

Estudio de diseño acerca de la enseñanza de las transformaciones de la materia en la educación universitaria (periodo 2020-23)

Design-based research about the teaching of matter transformations in university education (period 2020-23)

Lautaro Bosco¹, Lucía Imhoff^{1,2} y Juliana Huergo^{1*}

¹ Área Química, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina.

² Instituto de Física Rosario, Blvd. 27 de Febrero 210 Bis, CP 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina.

*E-mail: jhuergo@fceia.unr.edu.ar

Resumen

Se presenta un estudio de diseño sobre la enseñanza de las transformaciones de la materia en la asignatura Química de la Licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, de la Universidad Nacional de Rosario. El objetivo fue introducir un cambio didáctico, atendiendo a dificultades en la comprensión y modelización de las situaciones problemáticas que se evidencian en las respuestas de las evaluaciones, en la baja cantidad de estudiantes que acredita la asignatura y, finalmente, en su desempeño a lo largo de la carrera. Se realizó en cuatro ciclos anuales y debió adecuarse por la pandemia de covid-19. El cambio propuesto se basó en integrar las actividades teóricas, experimentales y de cálculo estequiométrico incorporando recursos multimedia, por lo que se enmarcó en la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. La investigación fue de carácter mixto, con entrevistas, encuestas, análisis de informes de laboratorio y de instrumentos incluidos en evaluaciones. Entre los resultados se observó un bajo porcentaje de aprobación de la asignatura desde el año 2020. Esta situación no ha logrado revertirse a pesar de los esfuerzos del equipo docente, por lo que se está indagando acerca de los pesares que afectan a los grupos estudiantiles que impiden recuperar el rendimiento académico de antaño.

Palabras clave: Estudio de diseño; Cambio didáctico; Transformaciones de la materia; Integración teoría-práctica.

Abstract

This paper presents the stages of a Design-Based Study about the teaching of Matter Transformations within the Chemistry curriculum of the Licentiate's degree in Physics of the Faculty of Exact Sciences, Engineering and Surveying, National University of Rosario. The objective was to introduce a didactic change in the teaching of the topic Matter Transformations, taking into account The study was carried out in four annual cycles, it was framed in a research project accredited by the university. and had to be adapted due to the unforeseen events caused by the covid-19 pandemic. The proposed didactic change was based on the integration of theoretical-experimental activities and stoichiometric calculation, incorporating multimedia resources. This is why this project was framed in the Multimedia Learning Theory. The investigation adopted a mixed approach, combining quantitative and qualitative analysis methods, carrying out interviews, surveys, analysis of laboratory reports and instruments included in evaluations. Among the results, a low percentage of approval was observed since 2020, which could not be reversed despite the multiple efforts made by the teaching team.

Keywords: Design-based study; Didactic change; Matter transformations; Integration of theoretical-experimental activities.

I. INTRODUCCIÓN

La deserción estudiantil es entendida como el abandono de la formación académica, independientemente de las condiciones y modalidades de presencialidad, es decisión de cada persona y no obedece a un retiro académico forzoso (Smulders Chaparro, 2018). Esta es una situación que aqueja a todas las universidades y carreras del mundo (Sánchez, 2012), por lo tanto, nuestro país y la Universidad Nacional de Rosario no quedan ajenos a esta problemática. La universidad, desde el punto de vista financiero, pertenece a la administración pública, lo que implica un presupuesto otorgado por el Estado para sus gastos académicos y administrativos, por ende, el fracaso académico es una situación que no solo atañe al estudiante y a su entorno más cercano, sino a la sociedad en general. La marcada deserción estudiantil en los primeros años universitarios exhorta a reflexionar sobre la relación docente-estudiante-conocimiento, base de la práctica docente. El modelo centrado en el academicismo, y en la transmisión del conocimiento ya elaborado, fracasa si no se entiende que la educación es un proceso de formación integral, de acceso al pensamiento crítico, creativo y proactivo, y de construcción del saber con miras a fomentar en la juventud la conciencia de aprender, la habilidad de estudiar y el rigor intelectual. Es indiscutible que estamos asistiendo a un cambio sustancial en la manera en que cada estudiante construye el saber y, como docentes, debemos ser partícipes de esa construcción (Sandoval, Mandolesi y Cura, 2013). La realidad educativa a nivel nacional muestra que la mayor parte de quienes enseñan Química en los primeros años del nivel universitario se quejan de la merma en la eficiencia del aprendizaje que detectan en las jóvenes generaciones de estudiantes. Por otro lado, en el ejercicio de las prácticas docentes se han detectado distintas problemáticas: por un lado, docentes que plantean dificultades desde lo didáctico para enseñar química a estudiantes que recién arriban al sistema universitario y, por otro, la escasez de contenidos mínimos necesarios para construir los saberes correspondientes al campo de la disciplina en los primeros años de la universidad. Como resultado, se observa una baja cantidad de estudiantes capaces de aprobar la asignatura durante el cursado. Además, el proceso educativo y las estrategias didácticas requieren el máximo esfuerzo por parte del personal docente para poner de manifiesto las interrelaciones entre los contenidos provenientes de la escuela secundaria y aquellos que se van aprendiendo a lo largo del curso. Esta cuestión es una preocupación generalizada que comparten docentes de distintas disciplinas al momento del ingreso de los estudiantes que inician su trayectoria en la universidad. Por otro lado, el acceso a la educación universitaria de un público estudiantil cada vez más heterogéneo en términos de su perfil socioeconómico, educativo y en aspiraciones académicas y laborales, demanda que las universidades exploren nuevos caminos pedagógicos e institucionales para lograr que el estudiantado se gradúe, adquiriendo además los saberes y habilidades necesarias para desenvolverse en su campo académico y profesional.

