

RESUMEN

En este artículo se revisan las prácticas de laboratorio (PL) implementadas en la asignatura Química Biológica I durante el segundo año de Microbiología, una carrera universitaria ofrecida por la UNRC en Argentina. Se aborda la hipótesis de que las PL no reflejan una imagen adecuada de la actividad y conocimiento científico. Para ello, se describen y analizan las guías de PL a través de un enfoque metodológico cualitativo. Los resultados son coherentes con la hipótesis por lo que se proponen sugerencias para reestructurar los PL.

PALABRAS CLAVE:

Prácticas de laboratorio, Naturaleza de las ciencias, Educación superior, Química Biológica, Indagación.

ABSTRACT

In this article, the laboratory practices (PL) implemented in Biological Chemistry I during the second year of Microbiology, a university course offered by the UNRC in Argentina, are reviewed. The hypothesis that the PL do not reflect an adequate image of scientific activity and knowledge is addressed. For this, the PL guidelines are described and analyzed through a qualitative methodological approach. The results agree with the hypothesis, so suggestions are proposed to restructure the PL.

KEYWORDS:

Laboratory practices, Nature of science, Higher education, Biological Chemistry, Enquiry.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA BIOLÓGICA EN LA FORMACIÓN SUPERIOR: ANÁLISIS DE CASO Y SUGERENCIAS DE MEJORA

BIOLOGICAL CHEMISTRY LABORATORY PRACTICES IN HIGHER EDUCATION: CASE ANALYSIS AND IMPROVEMENT SUGGESTIONS

Mariana Elisa Vezza*

Departamento de Biología Molecular, FCEFYQyN, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Instituto de Biotecnología Ambiental y Salud, INBIAS-CONICET. Córdoba, Argentina. <http://orcid.org/0000-0003-4056-6941>

Fecha de recepción: 04 de octubre de 2022

Fecha de aceptación: 21 de noviembre de 2022

Fecha de publicación: 2 de diciembre de 2022

Existe un claro consenso acerca del valor positivo de los prácticos de laboratorio (PL) en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Ciencia, especialmente en la formación superior de profesionales del área de las Ciencias Experimentales. En general, los PL son utilizados como estrategias didácticas para aumentar la motivación y el interés, fortalecer la comprensión de contenidos y promover la adquisición de destrezas transferibles al desempeño profesional. Sin embargo, la realización de PL no necesariamente conduce a la construcción de significados y a la capacidad de su uso crítico y creativo por parte de los estudiantes. El diseño de los PL es un aspecto clave que determina las oportunidades de movilización cognitiva y el desarrollo de capacidades de nivel superior e impacta sobre



Este es un artículo Open Access publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 International (CC-BY 4.0)

* Docente, mvezza@exa.unrc.edu.ar

la visión que los estudiantes construyen sobre la actividad y el conocimiento científico. Frente a ello, resulta necesario mantener una constante vigilancia epistemológica para identificar los obstáculos y asumir el desafío de dirigirnos progresivamente hacia prácticas más abiertas y contextualizadas. Una parte importante del plan de estudio de la carrera Microbiología de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC, Argentina) está destinada a PL, muchos de los cuales son relativos a aspectos de la Química Biológica, campo disciplinar de incumbencia para nuestra cátedra docente. La asignatura Química Biológica I es el primer acercamiento a este campo disciplinar de los estudiantes de Microbiología. Se trata de una asignatura obligatoria ubicada en el 2do año lectivo que sienta bases importantes sobre las cuales se apoyará el resto del camino de formación académica.

En función de lo expuesto, se propone como objetivo realizar un análisis documental de los PL actualmente implementados en la asignatura Química Biológica I. Daremos cuenta de las siguientes interrogantes: ¿Qué características poseen los PL propuestos? ¿Qué posibilidades ofrecen para el desarrollo de aptitudes y competencias científicas? ¿Qué imagen sobre la Ciencia sustentan? ¿Qué aspectos deberían revisarse? Para ello, se recopilaron, describieron y analizaron las guías de PL utilizadas durante el último ciclo lectivo. En función de los resultados, se discute acerca de la necesidad de una reestructuración de los PL y se proponen algunas sugerencias para contribuir a superar los obstáculos encontrados.

REVISIÓN DE LA LITERATURA: MARCO CONCEPTUAL

Resulta indispensable explicitar las concepciones que guían el desarrollo del presente estudio. En principio definiremos algunas características de la naturaleza de la Ciencia. Se considera que la Ciencia debe ser entendida no solo como un sistema de conocimientos, sino también como el modo particular de producción de aquellos.

Respecto a los conocimientos científicos, estos no son acabados, ni exactos, sino que están en permanente revisión y evolución, e incluso hay aspectos que aún no se conocen o no pueden ser explicados (Astudillo y Rivarosa, 2012; Fernández et al., 2002). Es decir, se trata de “verdades relativas” que confieren a la Ciencia una naturaleza tentativa y provisoria. Lo que se conoce y lo que no se conoce, incluyendo los modelos explicativos de aquello que se conoce, están en gran parte determinados por múltiples aspectos metacientíficos. La Ciencia es una actividad profundamente humana, guiada por objetivos cognitivos, pero también atravesada por expectativas, valores, ideologías, prejuicios, sesgos culturales, aspectos políticos y económicos (Adúriz Bravo, 2008; Adúriz Bravo, 2013). Estos condicionantes influyen sobre la actividad científica determinando qué es significativo y cómo se debe percibir. Los conocimientos no derivan de una manera automática, sino que implican una actividad creadora de los investigadores. Al respecto, la producción de conocimiento científico no se vale de un único método, por el contrario hace uso de rigurosos, pero múltiples y creativos procedimientos en función del objeto de estudio y del tipo de problema que se investiga. Además, como establece Astudillo y Rivarosa (2012), hay una interacción recursiva y dinámica entre problemas, hipótesis, procedimientos y resultados generando un camino que no es lineal. Por último, es necesario subrayar que la actividad científica es una actividad autocorrectiva, de carácter necesariamente colectivo y colaborativo, donde el conocimiento se construye y se valida con el aporte de diversos actores y disciplinas (Astudillo y Rivarosa, 2012).

Los PL son relevantes, ya que contribuyen a la comprensión de la naturaleza de la Ciencia. Aquellos promueven el entendimiento de planteamientos teóricos, el aprendizaje de procedimientos, el desarrollo del razonamiento científico y el trabajo en equipo entre otras competencias fundamentales (Fernández, 2013).

Los PL se definen como actividades, realizadas por los estudiantes, que implican procedimientos científicos, requieren el uso de materiales e instrumentos semejantes a aquellos utilizados por los científicos y se realizan en un ambiente diferente al del aula: el laboratorio. Los PL constan de diferentes fases: percepción e identificación del problema, planificación, realización, interpretación, evaluación y comunicación. Las actividades propuestas pueden tratarse de observaciones, directas o indirectas, sin procurar la modificación de variables, o experimentos que generan o varían las condiciones para evaluar sus efectos sobre ciertos fenómenos.

Estas actividades pueden ser realizadas por los estudiantes con un grado variable de participación en su diseño y ejecución. En este sentido, Rivarosa y Astudillo (2013) destacan diferentes tipos:

- A) Diseño tipo receta: constan de una sucesión de instrucciones que los estudiantes deben seguir con sentido empírico-inductivista, donde la experiencia conduce a la formulación conceptual.
- B) Diseño con formulaciones recursivas: incluye actividades reflexivas en las que subyace una visión teórico-empírica donde los experimentos ayudan a construir la teoría y la teoría va determinando el diseño a realizar.

Por otra parte, Leite y Figueroa (2004) clasifican los PL según su objetivo primordial:

- A) Aprendizaje de conocimiento procedimental: apuntan al desarrollo de destrezas y aprendizaje de técnicas de laboratorio.
- B) Aprendizaje de conocimiento conceptual
 - B.1) Refuerzo de conocimiento conceptual: no introducen conceptos nuevos. Se trata de protocolos tipo recetas para verificar un conocimiento, obteniendo un resultado previamente esperado y conocido.
 - B.2) Construcción de conocimiento

conceptual: también abordan protocolos estructurados para la obtención de resultados esperados, pero estos son desconocidos por los estudiantes.

B.3) Reconstrucción de conocimiento conceptual: se busca hacer explícitas las ideas previas y ponerlas a prueba buscando contrastarlas con datos empíricos. El diseño del procedimiento puede tener diferentes grados de definición.

C) Aprendizaje de metodología científica: no están apoyadas por protocolos definidos. Permiten la construcción de conocimientos conceptuales nuevos además del desarrollo de competencias y la comprensión de la naturaleza de la Ciencia.

También resulta interesante la categorización propuesta por Meinardi (2010) quien destaca cuatro diferentes niveles de indagación (identificados del 0 al 4) de acuerdo a quién propone cada etapa de un problema. Esta categorización puede ser adaptada y considerada para analizar los PL. Los diferentes niveles identificados son los siguientes:

Nivel 0: El problema y desarrollo están definidos y pautados por el docente, y las respuestas son únicas.

Nivel 1: El problema y desarrollo están definidos por el docente, pero la respuesta es abierta según el grado de conocimiento adquirido por cada estudiante.

Nivel 2: El problema lo define el docente, pero los estudiantes deben proponer el modo de abordarlo y las respuestas quedan abiertas a dicha investigación.

Nivel 3: El problema y el modo de abordarlo es definido por los estudiantes, y las respuestas quedan abiertas a dicha investigación.

METODOLOGÍA

Las actividades realizadas en los laboratorios de la asignatura Química Biológica I de la carrera de Microbiología (UNRC, Argentina)

corresponden a aquellas indicadas en las guías de PL elaboradas por los docentes y entregadas a los estudiantes previo a la clase. Por ello, se recopilaron, describieron y analizaron las seis guías de PL utilizadas en el último ciclo lectivo, a través de un abordaje cualitativo. Para el análisis se recuperaron las categorizaciones propuestas por Leite y Figueroa (2004), Meinardi (2010) y Rivarosa y Astudillo (2013). Además, se sistematizaron sugerencias de mejora apoyadas por literatura especializada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las Guías de PL

En el último ciclo lectivo, se han diseñado e implementado en la asignatura Química Biológica I seis guías denominadas “trabajos prácticos”, numeradas consecutivamente. A continuación, se transcribe su secuencia y títulos.

- PL N° 1: Análisis cualitativo y cuantitativo de sustancias mediante espectrofotometría
- PL N° 2: Cuantificación de glucosa en *Pseudomonas fluorescens* C mediante espectrofotometría
- PL N° 3: Electroforesis desnaturizante de proteínas en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE)
- PL N° 4: Estudios cinéticos de fosfatasa ácida de *P. fluorescens* C
- PL N° 5: Separación, visualización e identificación de fosfolípidos de *Pseudomonas fluorescens* C
- PL N° 6: Extracción, separación y visualización de plásmidos recombinantes de *Escherichia coli*

Todas presentan las siguientes secciones:

- Introducción
- Objetivos
- Materiales y Métodos

- Resultados
- Conclusiones
- Guía de Estudio

La sección “Introducción” ofrece una síntesis de los conceptos teóricos relacionados con el PL. Esta incluye tanto la terminología como las definiciones correspondientes. Generalmente, no se ofrecen ni las referencias bibliográficas de la información seleccionada, ni otras para ampliar. Sin embargo, se describe la situación problemática en la que se enmarca el PL, es decir, se propone un contexto real o potencial de aplicación del procedimiento a realizar. A estas generalidades surgen algunas excepciones. Por ejemplo, en el PL N° 6 se ofrece un código QR que vincula un video de YouTube referido a la técnica que se realizará. Además, se deja abierta la definición de su utilidad potencial. En este sentido, se presenta conceptualizaciones sobre la enzima fosfatasa ácida (PchP) y las técnicas de ADN recombinante como posible herramienta biotecnológica para su producción a gran escala. Luego se finaliza con la siguiente pregunta: “¿Con qué finalidad buscarían producir la proteína recombinante de la PchP?” (Guía de trabajos prácticos. QB I., 2019, p. 51). Después de esta pregunta, hay unas líneas de puntos, a modo de renglones, donde escribir la respuesta. Luego viene la definición de los objetivos del PL y no se observa la formulación de hipótesis

La sección Materiales y Métodos contiene una descripción detallada de los materiales a usar y todas las acciones a seguir de forma numerada. El siguiente enunciado, extraído del PL N° 1, es un ejemplo que ilustra el grado de detalle de las instrucciones, en este caso referidas a la elaboración de una curva de calibración:

- 1). Para cada colorante, rotular 6 tubos de vidrio como: Blanco, T5, T7.5, T10, T25 y T50.
- 2). Preparar 4 mL de diluciones de azul de metileno en agua y 4 mL de diluciones de rojo de metilo en etanol 95%, con las

siguientes concentraciones finales de colorantes: 5 μM , 7.5 μM , 10 μM , 25 μM y 50 μM . Para preparar las diluciones pueden encontrar ayuda en el Anexo 4. (Guía de trabajos prácticos. QB I., 2019, p. 7)

Además, se incluye una breve reseña que explica los fundamentos de las técnicas que se emplearán y explicita las razones de ciertas decisiones metodológicas. Se emplea predominantemente textos, aunque hay además ecuaciones, esquemas y dibujos.

La sección “Resultados” tiene el formato de un formulario, que consiste en una plataforma que define rígidamente la estructura con que deben presentarse. Está dividido en subsecciones, con un orden y títulos definidos, En cada subsección se incluyen enunciados que indican el tipo y forma de presentación de los resultados, y espacios vacíos para completar con lo solicitado. En muchos casos, se ofrece una tabla pre-elaborada para completar con la expresión final de los resultados. A modo de ejemplo, se transcribe el siguiente fragmento correspondiente al PL N° 1:

Para construir las curvas de calibración, se obtuvieron los siguientes datos”

Se incluye una tabla para completar y se continúa con:

Con los datos de la tabla anterior, se construyeron las siguientes curvas de calibración:

(Incluir las curvas de calibración confeccionadas manualmente y las obtenidas utilizando el software) (Guía de trabajos prácticos. QB I. 2019, p. 9)

Después hay un espacio vacío, delimitado por un recuadro donde responder a lo solicitado.

La sección “Conclusiones” contiene entre una y dos preguntas que refieren al aspecto sobre el cual debe reflexionarse y concluirse, luego, nuevamente, un espacio vacío para elaborar una conclusión que debe hacerse respondiendo a esa pregunta. Luego, en esta sección del PL

N° 1, encontramos las "Conclusiones" con una NOTA: ¿Qué metodología de análisis crees que es más confiable? (Guía de trabajos prácticos. QB I. 2019, p. 10). A continuación le siguen líneas de punto, a modo de renglones, donde escribir la respuesta.

La sección “Guía de Estudio” se trata de un cuestionario. La mayoría de las preguntas se refieren a las técnicas empleadas y pueden ser respondidas mediante la repetición de la información ofrecida en la guía del PL, mientras que solo unas pocas implican la elaboración propia de la respuesta. A modo de ejemplo, se transcriben algunas preguntas del PL N° 6. En primer lugar, tenemos una pregunta con respuesta explícita en la guía de PL: “1. Indique qué función cumplen los siguientes reactivos en la extracción de ADN genómico: SDS, etanol 70%. 2. Indique qué función cumplen los siguientes reactivos en la extracción de ADN plasmídico: AcK, isopropanol, NaOH.”. En segundo lugar, tenemos una pregunta sin respuesta explícita en la guía de PL: “3. ¿Qué cree que sucedería si durante la extracción de ácidos nucleicos por error agregamos agua en lugar de isopropanol?” (Guía de trabajos prácticos. QB I. 2019, p. 61). Solo con el conocimiento de estas preguntas no se puede conocer cómo es implementado en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Podría tratarse de preguntas orientadoras que le permite al estudiante reconocer los aspectos más importantes del PL, las cuales podrían analizarse grupal o individualmente, siendo revisadas o no por el docente.

Análisis de las Guías de PL

Considerando los tipos de actividades que identifican Pastorino et al. (2016) y Rivarosa y Astudillo (2013), todos los PL propuestos consisten en “recetarios de cocina” cerrados que constan de una sucesión de pasos estrictamente regulados. Estos se refieren a acciones motoras y, en menor proporción, cognitivas que los estudiantes deben seguir para cumplir los objetivos. Las instrucciones contienen decisiones preestablecidas sobre

todas las variables sin dejar margen ni para el cuestionamiento de estas, ni para actuar libremente. Este tipo de diseño anula la posibilidad de ocurrencia de errores y resultados imprevistos, pues busca una única respuesta concebida como “la correcta”. Estas guías sostienen una relación lineal y unidireccional entre el proceso observacional-experimental y los marcos teórico-conceptuales, donde se pretende que las observaciones conduzcan a la comprobación y/o ilustración de la teoría sin mediar una relación interdependiente entre las

mismas. Este tipo de diseño se contrapone a aquellos con formulación recursiva (Rivarosa y Astudillo, 2013).

Como se muestra en la Tabla 1, la mitad de los PL son experimentos donde se evalúa los efectos de la modificación de una variable, mientras que la otra mitad se trata de observaciones. No obstante, todas las tareas son de tipo ilustrativas y demostrativas. Hay un predominio de actividades informativas, manipulativas e instrumentales con baja implicancia intelectual.

Tabla 1

Tipo de PL

	PL N°1	PL N°2	PL N°3	PL N°4	PL N°5	PL N°6
A) Observacional	X		X			X
B) Experimental		X		X	X	

Nota.

X: indica el tipo de PL según corresponde.

La Tabla 2 muestra las características de los PL según sus objetivos de acuerdo con la clasificación sugerida por Leite y Figueroa (2004). Como se evidencia, el aprendizaje de diferentes técnicas, procedimientos y destrezas es el objetivo principal y transversal de toda la propuesta. El aprendizaje de conocimiento

conceptual surge solo en algunos PL y se refiere al posible significado de los resultados biológicos evidenciados a través de las técnicas empleadas en el contexto de la situación problemática propuesta. Sin embargo, este tipo de objetivo es abordado con una importancia secundaria, no siendo el foco de los PL.

Tabla 2*Objetivos abordados por los PL*

	PL N°1	PL N°2	PL N°3	PL N°4	PL N°5	PL N°6
A) Aprendizaje de conocimiento procedimental	X	X	X	X	X	X
B.1) Refuerzo de conocimiento conceptual				X		
B) Aprendizaje de conocimiento conceptual						
B.2) Construcción de conocimiento conceptual		X			X	
B.3) Reconstrucción de conocimiento conceptual						
C) Aprendizaje de metodología científica						

Nota.

X: indica que el PL responde al objetivo indicado. X (negrita): señala el objetivo principal.

La Tabla 3 analiza los niveles de indagación de cada PL, de acuerdo con la clasificación de Meinardi (2010). Como se muestra, la mayoría de los PL alcanzan los primeros niveles de indagación (0-1), siendo la mayoría de las fases definidas por el docente. Las emisiones de

respuesta calificadas como DL se deben a que los resultados son únicos y previamente conocidos antes de empezar la experiencia práctica. Es decir, hay una supremacía de la producción convergente.

Tabla 3*Niveles de indagación de los PL*

	PL N°1	PL N°2	PL N°3	PL N°4	PL N°5	PL N°6
Planteo del problema	DL	DL	DL	DL	DL	DL
Propuesta de desarrollo	DL	DL	DL	DL	DL	DL
Emisión de repuesta	DL	E	DL	DL	E	DL
Nivel de indagación alcanzado	0	1	0	0	1	0

Nota.

DL: propuesto por el docente y/o recuperado del libro. E: propuesto por el estudiante.

0-4: indica el nivel de indagación alcanzado por el PL.

En las secciones Conclusiones y Guía de Estudio no se habilita la posibilidad de que el estudiante genere preguntas, diferentes a las propuestas, según su entendimiento y propios intereses. Generalmente, las preguntas promueven una lectura lineal y literal del texto y su respuesta es satisfecha mediante la reproducción sin demandar procesos intelectuales y lingüísticos superiores. En este sentido, se hace uso del lenguaje científico como sistema de etiquetaje y, en menor medida, como sistema interpretativo (Márquez Bargalló, 2005).

En síntesis, en los actuales PL pueden identificarse los siguientes aspectos como obstáculos:

- enseñanza focalizada en destrezas técnicas
- inclusión de actividades con bajo nivel de indagación
- abordaje del conocimiento como producto convergente y acabado
- concepción del estudiante como un receptor y reproductor pasivo.

A este tipo de prácticas subyace una visión estereotipada de la Ciencia (Flores et al., 2009):

- empírico-inductivista y ateorica, que resalta la observación y la experimentación neutra y objetiva;
- visión rígida, algorítmica e infalible del método científico, considerándolo como etapas a seguir mecánicamente que garantizan un resultado único y exitoso;
- concepción aproblemática y ahistórica de la Ciencia, parcelada de otras áreas, por la presentación de contenidos acabados y de acumulación lineal;
- concepción individualista de la Ciencia, que no reconoce un trabajo constructivo social.

Por lo tanto, sostienen una reducción y deformación de las verdaderas características del trabajo científico, limitando las posibilidades de desarrollo integral del estudiante.

Los resultados son coherentes con las características de trabajos prácticos experimentales de Química implementados en otros ámbitos de educación superior (Acuña et al., 2018). En este sentido, Lorenzo (2020) sostiene que en la literatura “son muy escasos los trabajos que presentan verdaderas transformaciones” (p. 30).

Propuestas de Mejora de las Guías de PL

De acuerdo a lo descrito en el apartado anterior se observa la necesidad de buscar un cambio gradual desde la omnipresencia de tareas ilustrativas-demostrativas hacia la inclusión de tareas de indagación; desde la resolución mecánica y algorítmica hacia el abordaje de problemas complejos; desde la enseñanza focalizada en conceptos y destrezas técnicas hacia el desarrollo de competencias y actitudes científicas así como procesos cognitivos superiores, acciones que resultan necesarias para garantizar la transferencia de los conocimientos adquiridos en la enseñanza de grado al desempeño profesional.

Para ello, no es necesario reformar en su totalidad los PL. Incluso, la reestructuración completa podría ser contraproducente, ya que exige de los estudiantes conocimientos y competencias que aún no han desarrollado, considerando que esta asignatura se dicta en el 2do año académico del ciclo básico. Por el contrario, se propone una apertura gradual de los PL a lo largo del recorrido de la asignatura. En lo que sigue se presentan algunos lineamientos que podrían ser considerados.

Incluir Actividades Abiertas de Indagación

Este aspecto resulta primordial en función de los obstáculos principales identificados en los PL actuales. Crujeiras y Jiménez Aleixandre (2012, 2015) sostienen que, si bien es necesario enseñar contenidos, también es imprescindible promover la participación en las propias prácticas científicas y reflexionar sobre su significado, siendo el laboratorio un ambiente propicio

para ello. Esta perspectiva invita a considerar la inclusión de PL abiertos, en al menos uno de sus elementos, en lugar de pre-definir toda la propuesta (situación problemática, objetivos, conocimientos e información necesaria, materiales y métodos, forma de interpretación de los resultados, etc.). No se trata de no dar ningún tipo de instrucción, por el contrario, será siempre necesaria la ayuda del docente a modo de andamiajes. Esto puede ser aplicado en las diferentes fases del PL.

- *En la fase de percepción e identificación del problema:* resulta propicio que los PL se enmarquen en problemas con implicancia ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) que sean de interés y utilidad para los estudiantes. En este punto, es conveniente incluir problemas que los familiaricen con hechos y fenómenos del entorno cotidiano, incluyendo situaciones reales o potencialmente reales con los que puedan encontrarse en su futuro desempeño laboral y profesional. A los fines de lograr una progresiva apertura de esta fase, una estrategia podría ser ofrecer el título y/o la introducción del PL, en forma escrita o mediante imágenes o videos, y que, en función de ello, los estudiantes planteen la pregunta que esperan o les interesaría responder, lo cual permitiría indagar sobre cuáles son sus intereses y abrir la posibilidad de incluirlos (Sanmartí, 2021). También puede ser oportuno incluir en las guías de PL conocimientos implícitos y/o evitar otros, estimulando la búsqueda bibliográfica para comprender el problema y/o definir las hipótesis. Al respecto, resulta necesario generar un espacio para la emisión de hipótesis como actividad fundamental de la investigación científica, ausente en las guías de PL analizadas aquí. Entre otras potencialidades, esto promueve la identificación de las ideas y conocimientos previos de los estudiantes, que en muchos casos pueden tratarse de obstáculos epistemológicos (Astolfi, 1999).

- *En la fase de planificación y realización:* proponer una situación problemática con una pregunta de investigación, pero dejar a los

estudiantes la tarea de planificar el diseño experimental: elegir las variables y cómo medirlas. Se recomienda que el plan de trabajo elaborado sea discutido antes de su puesta en práctica. El PL *¿Qué pasta de dientes protege mejor?* descrita por Crujeiras y Jiménez Aleixandre (2012) es un ejemplo de aplicación de esta propuesta. En este caso se incluyen pistas en el guion relativas a los materiales disponibles y cómo simular aquellos no disponibles además de explicitación de ciertos conocimientos e información necesaria. Este tipo de propuesta contempla la posibilidad de metodologías múltiples, pudiendo haber diferencias entre los planes de trabajo propuestos y el surgimiento de errores o resultados no esperados, ya que los protocolos no fueron previamente ajustados y probados por el docente.

- *En la fase de interpretación y evaluación:* dejar abierta la forma de registro, análisis y presentación de los resultados. Esto estimula la divergencia en las formas de interpretación y representación según los diferentes puntos de vista para su posterior comparación y contrastación entre las obtenidas por diferentes estudiantes.

Es posible que este tipo de propuesta implique más tiempo, necesitando descomponer la tarea en diferentes etapas, por ejemplo, elaborar y analizar el diseño experimental en momentos y/o encuentros diferentes y previos a su puesta en práctica.

Desarrollar la Comunicación de la Ciencia

Enseñar y aprender es un proceso de comunicación. De semejante forma, la actividad científica es también una actividad lingüística. En la Ciencia, el lenguaje tiene un rol fundamental en la génesis y modificación de modelos explicativos así como en la transmisión de los conocimientos elaborados. De este modo, el lenguaje es un instrumento para generar preguntas e hipótesis, poner a prueba ideas, imaginar modelos, interpretar situaciones, socializar el conocimiento, etc. Por derivación,

el lenguaje también es el principal mediador de la actividad científica escolar, influyendo en el aprendizaje de los estudiantes (Sanmartí, 2021). En este ámbito, el lenguaje cotidiano resulta insuficiente para describir los fenómenos naturales desde las concepciones científicas por lo que se requiere aprender y afianzar nuevos términos, conceptos y estructuras gramaticales (Márquez Bargalló, 2005); además de lenguajes no verbales como gráficos, fórmulas, mapas, símbolos, ecuaciones, entre otros. Muchos autores sostienen que la falta de dominio del lenguaje de la Ciencia es una barrera para su enseñanza-aprendizaje (Márquez Bargalló, 2005; Quilez Pardo, 2016a, 2016b; Sanmartí, 2021; Sutton, 2003). En este sentido, se ha producido un “vaciamiento discursivo en el aula” consistente en la “desnaturalización de la función del lenguaje como sustento de los contenidos disciplinares específicos” (Galagovsky Kurman et al., 1998). En el caso de la educación universitaria, aquello se ve reflejado en estudiantes con dificultades para comunicar Ciencia tanto de forma escrita como verbal. Frente a ello, es necesario una alfabetización científica donde se promueva el desarrollo de competencias lingüísticas de forma paralela a los conocimientos disciplinares, incluyendo leer, escribir, hablar y escuchar significativamente sobre Ciencia (Quilez Pardo, 2016b). En este sentido, la inclusión de actividades abiertas de indagación, discutidas anteriormente, requieren del uso activo del lenguaje y la comunicación para describir, comparar, justificar, argumentar, evaluar, explicar las propias ideas, emitir hipótesis, producir textos, etc. De esta forma, se abre la posibilidad a diferentes niveles de lectura: literal, pero también inferencial, evaluativa, creativa y cooperativa (Márquez Bargalló, 2005). Además, se potencia el establecimiento de relaciones entre las ideas previas adquiridas en otras situaciones, los conceptos vistos en las clases teóricas y los brindados en los PL, evitando la compartimentalización, y enfatiza la construcción social de significados al necesitar la interacción con las ideas de los otros.

Además, podría considerarse lo siguiente:

- Promover la búsqueda e integración de fuentes de información diferentes al libro de texto utilizado por la cátedra y al marco teórico ofrecido en la sección Introducción de los PL. Contemplar el uso de textos no estrictamente académicos, aquellos que circulan fuera de la universidad, tales como publicidades, artículos de divulgación periodística, redes sociales, leyendas, relatos-biografías de científicos, fotos u otras expresiones artísticas, entre otros. Esto puede ser promovido al enmarcar el PL en una temática de implicancia CTSA u al incluir la historia de la Ciencia.
- Proponer la comunicación de los resultados en distintos formatos y soportes, diferentes a los informes escritos, además de incorporar la producción de textos para lectores diferentes a los docentes. En este sentido podría incluirse la construcción de póster o audiovisuales para ser compartidos en contextos externos al aula-laboratorio, tal como la radio de la universidad, entre otros.

Incorporar Elementos Metacientíficos

A los fines de facilitar la construcción de una visión más humana, dinámica y perfectible de la Ciencia, sería interesante incorporar en alguno de los PL un análisis histórico, epistemológico y/o sociológico de diferentes acontecimientos de la historia de las Ciencias, pasados o actuales, para re-contextualizar los saberes (Adúriz Bravo, 2013; Rivarosa et al., 2011). Es decir, no abordar únicamente productos acabados, sino también conocer los fenómenos y problemáticas que los atraviesan (Astudillo y Rivarosa, 2012; Castillo Ayala, 2008; Rivarosa et al., 2016). Esto puede tener muchas repercusiones positivas en la formación del estudiante. