener una estructura adaptable a cualquier escenario educativo, ya que se debe construir con los resultados de aprendizaje y contenidos de cada asignatura o actividad (Diaz et al., 2022; Guerra y Segovia, 2020). Es un instrumento breve y muy fácil de utilizar. Permite: hacer la evaluación diagnóstica de los conocimientos previos del estudiante de manera rápida; y que aprendices y docente identifiquen las dificultades de aprendizaje. Esto posibilitará la planificación de estrategias y medios didácticos eficaces para el logro de un aprendizaje significativo. Conocer lo que creen que saben sobre determinadas cuestiones se ha revelado tan útil como conocer lo que realmente saben (Márquez et al., 2013; Villegas y Zuluaga, 2001).

En la disciplina Química diversos estudios dan cuenta del uso de cuestionarios KPSI como herramienta diagnóstica de contenidos específicos en estudiantes de primer año de nivel universitario. Estos tienen por objetivo fundamental, establecer el proceso de desarrollo de cada sujeto antes de iniciar una determinada actividad científica de enseñanza y aprendizaje, a fin de adecuarlo a sus necesidades, motivaciones y expectativas como se ha insistido en los últimos años en la literatura de investigación en didáctica de las ciencias experimentales (Arellano et al., 2008; Lazo Santibáñez, 2012; y se analizan preconceptos a la hora de realizar las actividades en Miño, Abril y Rodríguez, (2013).

Este instrumento además favorece la metacognición, relacionada por Crispín Bernardo et al. (2011) con el proceso donde el estudiante autorregula su aprendizaje y toma conciencia de sus propios procesos cognitivos y socio-afectivos. Según Varela (2006, citado por Lazo, 2012) la metacognición es la cognición de la cognición, el conocimiento sobre cómo se conoce, mientras que Lazo (2012) la define como la forma individual de conocer la propia manera de aprender y pensar. Por ende, la misma consiste primariamente en un conocimiento acerca de los factores o variables que interactúan afectando el desarrollo y los resultados de las experiencias de aprendizaje. Representa el nivel superior del aprendizaje autorregulado y como tal, abarca el conocimiento de los propios procesos y contenidos mentales ahondando la reflexión, conciencia, autorregulación y la autonomía de sus propios procesos formativos, todos lo que nos son de utilidad en momentos de autoevaluación (Guerra y Segovia, 2020; Márquez et al., 2013).

El espacio curricular Química Inorgánica de la carrera de Ingeniería Química se dicta presencialmente en el 2º cuatrimestre del 1º año en la Unidad Académica Río Gallegos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral. El 40 % de la carga horaria total está destinada a las actividades experimentales de laboratorio, en la cual se conjugan los saberes teóricos y prácticos del espacio curricular. Es correlativa obligatoria de la Química General. En dicha materia

solo se realizan 4 actividades de laboratorio durante el último mes de cursado, por lo tanto, el mayor contacto y consolidación de los y las estudiantes con procedimientos y técnicas propias del laboratorio químico se produce en Química Inorgánica, donde desarrollan por el programa 9 actividades prácticas.

Para ello se establece por curriculum una carga horaria de 8 horas semanales, de las cuales 2 son para la teoría y 6 para la práctica, que incluye seminarios, laboratorios y resolución de problemas. Las actividades de laboratorio se desarrollan en un lapso de 4 horas en turno vespertino, con un intervalo de unos 30 minutos de descanso y refrigerio para el estudiantado. Para acreditar esta instancia fundamental se requiere cumplimentar la asistencia, participación y entrega final del informe de laboratorio de al menos 8 de las 9 actividades prácticas del programa, que, junto con las exposiciones grupales y los exámenes parciales aprobados, permiten acceder a la regularización de la materia.

Desde hace años los informes de laboratorio tuvieron el formato: título, objetivo, materiales utilizados, procedimientos, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas. Los mismos debían contener todas las reacciones químicas de las experiencias y sus respectivos resultados cualitativos y/o cuantitativos, tales como precipitados, desprendimiento de gas o de calor, masas, volúmenes, concentraciones y pH medidos en soporte papel. Asimismo, para complementar la clase teórica, la presentación o resolución de los problemas en lápiz y el mismo soporte de los seminarios dictados.

Si bien los estudiantes entregaron históricamente este informe en la forma indicada, se observó que los mismos eran extremadamente extensos y tomaba mucho tiempo su elaboración, con una extensión media de 11 páginas (mínimo 5, máximo 17). Esto llevó a que no sólo se convirtieran en una repetición mecánica de lo realizado en la práctica, sino que algunos alumnos presentaban copias idénticas del informe, aún aquellos que recursaban la materia, presentaban el mismo del año anterior sin advertir los cambios que se habían realizado en los experimentos de un año al siguiente.

Las actividades de aprendizaje en el laboratorio pueden constituir un marco idóneo para el desarrollo de competencias transversales tales como “aplicación y pensamiento práctico”, “análisis y resolución de problemas”, “trabajo en equipo y liderazgo”, etc. Por este motivo, un elemento clave para evaluar su adquisición y definir los puntos de control puede ser la evaluación del trabajo de laboratorio, para que se constituya en un aprendizaje que va más allá de lo puramente manipulativo o de la adquisición de conocimientos teóricos. Ello exige un profundo cambio metodológico, tanto en su finalidad, organización y diseño como en los instrumentos de evaluación utilizados. En este contexto, la incorporación a los informes de laboratorio de actividades de reflexión crítica puede proporcionar una información valiosa (Llorens-Molina, 2015). Por lo tanto, se decidió cambiar el formato y la metodología de entrega de los informes de laboratorio, al igual que incorporar nuevos instrumentos de autoevaluación, y así podenderar de una forma más objetiva el aprendizaje del alumnado en las actividades experimentales.

Materiales y métodos

Se implementó una serie de cuestionarios KPSI antes (A) y después (D) de cada práctica, seleccionando 6 de las 9 por cuestiones operativas de la cátedra, a fin de evaluar el proceso de metacognición durante la misma. El trabajo práctico (TP) inicial que constaba de preparación de todas las soluciones que se utilizarían durante la cursada, en esta oportunidad se cambió por una modalidad tipo seminario, con el mismo formato de actividad práctica, pero ejercitando el cálculo de concentraciones, preparación de soluciones, dilución de ácidos concentrados y uso de sales inorgánicas higroscópicas. Se acordó que con dichos cálculos se prepararían los reactivos necesarios al ingreso de cada laboratorio experimental según cada caso. Por cuestiones de cronograma, las últimas 2 actividades prácticas se unificaron en una jornada de trabajo extendida. Se realizó la experiencia de electrólisis en forma teórica y luego experimental, bajo campana de extracción de gases; al tiempo que, mientras se desarrollaba el experimento se realizaron las reacciones de complejamiento y precipitación de metales de transición. Por lo tanto, estas tres actividades de laboratorio fueron excluidas del cuestionario KPSI, una por cambio de modalidad y las otras por la unificación del trabajo práctico. Así es que de las 9 prácticas cuatrimestrales se utilizaron las 6 correspondientes a los TP 2 a 7 para el presente estudio. Igualmente, en virtud de la proximidad del segundo examen teórico de la materia no se solicitó la entrega del Informe de Laboratorio correspondiente al grupo de los Halógenos (TP 7), por lo tanto, este insumo no estuvo disponible para la evaluación en el portafolio digital.

La implementación de este nuevo instrumento de evaluación incluyó entre 3 y 4 preguntas relativas a los saberes teóricos y procedimentales de los temas abordado en la actividad experimental, con una autoevaluación al inicio de la clase y la misma al final de la jornada. Se clasificaron las respuestas numéricas en 1: “no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo”, 2: “lo leí o escuché, tengo una vaga idea”, 3: “lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo”, y 4: “puedo hacerlo y explicarlo”. Luego de la administración del cuestionario a los estudiantes y previo a cada experiencia se indagó a todos los jóvenes sobre los conceptos teóricos y procedimentales que fundamenta la práctica, formulando preguntas,

seleccionando equipamiento e instrumental específico, estableciendo hipótesis y aventurando posibles resultados, a fin de establecer nexos entre los conocimientos previos y los que se pretenden adquirir en las diversas actividades. Esta instancia particular incluyó a los ingresantes y los recusantes, ya que ambos grupos debían tener claro estos aspectos antes de realizar cada experiencia, así, los conocimientos teóricos que han analizado, estudiado e incorporado previamente les permita realizar luego el proceso metacognitivo al final de la clase. Este instrumento de autoevaluación no fue validado por una comunidad de expertos. Los resultados cuantitativos fueron analizados con el software informático InfoStat®.

Además, se reformuló el contenido del informe de laboratorio para la entrega. Con el fin de no perder el espíritu del antiguo formato se decidió habilitar un portafolio electrónico para que cada estudiante suba copias digitalizadas del Cuaderno de Laboratorio, aparte del Nuevo Informe. El cuaderno de laboratorio podía ser una libreta, un cuaderno o incluso el mismo TP en donde se registrasen en tiempo real el armado de los equipos, los instrumentos utilizados y los fenómenos químicos cuali-cuantitativos producto de las experiencias, mientras que el informe de laboratorio es el que debían confeccionar los estudiantes con consignas relacionadas con el TP pero no necesariamente la práctica experimental, sino más bien, su comprensión, explicación o aplicación en otros ámbitos fuera del laboratorio. El cuaderno de laboratorio debía ser visado por el jefe de trabajos prácticos antes de retirarse del recinto, lo cual oficiaba como constancia de asistencia. A su vez, el nuevo formato de Informe de Actividades Prácticas” constó de 4 o 5 preguntas en donde se relacionaban los saberes adquiridos con contenido Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) tomados de fuentes multimedia, problemas reales de laboratorio, noticias de actualidad y aspectos relacionados con las clases teóricas. Los informes debían tener, en lo posible, una carilla de extensión. En el portafolio electrónico se debían subir tanto la copia fiel digitalizada del cuaderno de laboratorio como el Informe de laboratorio, una vez confeccionado. El portafolio ofició como bitácora de cursada de los TP de cada estudiante, en el cual ambos instrumentos fueron evaluados por el jefe de trabajos prácticos y sirvieron de insumo para que el estudiante conociera sus aciertos y desaciertos durante la actividad experimental, mediante el cuaderno de laboratorio, y la aplicación o transferencia de ese conocimiento a otros campos del saber, al igual que su relación con los conceptos teóricos vistos en clase con la profesora adjunta, mediante el informe de laboratorio. La Tabla 1 muestra tres de los cuestionarios KPSI utilizados durante la cursada.

Tabla 1. Ejemplo de las preguntas confeccionadas para las encuestas KPSI realizadas en los dos momentos de la clase de los TP relativos al grupo del Hidrógeno, del Nitrógeno (parte 1) y Halógenos.

T.P. Nº 3	T.P. Nº 5 parte1		T.P. Nº 7
Preguntas	A	D	Preguntas
El color de los diferentes metales sometidos a la llama directa			¿Cómo se obtienen los óxidos de nitrógeno?
Relación entre la solubilidad de una sal y su K_{ps}			¿Por qué se utiliza MnO_2 y H_2SO_4 en la producción del Cl_2 gaseoso?
Capacidad de un metal de reaccionar con ácidos y bases			¿Por qué se utiliza cloroformo en los tubos de ensayo con KBr y KI ?
Tipo de reacción que ocurre con algunos metales y el oxígeno			¿Cuáles son sus propiedades?
			¿Cuáles son los procesos físicos en la obtención de yodo?
			Acción del ácido nítrico sobre el azufre
			¿Qué sucederá al agregar yodo a soluciones de KI y $Na_2S_2O_3$?

Autoevaluación = 1: no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo; 2: lo leí o escuché, tengo una vaga idea; 3: lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo; 4: puedo hacerlo y explicarlo.

Fuente: elaboración propia.

Se consensuó entre la profesora adjunta y el asistente de docencia de la cátedra que la autoadministración del cuestionario KPSI sería voluntaria y que los datos recabados serían anonimizados. Mientras que el portafolio con el informe de laboratorio y el cuaderno de laboratorio debían ser subidos a la plataforma web utilizando para ello Google Classroom®. Allí serían colectados y evaluados, recibirían retroalimentación y correcciones y, finalmente, dado el caso, podrían acreditar las actividades prácticas.

El cuestionario KPSI se constituyó como un insumo de evaluación diagnóstica (inicial) y formativa (continuada) para aquellos estudiantes que optaron por participar, mientras que el portafolio electrónico con la retroalimentación del jefe de trabajos prácticos y la corrección individual de los nuevos informes de laboratorio de respuestas abiertas fueron los insumos para la evaluación formativa, que, al final del cuatrimestre aportaban a la evaluación sumativa, que certificaba la adquisición de los conocimientos y destrezas propias de las actividades experimentales de la asignatura.

La tabla 2 muestra la cantidad de preguntas que se plantearon por cuestionario KPSI y el número de actividades de cada Informe de Laboratorio que fue evaluado en el presente trabajo, durante la cursada 2023 de Química Inorgánica.

Tabla 2. Cantidad total de preguntas de los cuestionarios KPSI y de actividades de los Informes de Laboratorio administrados y evaluados a los estudiantes de Química Inorgánica durante el ciclo lectivo 2023.

Cantidad total de	Tipo de evaluación	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5 p. 1	TP 5 p. 2	TP 6	TP 7
Preguntas	KPSI	<i>No se realizó</i>	7	4	4	4	3	3	4
Actividades	Informe	4	3	5	4	4	4	4	<i>No se evaluó</i>

Fuente: elaboración propia.

Resultados

En la cohorte 2023 se inscribieron 16 estudiantes, de los cuales 14 debían realizar las actividades prácticas de laboratorio, mientras que 2 personas que recursaban la materia ya las tenían aprobadas del año anterior, habían cumplimentado todas las instancias prácticas, sin haber acreditado los exámenes parciales. Del total de inscriptos al laboratorio, 7 eran ingresantes (50 %) mientras que el resto eran recursantes por haber abandonado la materia durante cursadas anteriores o no acreditaron ni la teoría ni la práctica correspondiente. Es decir, los ingresantes culminaron sus estudios secundarios en el año 2022 y regularizaron Química General en el 1º cuatrimestre del año 2023; mientras que los recursantes ya habían transitado por la asignatura Química Inorgánica sin cumplir con los criterios de regularidad.

Las encuestas KPSI fueron realizadas en 6 semanas consecutivas en el Laboratorio C1 de la Unidad Académica Río Gallegos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral durante las clases experimentales, e incluyeron los siguientes temas: Hidrógeno; Grupos de Metales Alcalinos, Metales Alcalinotérreos y Aluminio; Grupo del Carbono, Grupo del Nitrógeno (parte 1 y parte 2), Grupo del Oxígeno y Grupo de los Halógenos. Se excluyeron la actividad de preparación de soluciones y los temas de Elementos de Transición y Electrólisis, como ya se mencionó.

Los Informes de Laboratorio evaluados sí incluyeron el primer TP que da cuenta de la preparación de soluciones, realizada mediante ejercicios de lápiz y papel en modalidad de seminario y puesta en práctica al inicio de cada actividad, a medida que se iban necesitando los reactivos correspondientes. Se informa la cantidad de preguntas incluidas en los cuestionarios KPSI y el número de actividades de cada Informe de Laboratorio evaluado durante el cuatrimestre en la Tabla 2.