Para enseñar química se debe lograr que cada estudiante pueda adquirir capacidades que fomenten el pensamiento reflexivo y crítico en la interpretación de los fenómenos cotidianos, capacidades que generen también actitudes y valores en torno al aprendizaje de las ciencias. Entonces, una de las preocupaciones que moviliza el trabajo docente se centra en cómo plantear las estrategias de enseñanza de la Química, de forma tal que cada estudiante no solo tenga los conocimientos necesarios para comprender la disciplina, sino también sienta motivación para estudiarla. Es necesario, entonces, que la función docente no se limite solo a transmitir conocimientos, sino que se identifique con la enseñanza de los aspectos básicos del quehacer científico por una concepción de la ciencia como actividad social constructora de dicho conocimiento.

Las estrategias de enseñanza son los medios y los recursos que se ajustan para lograr aprendizajes a partir de la intencionalidad del proceso educativo. Sumado a esto, es posible decir que son utilizadas en la reflexión de la práctica docente, creando así posibilidades para mejorar la práctica educativa. Anijovich (2009) las define como el conjunto de decisiones que toma cada docente para orientar la enseñanza con el fin de promover el aprendizaje de sus estudiantes, considerando qué se quiere que se comprenda, por qué y para qué. La tarea docente es elegir las estrategias de enseñanza adecuadas, aplicables y con la pertinencia suficiente, que le permitan enseñar para la generación del pensamiento, la comprensión y la acción, bajo modelos que favorezcan el desarrollo humano, la formación integral y el logro de aprendizajes significativos.

En este sentido, desde el Área Química de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), se encaminó una búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza sobre el tema *Transformaciones de la materia* (TM), entendidas como transformaciones físicas y químicas, porque se considera un concepto de relevante importancia en el estudio de la Química, y que el aprendizaje inadecuado conlleva a que a la población estudiantil le resulte muy difícil comprender y modelizar situaciones problemáticas. Este proceso se enmarcó en un proyecto de investigación acreditado por la UNR cuyo objetivo fue diseñar una estrategia didáctica para la enseñanza de las TM, a partir de la modificación de los recursos didácticos, la integración de las actividades teóricas, experimentales y de cálculo estequiométrico y de la secuencia curricular. Luego, desde 2020 hasta 2023, se analiza y reflexiona sobre las estrategias didácticas empleadas en la enseñanza de este tema (Huergo, Imhoff, Bosco y Santoro, 2021a; Huergo, Bosco, Imhoff, Santoro, 2022a, 2022b, 2022c, 2023). En la innovación propuesta se utilizaron videos filmados en el laboratorio, animaciones digitales y simulaciones. Estas últimas permiten representar un fenómeno

químico, mediante un software que logre mediar las interacciones operativas con el sistema de estudio. Asimismo, logran la evaluación de situaciones que algunas veces en el mundo “real” no es posible percibir, por lo cual conforman una herramienta válida para ser incorporada en el proceso de enseñanza de las ciencias experimentales. En este sentido, la importancia de incorporar simulaciones en la enseñanza de las ciencias destaca desde el punto de vista científico y educativo (Raviolo, 2019). Desde el aspecto científico, las simulaciones brindan al estudiante información sobre sistemas complejos, procesos experimentales y fenómenos naturales, permitiendo su estudio a partir de la manipulación de laboratorios virtuales. Desde el punto de vista educativo, permiten a docentes y estudiantes ser parte de la vivencia del fenómeno natural, mediante el desarrollo tanto de capacidades como de competencias. Además, pueden propiciar modelos mentales subyacentes más estructurados en los estudiantes a partir de las representaciones de conceptos científicos, permitiendo desarrollar la capacidad de establecer relaciones e interacciones entre sus aprendizajes y su contexto (Freire, Talanquer y Amaral, 2019). El marco metodológico se planteó como un *Estudio de diseño* (Rinaudo, y Donolo, 2010) en el que se adecuaron los recursos didácticos audiovisuales y multimedia, a partir de los aportes de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia aplicado a la enseñanza de la Química (Raviolo, 2019), y considerando las estrategias de integración de los aspectos experimentales, los marcos teóricos y los problemas de cálculo estequiométrico (Odetti, Vera y Montiel, 2008).

Concretamente, el inicio del trabajo fue intempestivamente afectado por el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) frente a la pandemia de covid-19. Es por ello que, durante los dos primeros años se focalizó el trabajo en la adecuación a la educación remota. A continuación, se realizó una prueba piloto desde las instalaciones de la FCEIA, en uno de los cursos de Química (destinado a la carrera Licenciatura en Física), desde el inicio del cuatrimestre hasta la última evaluación de acreditación. A lo largo de la misma se modificó la secuencia curricular tradicional de la asignatura, se incorporaron recursos didácticos y se trabajó de manera integral en el laboratorio, particularmente para el desarrollo del tema TM. Esta experiencia generó aportes que permitieron rediseñar y mejorar las estrategias didácticas para el siguiente año (Huergo *et al.*, 2022a, 2022b). Finalmente, en el cuarto año de trabajo, se llevó a cabo el cambio didáctico optimizado. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por incrementar el porcentaje de estudiantes que acredita la asignatura, se encontró un elevado grado de deserción estudiantil en las primeras etapas del cursado, pudiéndose aplicar el cambio propuesto a una reducida cantidad de estudiantes (Huergo *et al.*, 2023).

II. METODOLOGÍA

Los estudios o investigaciones por diseño tienen como objetivo generar conocimiento que contribuya a mejorar la calidad de las prácticas instructivas, mediante un diseño (que se elabora, implementa y se somete a escrutinio de investigación), orientado al logro de una meta pedagógica explícitamente definida (Rinaudo y Donolo, 2010). Concretamente, se formulan ciclos que constan de tres etapas: preparación o diseño, implementación y análisis retrospectivo. En este trabajo, se exponen los resultados de la secuencia iterativa de cuatro ciclos definidos por el dictado de la asignatura cuatrimestral del tercer semestre de la carrera de Licenciatura en Física de la FCEIA, entre 2020 y 2023. El objetivo fue introducir un cambio didáctico sin la clásica compartimentalización de clases de teoría, problemas de cálculo estequiométrico y laboratorio experimental, a partir de un nuevo esquema de los espacios de encuentro áulico integrado (Odetti *et al.*, 2008). La metodología de investigación fue de carácter mixto, empleando entrevistas y encuestas a estudiantes para relevar variables relacionadas con el aprendizaje, encuestas a docentes para relevar aspectos referidos a la enseñanza, análisis de las respuestas estudiantiles en las evaluaciones, informes del trabajo experimental, llevando adelante un protocolo de observación directa. Asimismo, se realizó la validación de indicadores por investigadores con experiencia. A continuación, se describe la metodología de análisis realizada en cada ciclo.

A. Ciclo I (2020)

Análisis de los recursos multimedia. Se analizaron 6 variables y 23 indicadores (como la iluminación y el sonido) en 19 archivos audiovisuales, 13 producidos por el personal de la cátedra en 2010 y 6 de origen extranjero. El objetivo fue generar criterio para la producción de videos experimentales y para la selección de recursos didácticos audiovisuales para los ciclos posteriores (Huergo, Esponda, y Santoro, 2020).

Entrevistas a estudiantes. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a cuatro estudiantes (la mitad del total que acreditó la asignatura accedió a participar) mediante videollamada. Se indagó respecto a las características individuales, los recursos y el ambiente de estudio. Además, se analizaron las siguientes variables: herramientas de comunicación; contenidos, materiales y formatos; acompañamiento y seguimiento; mecanismos de evaluación; expectativas (Imhoff, Bosco y Huergo, 2020).

B. Ciclo II (2021)

Análisis de instrumentos en las evaluaciones. Se introdujeron instrumentos de análisis en las evaluaciones que apuntaron a evaluar la interpretación de videos sobre experiencias de laboratorio, a partir de las cuales se realizaron preguntas integrales del tema TM. A modo de evaluación, se propuso un trabajo práctico en el que se presentó un cuestionario con 7 preguntas. Dos de ellas se basaron en la información contenida en dos videos: sobre la disolución de metales con ácido nítrico (una transformación química) y la identificación de electrolitos acuosos (vinculados con las transformaciones físicas y químicas) (Huerdo *et al.*, 2021a).

Encuestas a docentes. Se realizaron encuestas a todo el personal docente de la FCEIA con los siguientes objetivos: sistematizar los cambios ocurridos durante la pandemia, identificando fortalezas y debilidades de las nuevas modalidades adoptadas para llevar adelante el proceso de enseñanza-aprendizaje; valorar los cambios a partir de experiencias y percepciones del personal docente; generar una propuesta respecto al porvenir académico en la educación superior a partir de los datos relevados en el claustro docente; y unificar las sugerencias para generar una propuesta académica. En el cuestionario en línea se presentaron preguntas de opción múltiple y, en los casos que quisieran opinar, estaba habilitada la posibilidad, relacionadas con la práctica docente, la vinculación y comunicación estudiantil y con colegas, sobre las dificultades relacionadas con el desarrollo profesional en el ámbito hogareño, la percepción sobre el desempeño estudiantil y, finalmente, se recabaron opiniones y sugerencias en caso de continuar trabajando en el futuro en modalidad remota o híbrida. La encuesta se realizó durante una semana de junio de 2021; se invitó a toda la comunidad docente a participar mediante el foro oficial de correo electrónico de la Facultad. (Huerdo, Bosco y Santoro, 2021).

Encuesta a estudiantes. Se realizó un cuestionario en línea al finalizar el cursado de la asignatura, con el objetivo de indagar en las opiniones respecto a la utilización de los recursos didácticos multimedia seleccionados.

C. Ciclo III (2022)

La evaluación de la prueba piloto se realizó mediante diferentes instrumentos de análisis que contaron con diversas variables e indicadores sometidos a un proceso de validación por pares:

Cuestionario diagnóstico, como requisito para la asistencia al laboratorio, con el objetivo de que cada estudiante reconozca los conceptos previos necesarios para el abordaje del tema TM y autoevalúe el nivel de conocimientos que cuenta en relación con ellos.

Protocolo de observación directa en el laboratorio adaptado de Caccia (2007).

Cuestionario de satisfacción estudiantil en donde se indagó acerca del entusiasmo, la valoración de las instancias de comprensión e integración de los conceptos, de los recursos didácticos, y se pidió opinión en relación con las secuencias curriculares y desempeño docente.

Validación de variables e indicadores por pares. Se realizó la validación por parte de cuatro docentes con experiencia en educación universitaria en FCEIA, en Química o afines, de 21 variables y 97 indicadores definidos para este trabajo e incluidos en los tres instrumentos de análisis mencionados.

Además, se analizaron los informes de laboratorio y las respuestas de las evaluaciones, en las que se incorporaron cuatro instrumentos de análisis. (Huerdo *et al.*, 2022b).

D. Ciclo IV (2023)

El cambio didáctico validado el año anterior se analizó con los siguientes instrumentos:

Protocolo de observación directa en el laboratorio. Ídem 2022.

Observación no participante. En el espacio áulico integrador se relevó: la participación estudiantil en clase (interacción con la docente y con pares), las actitudes frente a los recursos didácticos multimedia, la capacidad de encarar la situación problemática.

Además, se analizaron los informes de laboratorio e instrumentos utilizados en las evaluaciones.

III. RESULTADOS

A. Ciclo I (2020)

Se inscribieron 25 estudiantes, de los cuales el 25 % acreditó la asignatura. Debido a la pandemia, durante la educación remota, se incorporaron archivos audiovisuales con filmaciones en laboratorio y animaciones para complementar el aula virtual.

Análisis de los recursos multimedia. A partir del análisis de indicadores en los videos y animaciones, se creó un criterio para la selección y producción de videos experimentales. Se formuló la necesidad de incorporar equipamiento de mejor calidad (cámara, micrófono e iluminación) para la producción de videos propios sobre instancias experimentales. Respecto a la selección, se identificó la necesidad de evaluar el discurso de los videos (respecto a posibles errores conceptuales), además de lo relativo a calidad de imagen y sonido (Huerdo *et al.*, 2020).

Entrevistas a estudiantes. Se recabaron aportes valiosos que permitieron mejorar la propuesta didáctica para el dictado remoto de la asignatura. Entre los resultados más destacados se encontraron dos perfiles de aprendizaje: uno con estudiantes con gran autonomía y otro que requiere un acompañamiento más guiado. Consecuentemente, se definió adaptar las herramientas de comunicación, los recursos didácticos, las estrategias de acompañamiento y los mecanismos de evaluación a estos dos perfiles, para el cursado del año siguiente (Imhoff *et al.*, 2020).

B. Ciclo II (2021)

Se inscribieron 25 estudiantes, de los cuales el 20 % acreditó la asignatura. El dictado de la asignatura fue remoto y se incorporaron recursos didácticos multimedia (videos experimentales y de explicación de resolución de problemas, animaciones y simulaciones). Durante las primeras 8 semanas se trabajó con videos sobre experiencias de laboratorio, apuntando a construir el pensamiento abstracto, el manejo de la simbología y el significado conceptual químico (Huerdo, Bosco, Imhoff, Santoro, 2021b). En ese período se desarrolló el tema de interés, TM.

Análisis en las evaluaciones. Solo 10 estudiantes participaron y la mitad tuvo una instancia de recuperatorio en la que se presentaron 3 preguntas de estequiometría diseñadas a partir de la información presente en un video sobre 3 transformaciones químicas. Además, se consideró una transformación física implícita (no observable) en el mismo. En la primera evaluación, seis estudiantes (de diez) lograron identificar la representación simbólica que representaba la reacción (justificando su respuesta) y 5 lograron resolver correctamente los problemas de estequiometría. Respecto al tema electrolito acuoso, ninguna de las respuestas fue completa y coherente y solo una consideró la diferencia entre disociación iónica y ionización. En el recuperatorio, si bien cuatro (de cinco) alcanzaron los requisitos mínimos, en todos los casos se encontró incompleto alguno de los procedimientos realizados para resolver los problemas, y la mayor dificultad se presentó respecto de la transformación física, una disociación iónica, lo que implica un error conceptual sobre electrolito acuoso, parte de los contenidos involucrados en el tema TM (Huerdo *et al.*, 2021a).

Encuestas a docentes: Solo participó alrededor del 5 % del plantel docente. En relación con esto, cabe destacar que las respuestas obtenidas no fueron representativas del total y que presentaron un sesgo de quienes respondieron, lo que implica que se realizan inferencias y consideran los aportes de un pequeño grupo de colegas que decidieron participar en este relevamiento. La mayoría del personal docente percibió negativamente la intromisión del ámbito laboral en el personal, y expresó que la nueva modalidad de trabajo generó nuevas afecciones sobre su salud. Entre las dificultades que percibieron dentro de la comunidad estudiantil se mencionaron: desmotivación por perder el vínculo personal con sus pares, escasez de entrenamiento en un aprendizaje autónomo, preocupaciones por los efectos de la pandemia en la salud de algún familiar, entre otros. Además, se valoraron algunas cuestiones relacionadas con los cambios para toda la comunidad académica: entre los aspectos positivos, se destacan el ahorro en tiempos y gastos de transporte, facilidades para las personas que viven fuera de Rosario, reducción del desarraigo, acceso a recursos didácticos digitales; mientras que entre los aspectos negativos se destacan las fallas en el vínculo docente/estudiante y entre estudiantes, la pérdida de la vida social, el diálogo (oral y corporal) durante las clases, la despersonalización y en relación con las evaluaciones. Como generalidad, se destaca el cambio tecnológico que tuvo que realizar cada docente y estudiante, lo que requirió, en gran medida, gastos personales. En este sentido, las propuestas que se recabaron contemplan una continuidad de la educación en modalidades híbridas, haciendo hincapié en la responsabilidad institucional de prestar buena conectividad y realizar inversiones en infraestructura para generar espacios de educación híbrida (Huerdo *et al.*, 2021b)

Encuesta a estudiantes. Solo el 30 % de quienes realizaron la primera evaluación respondió a la encuesta. En general, se observa una valoración positiva ante la incorporación de videos filmados en laboratorios, sobre explicaciones docentes, animaciones y simulaciones.

C. Ciclo III (2022)

Se inscribieron 24 estudiantes, de los cuales el 21 % acreditó la asignatura. El dictado de la asignatura fue presencial y se incorporaron los recursos didácticos multimedia en el espacio áulico integrador del laboratorio experimental de química para el desarrollo del tema TM. Las actividades experimentales (y los informes) fueron de carácter opcional. Los cambios introducidos en esta prueba piloto respecto a la enseñanza del tema TM fueron: cuestionario de auto-diagnóstico, modificación de en la secuencia curricular; integración en el Trabajo Práctico de Laboratorio; Incorporación de recursos didácticos multimedia en la instancia de laboratorio (Huelgo *et al.*, 2022a).

Validación de variables e indicadores por pares. La cantidad de indicadores validados en cada instrumento se presenta a continuación: en el cuestionario diagnóstico, 1 indicador (de 2 evaluados); en el protocolo de observación directa en el laboratorio, 45 indicadores (de 65 evaluados) y en el cuestionario de satisfacción estudiantil, 18 indicadores (de 30 evaluados).

Protocolo de observación directa. Se destacan los siguientes resultados respecto a:

- Recursos didácticos: se utilizaron recursos tradicionales al alcance de cada estudiante (guía, apéndice con datos, tabla periódica) y dispuestos en el aula (pizarrón, fibrones de colores), además de recursos audiovisuales (video con animaciones mediante computadora y proyector) pertenecientes a las nuevas tecnologías (simulaciones y animaciones mediante computadora y proyector);
- Coherencia apropiada con respecto a los objetivos, contenidos, actividades y recursos;
- Dinámica de grupo: se destacaron las habilidades para propiciar la reflexión y para facilitar la participación estudiantil.

