

Efectos positivos de la pandemia: reestructuración de las actividades de Laboratorio

EJE N° 3

Relato de experiencia pedagógica

M. Laura Carbajal, Silvia Soto Espinoza, Pamela Kikot y Mariano Grasselli
Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes
repu@unq.edu.ar y/o unq.repu@gmail.com

RESUMEN

Debido a las medidas sanitarias implementadas en la pandemia por Covid-19, y la consecuente imposibilidad de realizar todas las prácticas experimentales pautadas por currícula, se tuvo que rediseñar la propuesta de trabajos prácticos de laboratorio e implementar modificaciones en la planificación de los mismos. Esto dió origen a la incorporación de una nueva actividad experimental integradora, denominada Trabajo Práctico Integrado, en la asignatura “Recuperación y Purificación de Proteínas”, perteneciente a la carrera Licenciatura en Biotecnología de la Universidad Nacional de Quilmes. En este trabajo se presenta la experiencia pedagógica vivenciada, en sus diferentes modalidades, y su repercusión en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se implementó con el objetivo de lograr la integración de los contenidos y brindar al estudiantado la oportunidad de llevar a cabo un proceso de recuperación y purificación completo. Posteriormente, se realizó un diagnóstico de fortalezas y debilidades en las 7 aulas donde se implementó. Se recuperaron las opiniones y visiones de las personas estudiantes en relación a la experiencia vivenciada mediante recursos de encuestas y autoevaluaciones. Se evidenció una respuesta general positiva, resultando muy interesante y de utilidad para la mayoría. Además, se tomaron en cuenta los comentarios, consideraciones y retroalimentaciones para mejoras futuras de la propuesta.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza Universitaria; Innovación; Estrategias de Enseñanza; Pandemia; Actividades Experimentales

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia pedagógica vivenciada al implementar una nueva actividad de aprendizaje denominada Trabajo Práctico Integrado (TPI), en la asignatura “Recuperación y Purificación de Proteínas” (RPP), de la carrera Licenciatura en Biotecnología, de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). A su vez, evidenciar la repercusión que tuvo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de quienes participaron como estudiantes y las sugerencias (propuestas de mejoras a futuro) que se obtuvieron a partir de la retroalimentación heterogénea del estudiantado sobre esta nueva actividad implementada en sus diferentes modalidades. La asignatura RPP pertenece al núcleo de asignaturas obligatorias del plan de estudios actual (2018) de la Lic. en Biotecnología de la UNQ, Argentina. Es una de las primeras asignaturas del recorrido del ciclo superior (3° año) y se encuadra dentro del área de conocimiento de la Biotecnología Industrial y de los Bioprocesos. El objetivo general de RPP es que el estudiantado comprenda las diferentes etapas de recuperación y purificación que involucran la obtención de un producto biotecnológico (*downstream*), en particular proteínas. Para luego poder analizar y comparar las diferentes tecnologías de cada operación unitaria, teniendo en cuenta la problemática de la escala piloto-industrial. Se tiene especial interés en que las personas estudiantes adquieran: integración entre teoría y práctica, poder de análisis y juicio crítico, manejo de la bibliografía, habilidad en la confección e interpretación de información estadística y gráfica, así como criterio y destreza manual en la práctica experimental en el laboratorio. Cuenta con una carga horaria semanal de 6 horas y es de carácter teórico-experimental. Posee modalidad de cursada presencial y bimodal (desde 2018). Se dictan tres cursos por año lectivo y el plantel docente estable se constituye de cuatro docentes, con roles diferenciados para poder llevar a cabo el normal desenvolvimiento de las clases. Todo el cuerpo docente participa de la evaluación del curso (diagnóstica, de proceso y final o integradora) y como instrumentos se contemplan diversidad de producciones. Durante los años 2020 y 2021, la actividad áulica fue desarrollada en el entorno virtual de emergencia debido al Aislamiento y al Distanciamiento Social, Preventivos y Obligatorios (ASPO y DISPO, respectivamente) a causa de la pandemia de Covid-19. Durante marzo y agosto de 2021, siguiendo los lineamientos

institucionales, se implementaron unas pocas jornadas presenciales excepcionales para poder cerrar las acreditaciones en suspenso¹.

En el contexto de la pandemia, las actividades de seminarios de discusión de problemas y las actividades de laboratorio resultaron las más afectadas. Los seminarios de discusión, lectura y problemas, se pudieron desarrollar mediante clases virtuales sincrónicas de consulta o mediante foros de discusión pautados asincrónicos. Sin embargo, el trabajo experimental de laboratorio presencial tuvo que ser suspendido hasta que las condiciones sanitarias permitieran su realización. En este nuevo contexto surgió el desafío de repensar estas actividades y adaptarlas de modo tal que permitiera alcanzar los objetivos didácticos de RPP. Cabe aclarar que la acreditación de RPP quedó en suspenso hasta la aprobación del TPI, en cualquiera de sus modalidades.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.

El TPI fue concebido para promover que el estudiantado se enfrente a una situación auténtica y representativa del quehacer profesional, mediante la ejecución completa de un proceso de recuperación y purificación de un bioproducto de interés. Esto permite desarrollar en la persona estudiante la capacidad de diseñar un tren de operaciones unitarias sucesivas e interrelacionadas con sentido crítico e integral en lugar de aprender las operaciones unitarias de forma aislada e inconexa. Además, busca promover los siguientes **objetivos didácticos**:

- Lograr desarrollar capacidad de análisis sobre un método de purificación de acuerdo a las propiedades de la proteína en cuestión.
- Integrar conocimientos por medio del diseño de un protocolo de purificación que contenga una secuencia lógica de pasos que permita obtener una proteína purificada.
- Realizar el tratamiento de las muestras, el análisis estadístico y del error sobre las determinaciones experimentales.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos mediante un cuadro de purificación con los parámetros de seguimiento.

¹ Reglamentación del Departamento de Ciencia y Tecnología. Comunicación DCyT 003/20 y CDCyT N°084/20. Archivo Público de Actos Resolutivos. Acceso: www.apar.unq.edu.ar

- Analizar, discutir y evaluar la performance del proceso mediante el cuadro de purificación por etapas y global. Identificar puntos críticos, sugerir propuestas alternativas o mejoras, ya sea por etapa o globalmente.

Además de las actividades experimentales centrales se realizan otras actividades relacionadas que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Actividad propuesta	Descripción
Desarrollo experimental en el laboratorio	Abordaje de los contenidos temáticos experimentales centrales. Se realiza en pequeños y en gran grupo.
Seguimiento de los lineamientos de la Guía del Trabajo Práctico ²	La Guía explicita los objetivos didácticos y las consignas; una breve introducción general incluyendo los objetivos generales y específicos propios de la experiencia; una guía de preguntas de orientación para contemplar en la discusión; la metodología (materiales, métodos analíticos y procedimiento) y la bibliografía de referencia.
Espacio para el debate	Puesta en común realizada en gran grupo.
Entrega de un Esquema o síntesis del proceso	Realizado individualmente, entregado antes de ingresar al laboratorio y equivale al presente. Permite que se conozca el proceso y así propender a optimizar el uso del tiempo dentro de los laboratorios de docencia.
Autoevaluación del proceso	Por medio de una bitácora o portafolio personal (individual)
Realización de un informe grupal	Con entrega posterior a la realización del TPI, siguiendo los lineamientos de la Guía para la realización de Informes. Además, previamente se facilitan y explicitan los criterios de corrección y su ponderación mediante una rúbrica de corrección para dar transparencia a la evaluación.

En cuanto al **Diseño experimental**, se pretende estudiar las diferentes etapas de recuperación y de purificación de proteínas de interés comercial o biotecnológico. Así como también el análisis de sus puntos de control con perspectivas de escalado. Se han propuesto e implementado dos modelos de TPI (Figura 1). La primera opción, se propone la obtención de enzimas Peroxidasas alcalinas (HRPx) a partir de la cáscara de rabanitos. La segunda opción, que fue implementada sólo durante el 2° cuatrimestre de 2021, fue la obtención de la Proteína Verde Fluorescente (GFP, del inglés *Green Fluorescent Protein*) a partir de un cultivo de *E. coli* recombinante. Ambos

² Para acceder a las guías se encuentran referencias en la bibliografía como Plantel docente RPP, (2020 y 2021).



persiguen los mismos objetivos didácticos y son alternativas plausibles pues se enmarcan en la misma estrategia educativa. En la Figura 2 se observan algunas fotografías tomadas por los estudiantes (tren HRPx).