Al ser voluntaria la participación en las encuestas, solo una alumna recursante decidió no participar en la autoevaluación; sin embargo, entregó todos los Informes de Laboratorio. Los resultados numéricos de las autoevaluaciones fueron analizados estadísticamente y las frecuencias acumuladas de las respuestas de los 13 participantes se muestran en la Tabla 3 y los gráficos de barras de las Figuras 1 a 3, en la cual se explicitan los dos momentos de la autoevaluación, antes y después, de tres de los TP (grupo del Hidrógeno, del Nitrógeno - parte 1 - y Halógenos), utilizando el mismo instrumento con preguntas diferentes en cada uno, relacionadas con cada TP. Todas las preguntas planteadas en los cuestionarios KPSI tienen igual valoración. Las diferencias entre los dos momentos son bastantes marcadas, siempre la autoevaluación promedio de los estudiantes es mayor al final (D) de la clase que cuando ingresaron a la misma (A).

Figura 1. Resultados de las encuestas KPSI correspondiente a los grupos de metales alcalinos, alcalino térreos y aluminio.

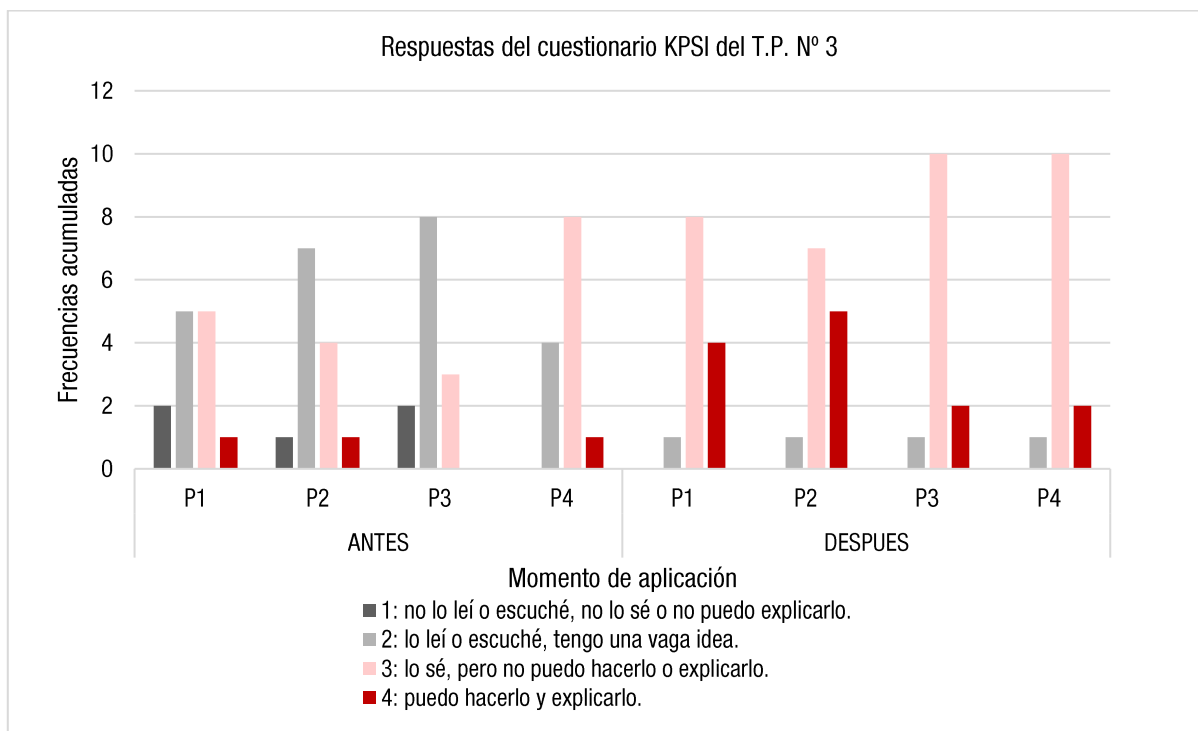
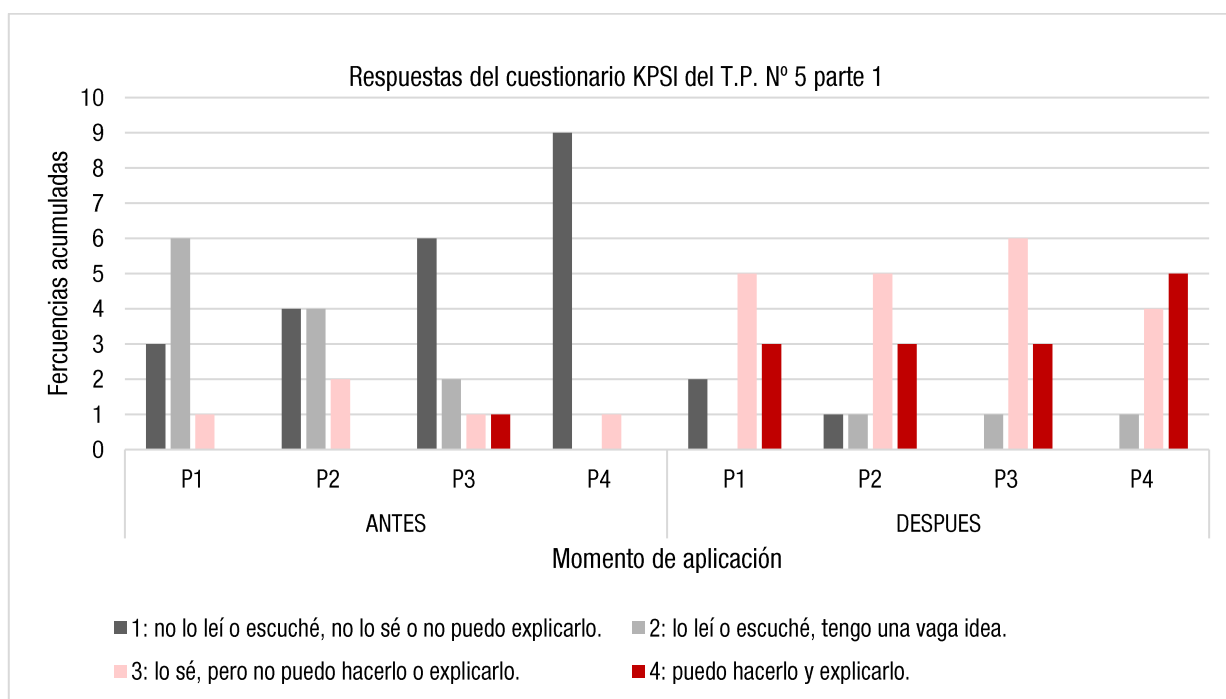


Figura 2. Resultados de las encuestas KPSI correspondiente al grupo del nitrógeno (primera parte).



La Tabla 3 muestra los resultados de las categorías KPSI en valores absolutos acumulados y relativos porcentuales de cada TP en relación a las respuestas de los estudiantes a las categorías del cuestionario KPSI planteadas. Para la construcción de esta se sumaron todas las respuestas de cada pregunta de los estudiantes que asistieron y participaron en los TP de acuerdo con la clasificación seleccionada por cada uno, considerando la cantidad de veces que las distintas opciones: 1, 2, 3 ó 4 fueron elegidas. Mientras que el valor relativo porcentual corresponde a cada ítem de la variable respecto del total de respuestas. De acuerdo con las encuestas KPSI la autoevaluación de los y las estudiantes tuvo un aumento en la categoría 3 (“lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo”) de entre el 22 % y el 58 % y en la categoría 4 (“puedo hacerlo y explicarlo”) de entre el 15 % y el 32 %, con el consiguiente descenso en la categoría 1 (“no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo”) de entre el 5 % y el 19 % y la categoría 2 (“lo leí o escuché, tengo una vaga idea”) de entre el 11 % y el 40 %.

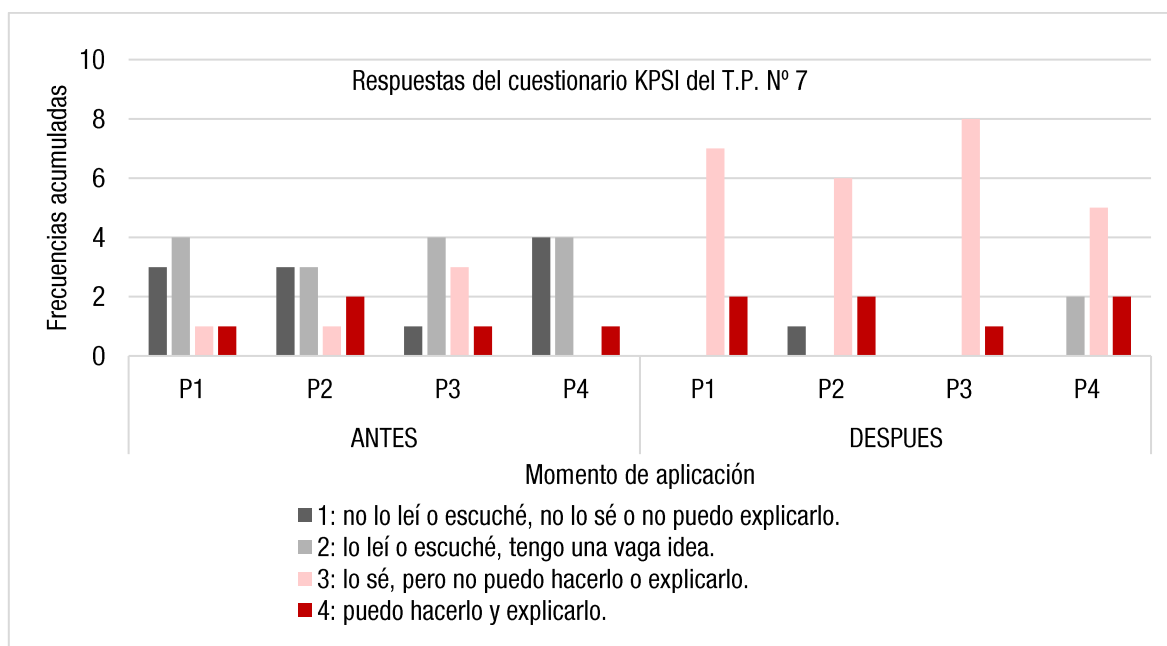
Tabla 3. Resultados de las encuestas KPSI realizadas en los dos momentos de la clase.

KPSI	TP 2		TP 3		TP 4		TP 5 p1		TP 5 p2		TP 6		TP 7	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1	8 (10%)	8 (10%)	5 (10%)	0 (0%)	7 (13%)	3 (6%)	22 (55%)	3 (8%)	9 (33%)	1 (4%)	6 (18%)	1 (3%)	11 (31%)	1 (3%)
2	26 (30%)	9 (11%)	24 (46%)	4 (8%)	26 (50%)	5 (10%)	12 (30%)	3 (8%)	7 (26%)	4 (15%)	13 (39%)	3 (9%)	15 (41%)	2 (6%)
3	29 (35%)	33 (39%)	20 (38%)	34 (67%)	18 (35%)	30 (57%)	5 (13%)	20 (50%)	11 (41%)	17 (62%)	12 (37%)	21 (64%)	5 (14%)	26 (72%)
4	21 (25%)	34 (40%)	3 (6%)	13 (25%)	1 (2%)	14 (27%)	1 (2%)	14 (34%)	0 (0%)	5 (19%)	2 (6%)	8 (24%)	5 (14%)	7 (19%)

Fuente: elaboración propia.

Las Figuras 1, 2 y 3 dan cuenta de la sumatoria de cada alternativa en las respuestas individuales a las preguntas específicas antes y después de la aplicación del cuestionario en los tres ejemplos seleccionados y expuestos en la Tabla 1, mientras que la Tabla 3 muestra los resultados globales de todo el curso respecto de la misma selección de la variable “Autoevaluación”, indistintamente de cuántas fueran las preguntas planteadas en cada TP, de acuerdo a la descripción detallada en la Tabla 2.

Figura 3. Resultados de las encuestas KPSI correspondiente al grupo de los halógenos.



Fuente: elaboración propia.

Se incluyen ejemplos de los cálculos llevados a cabo con las frecuencias absolutas de las Figuras 1 a 3 a fin de interpretar correctamente el análisis global de los resultados expuestos en la Tabla 3. En esta se muestran los valores absolutos acumulados y porcentuales relativos de las respuestas del estudiantado que asistió a esos TP y participó en el estudio. Las frecuencias acumuladas absolutas y las frecuencias relativas porcentuales que se muestran en las Tablas 4, 5 y 6, son las expuestas en la Figura 3 de datos totales del estudio. En dichas tablas se contabilizan las frecuencias absolutas de los estudiantes a las preguntas de los cuestionarios KPSI en los dos momentos de la clase.

Tabla 4. Resultados de las encuestas KPSI aplicados durante el TP 3 en los dos momentos de la clase.

	MOMENTO	P1	P2	P3	P4	MOMENTO	P1	P2	P3	P4
Estudiante A	A	2	2	3	4	D	4	3	4	4
Estudiante B	A	3	1	2	2	D	4	4	2	3
Estudiante C	A	2	2	1	2	D	3	4	3	3
Estudiante D	A	1	2	2	3	D	3	3	3	3
Estudiante E	A	1	3	2	3	D	3	4	4	3
Estudiantes F	A	4	3	3	3	D	4	3	3	3
Estudiante G	A	2	3	2	3	D	3	3	3	3
Estudiante H	A	3	2	2	3	D	3	2	3	3
Estudiante I	A	3	2	1	2	D	3	4	3	2
Estudiantes J	A	2	4	2	3	D	2	4	3	3
Estudiante K	A	3	2	2	3	D	3	3	3	3
Estudiante L	A	3	2	3	3	D	4	3	3	4
Estudiante M	A	2	3	2	2	D	3	3	3	3
Clasificación del cuestionario KPSI	Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta				Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta			
1	5 (10 %)	2	1	2	0	0 (0 %)	0	0	0	0
2	24 (46 %)	5	7	8	4	4 (8 %)	1	1	1	1
3	20 (38 %)	5	4	3	8	35 (67 %)	8	7	10	10
4	3 (6 %)	1	1	0	1	13 (25 %)	4	5	2	2

Autoevaluación = 1: no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo; **2:** lo leí o escuché, tengo una vaga idea; **3:** lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo; **4:** puedo hacerlo y explicarlo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Resultados de las encuestas KPSI aplicados durante el TP 5 parte 1 en los dos momentos de la clase.

	MOMENTO	P1	P2	P3	P4	MOMENTO	P1	P2	P3	P4
Estudiante A	A	1	1	1	1	D	3	3	3	3
Estudiante C	A	1	1	1	1	D	3	2	3	3
Estudiante D	A	2	2	2	1	D	3	3	3	3
Estudiante E	A	2	2	3	1	D	4	4	4	4
Estudiante G	A	2	1	1	1	D	3	3	3	3
Estudiante H	A	2	2	2	3	D	4	4	3	4
Estudiante I	A	2	2	1	1	D	3	3	3	4
Estudiante J	A	1	1	1	1	D	1	3	4	4
Estudiante K	A	2	3	1	1	D	1	1	2	2
Estudiante L	A	3	3	4	1	D	4	4	4	4

Clasificación del cuestionario KPSI	Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta				Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta			
		3	4	6	9		2	1	0	0
1	22 (55 %)	3	4	6	9	3 (8 %)	2	1	0	0
2	12 (30 %)	6	4	2	0	3 (8 %)	0	1	1	1
3	5 (13 %)	1	2	1	1	20 (50 %)	5	5	6	4
4	1 (2 %)	0	0	1	0	14 (34 %)	3	3	3	5

Autoevaluación = 1: no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo; 2: lo leí o escuché, tengo una vaga idea; 3: lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo; 4: puedo hacerlo y explicarlo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Resultados de las encuestas KPSI aplicados durante el TP 7 en los dos momentos de la clase.

	MOMENTO	P1	P2	P3	P4	MOMENTO	P1	P2	P3	P4
Estudiante B	A	1	1	2	1	D	3	3	3	3
Estudiante C	A	1	4	2	1	D	4	4	3	3
Estudiante F	A	3	3	3	4	D	3	3	3	4
Estudiante G	A	2	2	2	2	D	3	3	3	2
Estudiante H	A	2	2	2	2	D	3	3	3	3
Estudiante I	A	2	1	1	2	D	3	3	3	3
Estudiante J	A	2	1	3	2	D	3	1	3	3
Estudiante K	A	4	2	3	1	D	3	3	3	2
Estudiante L	A	1	4	4	1	D	4	4	4	4

Clasificación del cuestionario KPSI	Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta				Frecuencia acumulada absoluta (Frecuencia relativa porcentual)	Frecuencia absoluta			
		3	4	6	9		2	1	0	0
1	11 (31 %)	3	3	1	4	1 (3 %)	0	1	0	0
2	15 (41 %)	4	3	4	4	2 (6 %)	0	0	0	2
3	5 (14 %)	1	1	3	0	26 (72 %)	7	6	8	5
4	5 (14 %)	1	2	1	1	7 (19 %)	2	2	1	2

Autoevaluación = 1: no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo; 2: lo leí o escuché, tengo una vaga idea; 3: lo sé, pero no puedo hacerlo o explicarlo; 4: puedo hacerlo y explicarlo.

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los Informes de Laboratorio se diseñaron para ser confeccionados en una sola página, sin embargo, muchos estudiantes utilizaron dos o tres. Todos los TP incluyeron la misma pregunta inicial: “¿Qué objetivos se cumplieron con las experiencias de las actividades prácticas relativas al... (hidrógeno, metales alcalinos y alcalinotérreos, grupo del Carbono, etc.)? ¿En qué grado?”. En este punto se indagó si los estudiantes podían identificar los objetivos del TP, a veces explícitos otras implícitos. Igualmente, si podían explicitar en respuestas abiertas si se alcanzaron los mismos, en virtud de su experiencia particular. La pregunta fue abierta, sin opciones de respuestas del tipo categórica ordinal, a saber: muy poco o nada, poco, medianamente suficiente, suficiente, y mucho.

Algunos estudiantes no detallaron los objetivos de la actividad experimental ni indicaron el nivel de cumplimiento en ninguno de los seis informes o solo apreciaron la actividad práctica sin explicitar los objetivos. Sin embargo, dos jóvenes sí pudieron identificar los objetivos y a su vez graduar el nivel de cumplimiento de estos, siendo el caso de los Estudiantes F (recursante) sobre el TP 1: *“En clase logré completar la mitad de los ejercicios, finalizando la otra mitad más tarde en mi casa. La ventaja al haber contado con estos cálculos hechos previamente a la hora de ponerlos en práctica en el laboratorio fue que no se perdía tiempo haciendo los cálculos de cuánto se necesitaba de ciertos elementos o soluciones para cumplir con los experimentos, simplemente necesitaba mirar mis hojas y poner en práctica en los próximos prácticos de laboratorio los resultados obtenidos”* y L (ingresante) sobre el TP 2: *“Los objetivos cumplidos con respecto a las actividades prácticas fueron la obtención de hidrógeno por desplazamiento de metales, obtención de hidrógeno por desplazamiento de sodio y propiedades del hidrógeno de manera efectiva”*.

El resto de las preguntas de cada TP incluía puntos del tipo resolución de problemas reales mediante aplicación de lo realizado en el laboratorio, cuestiones socio-científicas del tipo CTSA o aspectos teóricos del contenido disciplinar de la materia. En relación a la aplicación de lo aprendido en el TP 1 de preparación de soluciones la consigna 4 fue la siguiente: *“Resulta que la concentración de tu solución es demasiado elevada para medirla en el equipo de análisis que tienes disponible, ¿cómo resolverías ese inconveniente?”*. Las respuestas de algunos ingresantes fueron las siguientes, estudiante D: *“Buscaría los materiales necesarios para poder hacer la mayor cantidad que pueda, realizando el procedimiento varias veces hasta conseguir la cantidad. No es la forma más eficaz, rápida ni segura ya que al terminar todas las preparaciones no tendría un volumen exacto como si fuera con los materiales requeridos para tal cantidad”*, y estudiante L: *“Si la concentración de mi solución es demasiado elevada para medirla en mi equipo de análisis solucionaría este inconveniente diluyendo mi solución hasta que sea medible”*. Mientras que los recursantes resolvieron el problema de la siguiente manera, estudiante I: *“Para medir una concentración que es demasiado elevada para el equipo de medición se lo puede realizar de manera indirecta diluyendo la solución, al hacer esto la concentración disminuye pero la cantidad de soluto sigue siendo la misma por lo que pueden igualarse las relaciones, que se tienen antes y después de la dilución, que implican que $\text{mol} = (\text{molaridad} * \text{volumen})$, por lo que: $M_i V_i = M_f V_f \rightarrow M_i = \frac{M_f V_f}{V_i}$ ”*. O simplemente considerar que la cantidad de soluto no cambia al hacer la dilución.

En TP 2 se abordan las propiedades particulares del elemento hidrógeno, no metálico, ubicado en primer lugar del grupo I en la Tabla Periódica. El informe incluía la siguiente actividad: *“El año pasado se cumplieron 85 años de la tragedia de Hindenburg (“el Titanic de los aires”). ¿cómo estuvo implicado este elemento tan particular que estudiamos en el laboratorio? Desarrolla en base a las experiencias realizadas”*. Se adjuntó a la pregunta la imagen principal de un artículo periodístico que conmemoró el hecho (del Blanco, 2022).

En este caso las respuestas tuvieron diversos grados de desarrollo en cuanto a relacionar un acontecimiento histórico mundial con las experiencias de la actividad práctica. Algunas respuestas fueron las siguientes: ingresante D *“Este punto no fue realizado ya que no he podido encontrar el artículo correspondiente a lo solicitado”* e ingresante E: *“El hidrógeno es altamente inflamable en presencia de oxígeno (Experiencia N°3: Propiedades del hidrógeno), y esta propiedad se demostró en el caso del Hindenburg. Cuando el dirigible se incendió, el hidrógeno que llenaba los compartimentos se inflamó violentamente al entrar en contacto con el oxígeno del aire, causando un incendio devastador. A raíz de este desastre, se abandonó el uso del hidrógeno en dirigibles y se optó por el uso de helio, un gas no inflamable. Esto llevó a una mejora significativa en la seguridad de la aviación y la prevención de futuras tragedias relacionadas con el hidrógeno en el transporte aéreo. En el laboratorio se pudo observar la producción de hidrógeno y verificar algunas de sus propiedades, como su inflamabilidad y su menor densidad en comparación con el aire”*.

En el TP 3 se utilizaron elementos metálicos alcalinos y alcalinotérreos. La consigna 3 indicaba: *“Se experimentó con la solubilidad relativas de dos tipos de sales. ¿podrías explicar las relaciones evidenciadas en la precipitación del sobrenadante de las soluciones? ¿Cómo se relaciona con su solubilidad? Desarrolla con algún ejemplo de sales naturales que formen estructuras geológicas conocidas”*. Se adjuntó a la pregunta la imagen ilustrativa del blog *“Diferencias entre estalactitas y estalagmitas: ¿qué son y cómo se forman?”* (Ingeoexpert, 2019).

Algunas respuestas a destacar son las de la ingresante G: *“Para el desarrollo de este laboratorio, trabajamos con sales cromatos y sulfatos, el objetivo es observar y evaluar por medio de la solubilidad (Kps) el cómo y por qué precipita una sustancia a partir de una solución saturada. Se observa cómo dependiendo de la solubilidad de la sal, el sobrenadante presenta mayor o menor concentración de iones de la misma. Relaciones evidenciadas (generalidades): - A menor Kps se observa una mayor cantidad de precipitado y una reducida concentración de iones presentes en el sobrenadante. - A mayor Kps se observa una menor cantidad de precipitado, se disuelve fácilmente, esto genera mayor concentración de iones de la sal en el sobrenadante. Esto fue evidenciado a través del experimento de llevar a cada uno de los sobrenadantes de las soluciones al horno.”*

El recursante I: *“Pudo comprobarse que tanto la solubilidad de los sulfatos y cromatos respectivos de Ca, Sr y Ba disminuyen al descender en el grupo cuando extrayendo una alícuota del sobrenadante de sus soluciones sobresaturadas y evaporando se presenta menos cantidad de soluto sólido en el mismo orden, esto se debe a que al disminuir la solubilidad, el soluto se disocia en menos proporción por lo que se encuentran menos cantidad de iones en solución, iones que al evaporar el disolvente en el que se encuentran vuelven a formar la sal sólida. El carbonato de calcio (CaCO_3) está muy difundido en la corteza terrestre, este es muy insoluble en agua (1,3 mg en 100 g de agua) pero se disuelve bastante en una solución acuosa de ácido carbónico debido al CO_2 atmosférico formando así bicarbonato de calcio soluble ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$); capaz de ser transportados por los ríos. Este bicarbonato no es aislable por lo que por calentamiento se descompone desprendiendo CO_2 y precipitando el CaCO_3 neutro cristalino; es así como se forman las concreciones calcáreas, por ejemplo, estalactitas y estalagmitas de las grutas”.*

El TP 5 aborda las propiedades del grupo del Nitrógeno, en el cual se pregunta acerca del antimonio: *“¿Está de acuerdo con el siguiente enunciado: ‘Los niveles de antimonio que se encuentran en el medioambiente son más bajos que los niveles conocidos por causar problemas de salud’? Justifique”.* Algunos razonamientos al respecto fueron los de la ingresante E: *“Mi opinión básicamente sería que se necesitaría información específica sobre los niveles de antimonio en el medioambiente y compararlos con los estándares de seguridad establecidos por las autoridades reguladoras ya que es esencial realizar monitoreos regulares y evaluaciones de riesgos para determinar la presencia y concentración de antimonio en diferentes entornos. Además, es crucial considerar cualquier cambio en los patrones de exposición y entender los posibles efectos acumulativos de diversas fuentes de exposición a lo largo del tiempo”* y, para el recursante I: *“Las concentraciones de antimonio en el aire oscilan entre una muy pequeña parte de un nanogramo en un metro cúbico (m^3) de aire (ng/m^3) y aproximadamente $170 \text{ ng}/\text{m}^3$. Sin embargo, en lugares cercanos a compañías que transforman el mineral de antimonio en metal o producen óxido de antimonio, las concentraciones pueden estar por encima de $1.000 \text{ ng}/\text{m}^3$. La exposición a 9 miligramos de antimonio por metro cúbico de aire (mg/m^3) durante largo tiempo puede causar irritación de los ojos, la piel y los pulmones. Respirar $2 \text{ mg}/\text{m}^3$ de antimonio durante largo tiempo puede causar problemas pulmonares, cardíacos, dolor estomacal, diarrea, vómito y úlceras estomacales. Conclusión: el enunciado es correcto. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs23.pdf”.*

Finalmente, en relación con el TP 6 sobre el grupo del Oxígeno se indaga sobre un aspecto teórico de importancia analítica en las prácticas de laboratorio: *“¿Cuál es la función del almidón en los experimentos relacionados con la oxidación del tiosulfato?”.* Al respecto los ingresantes H y E respondieron: *“Al utilizar Lugol, el almidón sirve como indicador de presencia de yodo o yoduro, al oxidarse el tiosulfato en tetrionato el yodo (solución color azul) se reduce en yoduro (solución incolora) lo que nos indica de la presencia indirectamente del tetrionato”* y *“La función del almidón en los experimentos relacionados con la oxidación del tiosulfato es proporcionar un indicador visual que revela la formación de yodo durante la reacción. La formación del complejo azul de almidón con yodo permite a los experimentadores detectar fácilmente el punto en el cual se ha consumido todo el tiosulfato, indicando así el final de la reacción de oxidación”.* Mientras que para el recursante F: *“En los experimentos relacionados con la oxidación del tiosulfato ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), el almidón cumple la función de indicador, haciendo que la solución se vuelva azul en presencia de yoduro e incolora en su ausencia. En esta experiencia se formó Lugol (I_2) agregando tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), donde la solución pierde el color del Lugol, volviéndose amarillo paja, luego azul al agregar el almidón. Luego continuamos goteando tiosulfato de sodio para obtener lo que buscamos, que la solución se vuelva incolora al desaparecer el yoduro”.*

En comparación con los informes de laboratorios entregados en años anteriores, con el mismo formato y hasta igual contenido, el uso de preguntas abiertas relacionadas con los contenidos teórico-práctico, del portafolio electrónico y la posibilidad de dar retroalimentación asincrónica de cada TP, permitió que la mayoría de los estudiantes que no habían aprobado alguna actividad experimental resolvieran el problema anexando las correcciones solicitadas o respondiendo a los comentarios y se reevaluaran las actividades prácticas en cuestión. Del total del alumnado, 6 ingresantes y 6 recursantes regularizaron la materia, constituyendo el 75% de la matrícula del año 2023, con 3 ausentes y 1 reprobado.

Discusión y conclusiones

Al analizar la autoevaluación KPSI del TP 2 se evidencia que la cantidad de preguntas eran demasiado numerosas para ser respondidas adecuadamente, en relación al tiempo concedido en clase para tal fin, aproximadamente 15 o 20 minutos. Por ende, el resto de los TP tienen solo 3 ó 4 preguntas, a fin de favorecer el proceso metacognitivo y autorregulación del propio aprendizaje.

Como se deriva de las Figuras 1 a 3 y de la Tabla 2 con la aplicación de los cuestionarios KPSI, los estudiantes tuvieron la oportunidad de autoevaluar qué sabían o no en dos momentos del trabajo práctico y así corregir sus estrategias de

aprendizaje, con la guía de los docentes y el diálogo con sus pares. Asimismo, la información dada por el cuestionario KPSI es relevante tanto para el docente como para el estudiante, ya que se pone en evidencia lo que el estudiante universitario en las prácticas experimentales de química inorgánica realmente sabe, lo que supone saber y lo que no sabe o debe profundizar. Al tiempo que el docente tiene la oportunidad de adecuar, modificar y planificar estrategias didácticas eficientes y corregirlas en los casos necesarios (Márquez et al., 2013).

Los resultados evidencian que la gran mayoría logró mejorar en el desempeño de las categorías 3 y 4 del cuestionario KPSI, sin embargo, el porcentaje del alumnado que podía hacerlo y explicarlo fue más bajo que el que solo lo sabía, pero no podía hacerlo ni explicarlo. Igualmente, teniendo en cuenta que cada TP tenía una duración de 4 horas reloj, con un intervalo de descanso, el descenso en las categorías 1 y 2, “no lo leí o escuché, no lo sé o no puedo explicarlo” y “lo leí o escuché, tengo una vaga idea” fue significativamente menor después de realizada la actividad práctica. Esto evidencia que los propios estudiantes consideran que habían aprendido, aunque hay que reforzar la capacidad de autonomía y seguridad en el desempeño de cada uno para lograrlo y confección una explicación.

El KPSI aparece como una estrategia de autoevaluación que se aplica a dos instancias en el laboratorio, en busca de propiciar que los estudiantes realicen progresos en la metacognición de sus aprendizajes, pudiendo contrastarlos frente a una escala. Y, además, se puede desarrollar en el laboratorio. Es un instrumento válido para la práctica metacognitiva, porque induce necesariamente la introspección. Al ser de carácter formativo y sin calificación, la sinceridad en las respuestas permite evaluar e identificar las fortalezas y debilidades en el aprendizaje de una manera franca y enfocada en su proceso, con un evidente progreso académico (Guerra-Zúñiga y Segovia-Chamorro, 2020).

Respecto a la reestructuración de las actividades prácticas es significativo el cambio de haber reemplazado el lugar y el momento de las actividades del TP 1 “Preparación de soluciones”. Resulta muy poco atractiva la experiencia de preparar soluciones con reactivos incoloros ya que la inexistencia de cambio de coloración apreciables en la tonalidad de la solución no permite establecer relaciones con el aumento o la disminución de la concentración, más allá de que se hayan realizado los cálculos previamente (Acuña et al., 2018). En cambio, la experiencia áulica de resolución del TP revisando los cálculos de concentraciones, las conversiones entre las diversas formas de expresión de las mismas, la dilución de ácidos y el concepto de pesaje de sales hidratadas que se practicó en la cursada previa de Química General, resultó sumamente útil; si bien hubo que considerar una parte del tiempo inicial de cada TP para la preparación de las soluciones del día.

Es fundamental, además, integrar la utilización del instrumental de laboratorio y las técnicas adecuadas de su uso en la carrera de Ingeniería Química. Ya que, en el primer año de de la carrera los estudiantes cursan Química General y Química Inorgánica, asignaturas que permiten el primer contacto de los estudiantes con la disciplina. Lorenzo (2020) declara que el laboratorio de ciencias debe servir para la enseñanza de los diferentes métodos y técnicas que se utilizan en la actividad experimental, tales como familiarizarse con el equipamiento, las mediciones, observaciones, registro de datos, diseño de experimentos, etc., que corresponden a procedimientos intelectuales y sensoriomotores. También advierte que estas actividades deben presentarse a los estudiantes de un modo desafiante y no como una tarea mecánica de baja demanda cognitiva. Por lo tanto, es apropiado interpelarse en la práctica cuál es la forma en que se enseñan este tipo de procedimientos, sobre todo cuando son fundantes en la profesión.

En cuanto a los Informes de Laboratorio, la modificación de estos conllevó a que se dejase la estructura tipo receta para las Actividades Prácticas para dar paso a otros aspectos valorados positivamente como el desarrollo de competencias transversales en el proceso de aprendizaje e identificar aquellos negativos o problemáticos que puedan obstaculizarlo, minimizándolos. Evitando así caer en la mera comprobación experimental de los fenómenos químicos propios de las clases teóricas y de problemas. Entre los aspectos positivos relacionados con el entorno social, se encuentran los vínculos con la vida cotidiana, aplicaciones industriales y aspectos comerciales. Los relacionados con el ámbito académico y el cada TP: conocimiento y aplicación de nuevas técnicas y familiarización con los elementos del laboratorio en general; y para el ámbito personal (reflexión sobre el propio aprendizaje): autocrítica, carácter atractivo o motivador del TP en general. Dentro de los aspectos negativos a limitar se encontraron: desconocimiento de los objetivos integrales de cada TP y desconocimiento de los particulares de cada etapa en el TP (Llorens-Molina, 2015). Muy pocos estudiantes lograron cuantificar el grado del logro del TP en forma personal. No se observaron diferencias al respecto entre alumnos ingresantes y recursantes.

Ahora bien, respecto al resto de actividades de los TP se destaca que algunos estudiantes no pudieron precisar de forma eficaz cómo identificar la concentración de una solución demasiado alta para determinarla analíticamente con un instrumento de laboratorio específico, sin embargo, la gran mayoría dio cuenta de que debía realizar una dilución. La respuesta más acertada fue la del recursante I, que propuso una dilución para luego obtener la concentración inicial por comparación entre volúmenes de ambas soluciones: la concentrada y la diluida. Es interesante que pudiera establecer una comparación.

En el caso del Titanic, es significativo que la ingresante D no haya podido acceder al hipervínculo insertado en la pregunta del Informe de Actividades Prácticas, lo cual evidencia la brecha digital existente aún a un semestre de haber ingresado al ámbito universitario. En el cuaderno de laboratorio de la estudiante, cada TP fue subido a la plataforma digital con fotos individuales, cuando la consigna era un solo archivo en formato PDF. Esto demuestra la necesidad de instruir al estudiantado en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) previamente a la implementación de estas en las actividades áulicas, si se desea que los recursos tecnológicos no se conviertan en un obstáculo para el aprendizaje. Ambos grupos, ingresantes y recursantes, pudieron relacionar las experiencias de laboratorio con el artículo periodístico citado, tal vez los recursantes con un mayor detalle describiendo las reacciones químicas que dieron lugar al fenómeno ilustrado en la imagen del Hindenburg en llamas.

Respecto a la relación de la solubilidad con el equilibrio de precipitación de las sales poco solubles de calcio, estroncio y bario, la mayoría identificó la relación entre el K_{ps} (constante del producto de solubilidad) y la cantidad de iones en solución. Sin embargo, igualan solubilidad con K_{ps} , como si fueran sinónimos y son conceptos diferentes, si bien, están relacionados. Solo algunos estudiantes explicitaron qué sucede con la solubilidad de las sales cuando se varía de metal en un determinado grupo de la tabla periódica.

En el TP 5, al momento de debatir si estaban de acuerdo o no con la afirmación sobre el antimonio: 'Los niveles de antimonio que se encuentran en el medioambiente son más bajos que los niveles conocidos por causar problemas de salud', resulta muy interesante cómo se posicionó cada estudiante en su argumentación, incluso aportando datos concretos y bibliografía respaldatoria. Pudieron realizar una correcta apreciación de la toxicidad del elemento y los niveles de exposición al que se exponen el ciudadano común y el trabajador de la industria química, además de la necesidad de consultar la legislación vigente al respecto y su cumplimiento. Por último, la resolución de la pregunta seleccionada del TP 6: "¿Cuál es la función del almidón en los experimentos relacionados con la oxidación del tiosulfato?" es muy importante, ya que ninguna de las opciones desarrolladas por los estudiantes fue del todo correcta. No se explicita que el almidón se acompleja con el anión triyoduro (almidón + I_3^- → complejo almidón-triyoduro), no con el yodo molecular (I_2) como afirman tanto H y E. Incluso F establece que la solución se vuelve incolora cuando desaparece el anión sin reconocer el proceso de óxido reducción, por lo que es una observación falsa. El yodo se reduce al anión yoduro haciendo incolora la solución. Esto resulta particularmente relevante pues el uso cualitativo del almidón como indicador se utilizó en la Actividad Práctica 4 de Química General en el primer cuatrimestre. Más tarde en la Actividad Práctica 3 de Química Inorgánica y, finalmente, en la Actividad Práctica 6 de la misma asignatura. Por lo tanto, este tipo de interrogantes acerca del uso de una determinada técnica de laboratorio pone de manifiesto la apropiación o no del contenido en las instancias individuales en las que se empleó. En definitiva, se puede concluir que las nuevas estrategias de evaluación en las actividades de laboratorio de Química Inorgánica en la carrera de Ingeniería Química aquí presentadas son relevantes para la autoevaluación y autorregulación del aprendizaje de los jóvenes ingresantes, los estudiantes que recursan la materia y, también, para que el cuerpo docente sepa qué sabe, qué cree saber y qué no sabe cada alumno respecto de los conceptos teóricos y prácticos específicos del área. Uno de los caminos planteados por la cátedra para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje en relación con las labores experimentales fue la incorporación definitiva de los cuestionarios KPSI con preguntas abiertas que invitan a los procesos metacognitivos antes y después de cada trabajo práctico, asignándoles el tiempo que demande la actividad y la ponderación correspondiente en la evaluación formadora y sumativa. Esta autoevaluación incluso podría extenderse al alumnado de Química General en el primer cuatrimestre, ya que las actividades prácticas se llevan a cabo luego de la mitad del semestre, cuando los estudiantes han adquirido ciertos conocimientos de química.