Cuestionario de valoración estudiantil. Asistieron 14 estudiantes a la prueba piloto, solo 8 respondieron anónimamente. La totalidad demostró entusiasmo respecto al cursado de Química y a la realización de experimentos en laboratorio. Respecto a la comprensión de 7 contenidos conceptuales, la mayoría sostuvo que lo logró para 6 de ellos durante la clase de repaso de teoría (no en otras instancias como el TPL, ni la clase de repaso de problemas).

Análisis de los informes de laboratorio. Entre los resultados más destacados se encontró que hubo dificultades en la representación simbólica de las transformaciones químicas, y las conclusiones respecto a la solubilidad de las sustancias sólidas en agua fueron coherentes. De todas maneras, exhibieron inconvenientes en la integración de los resultados en relación con la presencia de electrolito acuoso y medición de pH.

Instrumentos de análisis en las evaluaciones. Participaron 17 estudiantes en la primera evaluación, 8 la aprobaron, 6 participaron en la segunda evaluación, 5 aprobaron la misma, adquiriendo la categoría de “estudiante regular”. La integración propuesta en la evaluación (concordante con la propuesta didáctica) fue la clave para aprobar regularizar la asignatura. El análisis completo de cada instrumento puede verse en Huelgo *et al.*, (2022b).

D. Ciclo IV (2023)

Se inscribieron 55 estudiantes, de quienes solo el 13 % acreditó la asignatura. El dictado de la asignatura fue presencial y se incorporaron los recursos didácticos multimedia en el espacio áulico integrador, en el aula tradicional, luego de la instancia experimental en el laboratorio (obligatorio en esta oportunidad). A partir de situaciones problemáticas, la integración se realizó con una selección de animaciones y simulaciones, en el marco de la teoría clásica del átomo (modelo corpuscular). A la clase asistieron 13 estudiantes, una docente a cargo y un docente observador. Se presentó una animación sobre una transformación física y cuatro simulaciones para abordar las transformaciones químicas (representación simbólica y problemas de cálculo estequiométrico) mediante una computadora y un proyector. La dinámica fue de observación, análisis y discusión del recurso multimedia de manera grupal y posterior trabajo con situaciones problemáticas de manera individual o en pequeños grupos de estudiantes, seguido de una discusión general (puesta en común). Por otro lado, se tomaron dos evaluaciones: a la primera asistieron 22 estudiantes y 9 aprobaron; en la segunda se evaluó el tema TM, mediante un instrumento integrador; se presentaron los 9 estudiantes que aprobaron la primera instancia y solo 7 estudiantes aprobaron en esta ocasión.

Observación no participante. Se destacan los siguientes aspectos respecto a la clase integradora:

- La participación estudiantil en clase. Interacción con la docente: la participación se dio, tanto en las respuestas a las preguntas disparadoras elaboradas por la docente, como en la generación de nuevas preguntas para evacuar dudas, interacción con pares: el 80 % de quienes asistieron a clase trabajaron de forma grupal y colaborativa.
- Las actitudes frente a los recursos didácticos multimedia. Los recursos aportaron motivación y habilitó a “romper el hielo”, permitiendo el diálogo introductorio coloquial, por fuera de la modelización matemática y la argumentación científica; fueron valorados para entender conceptos de las ciencias naturales (por ejemplo, la diferencia entre un

ácido fuerte y uno débil), relacionarlos con aspectos de la vida cotidiana, y abordar las representaciones simbólicas de las transformaciones, conservación de la masa, coeficientes estequiométricos.

- La capacidad de enfrentar situaciones problemáticas. Si bien hubo dificultades para comenzar la resolución de algunos ejercicios propuestos, como así también la comprensión de algunos conceptos, fue elevado el interés de la mayoría en aprender, en comparación con otras clases donde no se utilizaron este tipo de recursos. Esto se manifestó en una participación constante a lo largo de la clase.

Análisis de los informes de laboratorio. La redacción del informe de laboratorio fue un ejercicio que presentó un desafío para relacionar las observaciones experimentales con las representaciones simbólicas de las transformaciones. Si bien se elaboraron luego de las clases experimentales y de integración, todos presentaron errores conceptuales. La participación fue de 16 estudiantes y la realización del informe fue grupal, 1 grupo de 4 estudiantes y 4 grupos de 3 estudiantes. Uno de los grupos no aprobó el informe (grupo conformado por estudiantes que no aprobaron la primera evaluación parcial). Todos los grupos presentaron errores conceptuales respecto a la conservación de la masa en las TM, manifestándose en las representaciones simbólicas de las transformaciones (coeficientes estequiométricos).

Observación directa en el laboratorio. Las actividades fueron pertinentes a los objetivos planteados. Las consignas de la docente se ajustaron a los objetivos. Integró adecuadamente los contenidos haciendo énfasis en los procedimientos acorde con el conocimiento de los estudiantes. Se les brindó a los estudiantes suficientes oportunidades para observar, describir e interpretar los experimentos. También se les permitió participar en las puestas en común de cada trabajo.