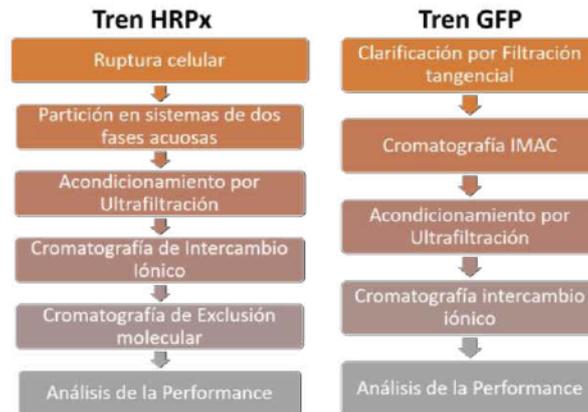


Figura N° 1: Esquema de las propuestas alternativas de TPI, con sus etapas de recuperación (ruptura, separaciones sólido-líquido y líquido-líquido), purificación (cromatografías) y evaluación de la performance del proceso para proteínas de interés biotecnológico.

Teniendo en cuenta la proyección para el escalado, dentro de los temas abordados en el TPI se consideró incluir: (i) los métodos de **ruptura celular** mecánica más ampliamente utilizados; (ii) la purificación de enzimas mediante **Partición en sistemas dos fases acuosas**, ya que resulta interesante desde un punto de vista tecnológico debido a que las operaciones de extracción líquido-líquido son comunes en la industria, presentan buena recuperación del producto, y son de fácil escalado; (iii) **Separaciones sólido-líquido**, como ser la Filtración y Microfiltración para la clarificación de homogenatos y la Ultrafiltración tangencial para el desalado; (iv) **Cromatografías en columna empacada**, como ser la de Intercambio iónico (CIX) para separar proteínas por carga iónica, la de exclusión molecular (CEM) para cambiar la composición del buffer de una solución de proteína en escala preparativa, y la de Afinidad por iones metálicos (IMAC) en el caso de proteínas recombinantes con His-Tag; (v) la **Determinación de parámetros de seguimiento y análisis de la Performance** de un proceso de purificación (pureza, rendimiento, factor de purificación) que se resumen en un cuadro de purificación. Esto último se relaciona con las dimensiones analíticas que intervienen en todo proceso de purificación de proteínas, como ser las técnicas de determinación de actividad enzimática y proteínas totales, manejo de diluciones y análisis del error.



Figura N°2. Fotografías tomadas por el alumnado durante el TPI. A- Ruptura del material vegetal. B- Filtración. C- Pesaje de polímero. D- Formación del sistema de dos fases acuosas. E- UF. F- Filtrados de cada ciclo de UF y fase inferior con contaminantes y los desechos sólidos. G- Cromatógrafo y cromatograma CII. H- Determinación de actividad enzimática. I- Determinación del contenido de proteínas totales. J- Columna de CEM y cromatograma.

Modalidad de implementación

El TPI se desarrolló durante la pandemia como una estrategia didáctica que ofreciera al alumnado una visión exhaustiva y global de los contenidos tecnológicos de la asignatura. Este proceso no sólo debía abordar los contenidos teóricos desarrollados durante la cursada, sino que también debía adaptarse a las circunstancias de virtualidad y/o a la presencialidad limitada por las condiciones establecidas por la Universidad sobre aforos, capacidad de ocupación y tiempo de permanencia dentro de los laboratorios³. Es por ello que, desde 2020 y hasta 2022 inclusive, se adaptó el formato del TPI a distintas modalidades, según el contexto de ASPO y/o DISPO que rigieron durante este periodo. Para las cursadas del año 2020 y primer cuatrimestre de 2021, el estudiantado debía observar material audiovisual y realizar un informe que

³ Protocolo Marco y Lineamientos Generales para el Retorno a las actividades ACADÉMICAS Presenciales en la UNQ (Anexo I) - Prácticas Curriculares (Anexo II) - Escuela Secundaria Educación Técnica (Anexo III). UNQ, marzo 2021. Reuperado del Portal de transparencia: <https://gestioninformacion.unq.edu.ar/transparencia/RR-192-21-Adecuacion-protocolos-marzo-2021-firmado.pdf>

constaba de una serie de preguntas orientativas destinadas a monitorear la comprensión de los conceptos. Estos videos mostraban el funcionamiento de los equipamientos, el manejo del material y la aplicación de las técnicas analíticas⁴. Durante el año 2021, con la flexibilización de las normativas sanitarias pero atendiendo a las disposiciones de la UNQ sobre la capacidad y permanencia en las aulas, se dispuso una modalidad presencial intensiva. En la misma, quienes habían aprobado las cursadas en 2020 y primer cuatrimestre de 2021 realizaron el TPI de forma optativa. Con la asignatura ya acreditada, menos del 10% de las personas que cursaron durante el año 2020 y un 50% del primer cuatrimestre 2021, optaron por hacer la actividad ya sea en marzo o en agosto de 2021. De la encuesta, se desprenden algunas causas relacionadas, entre ellas la imposibilidad de traslado y la superposición con otras actividades. En el segundo cuatrimestre de 2021, el TPI se realizó de forma obligatoria al final de la cursada con doble jornada, incluyendo un informe evaluativo escrito. En el año 2022, con las condiciones de presencialidad plena, se pudo realizar el TPI a lo largo del cuatrimestre dividido en cuatro jornadas durante los horarios de cursada, debiendo también realizar el informe final obligatorio y evaluativo.

Luego de estos dos años de su implementación, se realizó una evaluación diagnóstica con diferentes herramientas para obtener información sobre los alcances de esta estrategia, para reprogramar y/u optimizar esta estrategia de enseñanza. Se recurrió a reflexiones sobre la práctica (autoevaluaciones) y a la retroalimentación heterogénea, mediante una encuesta anónima mediante formulario de google (<https://forms.gle/MU9dy3MntDdFNTz9>). En este formulario se solicitó al estudiantado que identifiquen la modalidad de TPI y el cuatrimestre en el que lo realizó y que responda distintas preguntas sobre el mismo. Se sondeó la opinión sobre los métodos de evaluación del TPI (informe), la efectividad de la elaboración del Esquema como herramienta de estudio y la comprensibilidad de la Guía.

Se obtuvieron 25 respuestas sobre un universo total de 88 estudiantes regulares (7 comisiones). Las encuestas mostraron los siguientes resultados:

⁴ El mismo se encuentra en el canal "RePu UNQ" en YouTube (https://www.youtube.com/channel/UCo_qMF0RMdvheLN-cB2AJZQ), reservado a quien tenga el link de acceso. Ejemplos en: <https://youtu.be/B9WmV6PgQ5c>
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLKq8o60liXfeMTbbibbUubHCuagWdavOAR;>

- **Opinión sobre el TPI:** El 61% opinó que el TPI fue muy bueno o excelente, 30% respondió que fue regular y nadie lo calificó como malo.
- **Objetivos didácticos:** El 78% dijo haber integrado los conocimientos adquiridos durante el TPI. El resto de los objetivos didácticos fueron alcanzados de forma moderada (de 65 a 49%). Los menos adquiridos fueron los relacionados a la elaboración individual de estrategias de purificación alternativa (26%).
- **Guía de TPI:** nadie dijo no haber entendido la guía, siendo calificada como clara y fácil de entender por el 83%.
- **Esquema:** el 78% dijo que la entrega de un Esquema previo a la ejecución del TP le fue de utilidad para su comprensión.
- **Interés:** al 61% le pareció súper interesante, al 26 % muy interesante y al resto interesante. La mayoría recomendó su implementación futura .

Se ofreció un espacio para hacer comentarios. Algunos de estos fueron:

Sobre los informes: *“Fue muy útil para presentar y analizar los resultados que obtuvimos en el laboratorio”. “El informe integrador se hace un poco difícil, quizás se podría entregar un poco más fraccionado”. “Me pareció muy interesante y a la vez complicado. Es la primera vez que realizo un informe de tantos tps y conceptos juntos, pero creo que nos prepara para lo que resta tanto de la carrera como para futuros trabajos”.*

Sobre el desarrollo experimental: *“El TP me resultó muy útil para estudiar la materia, más que nada teniendo en cuenta la situación de pandemia. ¡Me parece excelente que se siga haciendo! Lo ideal sería intentar reducir la jornada de trabajo para evitar estar tantas horas ya que también es real que resulta agotador al final del día”. “Considero importante darle más atención al abordaje de fundamentos asociados al cromatógrafo ya que muchas empresas buscan eso en el perfil técnico de un licenciado”. “Fue una de las materias que más me gustó cursar (una pena que haya sido virtual). La relación entre la exigencia, el nivel y lo brindado, fue justo”. “Es mucho más interesante hacer un proceso de purificación completo en vez de varios Tps sin un objetivo global. Ayuda a integrar mejor los temas de la materia y a tener una idea de que métodos conviene hacer después de otro”. “Me parece que es fundamental para entender la materia. Me hubiese gustado hacer más tareas, como un SDS PAGE para ver las proteínas y la purificación”. “Hubiese sido interesante poder armar las columnas como la de CEM (aunque esto puedo entender que no se hizo por cuestiones de tiempo)”.*

Sobre la entrega del Esquema: *“Es útil porque te obliga a leer el TP antes de ir al laboratorio, cosa que sinceramente muy probablemente no haría si no fuese por eso”. “El esquema me sirvió para leer y entender lo que iba a hacer, porque si no hubiese leído los tps 5 minutos antes de ir al lab”. “Es preferible eso que hacer un parcialito. Ya hacer el esquema implica haber repasado y leído sobre el Tp”.*

Además, en la comisión bimodal se contó con las autoevaluaciones sobre la práctica, plasmadas en las bitácoras. En ellas se menciona haber tenido una experiencia

positiva en el TPI en coincidencia con los objetivos didácticos buscados (Autoevaluaciones del estudiantado, julio de 2022). A continuación se comparten algunas reflexiones:

“En cuanto a la discusión de los resultados, pudimos llegar a conclusiones interesantes y a proponer mejoras reales para aplicar en el proceso y poder aumentar el rendimiento obtenido. [...] Me pareció muy buena la idea de la evaluación global de todo el tren de purificación ya que de esa forma se pudieron detectar los puntos críticos y decir cómo mejorar este paso para que luego el efecto no se vea expandido en los pasos posteriores.” (Autoevaluaciones de EZ, julio 2022).

“Siento que fue enriquecedor poder analizar un proceso de purificación real de manera más global y no tanto paso a paso” (Autoevaluaciones de RNV, julio 2022).

“Hacer un TP integrador me dio (y creo que a todos) la posibilidad de ver el panorama de una mejor manera, y más global” (Autoevaluaciones de FNV, julio 2022).

“Este trabajo fue super aprovechado para darle un cierre a todos los TP experimentales realizados, y al ser integrado considero que se le dio más continuidad a cada proceso unitario, fue excelente para realizar al final de la cursada, con previamente todos los contenidos trabajados y discutidos en las instancias de evaluación” (Autoevaluaciones de PYM, julio 2022).

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

En RPP la realización del TPI permitió determinar el grado de comprensión de las diferentes etapas de recuperación y purificación que involucran la obtención de un producto biotecnológico que alcanzan las personas estudiantes. Permitted evaluar si las personas estudiantes adquieren las capacidades de poder realizar y analizar un proceso de forma global, de poder comparar las diferentes tecnologías que se emplean en cada operación unitaria, de poder analizar los resultados obtenidos, plantear sugerencias de mejora y realizar el diseño del escalado, de poder producir informes técnicos.

La experiencia de la realización del TPI permitió que la persona estudiante se enfrente a una situación más auténtica de los bioprocesos, promoviendo diferentes competencias vinculadas a carreras científicas-tecnológicas, favoreciendo la comprensión y aprendizaje sobre los conceptos de la teoría. Mediante las retroalimentaciones recibidas, se obtuvo información sobre las fortalezas y debilidades de la implementación del mismo, lo cual permite mejorar la implementación futura en los próximos cursos. Se focalizará en pensar e implementar estrategias para trabajar sobre los objetivos didácticos menos logrados y en las dificultades comunicadas.

Algunas de las medidas que se adoptarán serán la inclusión de etapas intermedias de discusión y la supervisión de la elaboración del informe final para ayudar a interpretar los resultados con mayor facilidad y así estimular sus habilidades en la redacción de textos científicos. Por otro lado, en respuesta a las sugerencias, se está evaluando anexar tareas relacionadas durante la ejecución del TPI para que el estudiantado practique destrezas técnicas complementarias (realización de SDS-PAGE, armado de columnas, manejo del cromatógrafo, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

Estudiantado de las comisiones nocturna y matutina 2022 (abril-julio, 2022). Autoevaluaciones (producciones escritas) de la Asignatura Recuperación y Purificación de Proteínas. Licenciatura en Biotecnología, UNQ.

Plantel Docente de la asignatura Recuperación y purificación de proteínas. *Guía del TP Integrado: "Recuperación y purificación de Peroxidasa de Raphanus Sativus"*, 2020. Licenciatura en Biotecnología, UNQ. Recuperado de https://docs.google.com/document/d/1MNMDJHB4OrNLbjBDcfCDTU_fkLd7IOxX/edit?usp=sharing&oid=115734607064285849577&rtpof=true&sd=true

Plantel Docente de la asignatura "Recuperación y purificación de proteínas". Guía de TP laboratorio: "Proceso de purificación de GFP recombinante", 2021. Licenciatura en Biotecnología, UNQ. Recuperado de: https://docs.google.com/document/d/1T6aD5soZrZyABBObdzBUDC_BBTokOurO8B5vqwp7SCM/edit?usp=sharing