Por ende, esta primera aproximación a la evaluación de las prácticas de laboratorio para los estudiantes de primer año arroja un panorama prometedor para seguir indagando y profundizando en la enseñanza y aprendizaje a través de las actividades experimentales en Química Inorgánica.

Referencias bibliográficas

Acuña, M. G., Marchak, G. M., Medina, G. E., Baumann, A. J., & Lorenzo, M. G. (2018). Descripción y análisis de las guías para las experiencias de laboratorio de química. Su influencia en la construcción de conocimientos. *Educación en la Química*, 24(01), 24–36. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/212>.

Arellano, M., Jara, R., Merino Rubilar, C. G., Quintanilla Gatica, M. R., & Cuellar, L. (2008). Estudio comparativo de dos instrumentos de evaluación diagnóstica aplicados a profesores de Química en formación: Un estudio piloto. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7(1), 1–22. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen07/ART1_Vol7_N1.pdf.

Barraqué, F., Sampaolesi, S., Briand, L. E., y Vetere, V. (2021). La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química*, 1(32), 58–73. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760>.

Crispín Bernardo, M. L., Doria Serrano, M. del C., Rivera Aguilera, A. B., De la Garza Camino, M. T., Carrillo Moreno, S., Guadarrama, L. G., Patiño Domínguez, H., Caudillo Zambrano, L., Fregoso Infame, A., Martínez Sánchez, J., Esquivel Peña, M., Loyola Herмосilla, M., Costopoulos de la Puente, Y., y Athié Martínez, M. J. (2011). *Aprendizaje Autónomo: Aprendizaje para la docencia*. Universidad Iberoamericana. <https://ibero.mx/web/files/publicaciones/aprendizaje-autonomo.pdf>.

del Blanco, D. (6 de mayo de 2022). A 85 años de la tragedia de Hindenburg: el día que “el Titanic de los aires” explotó en los Estados Unidos. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/estados-unidos/a-85-anos-de-la-tragedia-de-hindenburg-el-dia-que-el-titanic-de-los-aires-exploto-en-los-estados-nid06052022/#:~:text=El%206%20de%20mayo%20de,cuidad%20de%20Lakehurst%2C%20Nueva%20Jersey>.

Díaz, L. B., Herrera, N. E., Nappa, N. R., y Pandiella, S. B. (2022). Estudio de la competencia digital “comunicación y colaboración” en estudiantes de un profesorado en química. *Educación en la Química*, 28(02), 102–110. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/38>.

Freire, P. (2023, junio). *La concepción “bancaria” de la educación*. (J. Mellado, Trad.). Escuela/DOSSIER. [Entrada de blog]. <https://www.revistadelauniversidad.mx/articles/b7c0262d-0470-4c5f-b63d-74fff82223a3/la-concepcion-bancaria-de-la-educacion#:~:text=%E2%80%8B%20En%20vez%20de%20comunicarse,los%20dep%C3%B3sitos%2C%20guardarlos%20y%20archivarlos>.

Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. Aprender química: Una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6(Sup, mayo), 1–13. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86309909.pdf>.

Guerra, M., y Segovia, J. (2020). KPSI como herramienta de autoevaluación metacognitiva en el desarrollo de la competencia intercultural en salud en medicina. *Journal of Health and Medical Sciences*, 4(6), 26–275. <https://revistas.uta.cl/pdf/111/a5-johamsc-guerra-014-20-269-275-2020-1.pdf>.

Ingeoexpert. (1 de octubre de 2019). *Diferencias entre estalactitas y estalagmitas: ¿qué son y cómo se forman?* [Entrada de blog]. <https://ingeoexpert.com/2019/10/01/diferencia-entre-estalactitas-y-estalagmitas/>.

Lazo Santibáñez, L. (2012). Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la química general para estudiantes de primer año de universidad. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 12(23), 66–89. <https://revistas.umce.cl/index.php/dialogoseducativos/article/view/1061/2643>.

Llorens-Molina, J. A. (2015). *Los informes de laboratorio. Su contribución al desarrollo y evaluación de las competencias transversales*. 1–15. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2015.2015.1618>.

López Rúa, A. M., y Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145–166. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>.

Lorenzo, M. G. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, 21, 15–34. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/AulaUniversitaria/article/view/8217>.

Malanca, F. E., y Solís, V. M. (2022). *La Química en el mundo que nos rodea: Un abordaje teórico y experimental* (2a ed mejorada). Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/30212>.

Márquez, A. P., Muñoz de Camacho, S., Velazco, N., y Romero, C. (2013). Autorregulación del Aprendizaje en Estudiantes de odontología de clínica integral del adulto. *Revista Odontológica de Los Andes*, 8(1), 26–33. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/odontoula/article/view/7011>.

Miño, L., Abril, D., y Rodríguez, M. (2013). Ideas previas sobre la química en alumnos que ingresan a la carrera de pedagogía en ciencias de la Universidad Católica del Maule, Chile. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Núm. Extra, 2335–2341. <https://repositorio.ucm.cl/handle/ucm/1148>.

Muruaga, M. G., Muruaga, M. L., Vece, M. B., y Galindo, M. C. (2017). Rendimiento académico en química general en las Ciencias Naturales: Universidad Nacional de Tucumán. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 27(19), 39–45. <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/326/229>.

Oliver, M. C., Eimer, G. A., Bálsamo, N. F., y Crivello, M. E. (2011). Permanencia y abandono en química general en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional—Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Argentina. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(2), 117–129. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627682011>.

Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E., y Cura, R. O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y Educadores*, 16(1), 126–138. <https://www.redalyc.org/pdf/834/83428614007.pdf>.

Sanmartí, N. y Alimenti, G. (2018). La evaluación refleja el modelo didáctico análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación Química*, 15, 120. <https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66198>.

Siso Pavón, Z., Briceño Soto, J. M., Álvarez Prieto, C., & Arana Arenque, J. (2009). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Química. Un primer acercamiento. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 9(18), 139–161. <https://revistas.umce.cl/index.php/dialogoseducativos/article/view/1115>.

Villegas, M. E., & Zuluaga, C. P. (2001). Procesos de la autorregulación del aprendizaje desde la Cátedra Universitaria, una experiencia para compartir. *Revista Universidad Eafit*, 37(124), 43–54. <https://repository.eafit.edu.co/items/b76ca41d-9731-488b-b4a7-93f18f5515a5>.

Fecha de recepción: 6-5-2024

Fecha de aceptación: 25-7-2024