Instrumentos de análisis en las evaluaciones. En la evaluación se introdujo un instrumento que integraba los contenidos relacionados con las TM (nombre, clasificación y representación simbólica de sustancias y transformaciones) y las experiencias de laboratorio (conductividad eléctrica, uso de indicadores de pH y observaciones experimentales como disolución de un sólido, formación de un gas, etc.). El objetivo fue analizar las observaciones experimentales, relacionar los marcos teóricos y poder discernir la identidad de sustancias desconocidas. Cinco estudiantes, de nueve, resolvieron el problema correctamente. Entre los errores conceptuales se observaron dificultades al interpretar el rango de viraje de indicadores de pH; confusión entre reacción de ionización y disociación iónica; dificultad para efectuar el balance de masa en las reacciones químicas.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con las intenciones abocadas a disminuir la deserción estudiantil en Química en la carrera de Licenciatura en Física de la FCEIA, se trabajó en un cambio didáctico en la enseñanza de un tema central de la asignatura. Los esfuerzos se centraron en aumentar el porcentaje de estudiantes que acreditan la asignatura. Sin embargo, el bajo porcentaje de aprobación de la asignatura desde 2020 no pudo revertirse a pesar de los múltiples esfuerzos realizados por el equipo docente. Para la evaluación de los resultados de este trabajo, donde se modificó la estrategia didáctica sobre el tema TM aplicada a un curso de estudiantes de LF de la FCEIA, es necesario considerar el condicionamiento por diversos factores inusuales.

Durante los dos primeros años se contemplaron las dificultades del ingreso al ámbito universitario, la separación de la comunidad estudiantil, contextos de enfermedad y muerte más frecuentes de lo habitual; el cansancio y las dolencias que producen estar en una silla frente a una computadora o teléfono celular durante muchas horas, entre otras limitaciones del trabajo en el hogar que conllevan a problemas emocionales y motivacionales en la población estudiantil (Ramos Mejía, 2021); y por las condiciones socio-económicas vinculadas a la brecha digital, es decir, la desigualdad en el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (Bautista Murillo, 2021). En esta etapa, el proceso de enseñanza y aprendizaje fue trasladado a la educación remota sin preparación y sin experiencia por parte del personal docente. En este sentido, se analizaron las opiniones de docentes y estudiantes para el diseño de la prueba piloto sobre el cambio didáctico a realizarse en la siguiente etapa (Huergo *et al.*, 2021b).

En 2022, el grupo de estudiantes de segundo año se encontró con la dinámica universitaria por primera vez. Es decir, la modalidad de enseñanza presencial era desconocida para la mayoría, debido a que cursaron las asignaturas del primer año en modalidad remota el año anterior. Además, los esfuerzos docentes por acompañar a cada estudiante con sus dificultades y frustraciones se vieron afectados por diferentes obstáculos encontrados en el intento de fortalecer el vínculo pedagógico.

En 2023, se observó un gran incremento en la cantidad de estudiantes que se inscribieron, sin embargo, bajó el porcentaje de acreditación. Para mejor comprensión de lo que se menciona, se presenta en la TABLA I la cantidad de estudiantes que se inscribieron en la asignatura Química en los últimos 5 años y los porcentajes de acreditación correspondientes.

TABLA I. Cantidad de estudiantes que se inscribió en la asignatura Química en los últimos 5 años y los porcentajes de acreditación

Año de cursado	Cantidad (n.º) de estudiantes que se inscribieron	Porcentaje (%) de estudiantes que aprobaron
2019	30	40
2020	25	25
2021	25	20
2022	24	21
2023	55	13

El elevado número de estudiantes al inicio del año 2023 incluye a quienes cursaron por primera vez la asignatura, sumado al grupo de estudiantes que durante el ASPO no pudo cursar o acreditar la materia, además de quienes se desvincularon o no acreditaron en el primer año de retorno a la presencialidad (en 2022) y estudiantes que se desvincularon previamente al inicio de este estudio. En particular, se vio desmejorada la relación docente/estudiante y se encontraron limitaciones en la posibilidad del trabajo experimental con un grupo tan numeroso de estudiantes y las restricciones del espacio físico de laboratorio, en relación con la seguridad en el trabajo.

En los últimos dos años, se esperaba revertir la situación con el regreso a la presencialidad, pero surgieron las mencionadas e inesperadas dificultades de la pospandemia (Huergo *et al.*, 2022c). En la actualidad, se está indagando acerca de las reminiscencias de estos (y nuevos) pesares que afectan a los grupos estudiantiles que impiden recuperar e incrementar el rendimiento académico de antaño, teniendo en cuenta el trabajo realizado en los últimos cuatro años y los aportes de esta investigación por diseño.

REFERENCIAS

- Anijovich, R., Mora, S. y Luchetti, E. (2009). *Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula* (Vol. 1). Buenos Aires: Aique.
- Bautista Murillo, J. C. (2021). El lugar importa: brecha digital y desigualdades territoriales en tiempos de COVID-19 Una revisión comparativa sobre la realidad argentina, sus provincias y principales centros urbanos. *Argumentos. Revista de Crítica Social*, 24. <https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/argumentos/article/view/6977>
- Caccia, M. B. P. (2007). *La integración como propuesta didáctica*. Cap. 3. Tesis de Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Nacional del Litoral Santa Fe, Argentina. <http://hdl.handle.net/11185/34>
- Freire, M., Talanquer, V., & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: a framework for enriching thinking and action in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 41(5), 674-692. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1578001>
- Huergo, J., Esponda, N., y Santoro, M. I. (2020) Análisis de los materiales audiovisuales empleados en el área química de la facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. *Libro de resúmenes de las XIV Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación de la UNR*. p. 30. <http://hdl.handle.net/2133/25375>
- Huergo, J, Imhoff, L, Bosco, L, y Santoro, M. (2021a). Análisis de la estrategia didáctica aplicada en pandemia sobre la enseñanza del tema transformaciones físicas y químicas. *Actas 5to. Congreso Argentino de Ingeniería (CADI), 3er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI) y 11vo. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI)* p. 130.
- Huergo, J., Bosco, L., Imhoff, L., y Santoro, M. (2021b) Propuesta educativa generada a partir de las voces de docentes y estudiantes respecto a la experiencia imprevista de educación remota en FCEIA (2020 Y 2021). *Libro de Resúmenes XV Jornadas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la UNR.*, Rosario, Argentina. p. 222. <http://hdl.handle.net/2133/23163>
- Huergo, J., Bosco, L., y Santoro M. I. (2021). Análisis cualitativo de las opiniones y sugerencias de docentes de FCEIA en torno a la experiencia de la educación en pandemia. Documento presentado en *VII Jornada de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA*, Rosario, Argentina.

Huergo, J., Imhoff, L., Bosco, L., y Santoro, M. (2022a) Avances acerca de un Estudio de diseño sobre la enseñanza de la Química en Ingenierías desde la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*. San Rafael, Mendoza - Argentina p. 1050. <https://fcai.uncuyo.edu.ar/upload/06-memorias-resumenes1.pdf>

Huergo, J., Bosco, L., Imhoff, L., y Santoro, M. (2022b) Cambio didáctico en el tema Transformaciones en la asignatura Química de FCEIA – UNR. *Actas 6º. Congreso Argentino de Ingeniería y 12º Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, Chaco-Corrientes, Argentina. p. 623.

Huergo, J., Bosco, L., Imhoff, L., y Santoro, M. (2022c) Estudio de diseño en educación química sobre el tema transformaciones de la materia. Primeros pasos en la post pandemia, en FCEIA-UNR. *Libro de Resúmenes XVI Jornadas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la UNR*. Rosario, Argentina. p.319. <http://hdl.handle.net/2133/25030>

Huergo, J., Bosco, L., Imhoff, L., y Santoro, M. (2023) Aplicación de un cambio didáctico en un curso de química y las dificultades a partir de la pandemia. Documento presentado en 7º *Encuentro de Investigación en Educación en Ciencias Naturales y Tecnología -7 EDUCiNa*, Buenos Aires, Argentina.

Imhoff, L., Bosco, L., y Huergo, J. (noviembre 2020) La experiencia en química y estructura de la materia en tiempos de pandemia. *Libro de resúmenes de las XIV Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación de la UNR*. Rosario, Argentina. p. 388. <http://hdl.handle.net/2133/25375>

Odetti, H. S., Vera, M. I. y Montiel, G. M. (2008) Integración teoría-práctica en un tema de química general. Resumen publicado en las *Actas de la XII Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Corrientes, UNNE. Corrientes – Argentina.

Ramos Mejía, A. (2021) Las preguntas que nos estamos haciendo en Investigación y Didáctica de la Química, a año y medio del comienzo de la pandemia. *Educación Química*. 32(4) 1-5. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.80793>

Raviolo, A. (2019) Imágenes y Enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Educación química*. 30(2) 114-128. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.2.67174>.

Rinaudo, M. C., y Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (22). <https://revistas.um.es/red/article/view/111631>

Sánchez, M. D. P. M. (2012). Deserción universitaria en estudiantes de una universidad privada de Iquitos. *Revista digital de investigación en docencia universitaria*, 6(1), 60-83. <https://doi.org/10.19083/ridu.6.42>

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.

Smulders Chaparro, M. E. (2018) Factores que influyen en la deserción de los Estudiantes Universitarios *Academo Revista de Investigación en Cs Sociales y Humanidades* 5(2), 127-132. <http://dx.doi.org/10.30545/academo.2018.jul-dic.5>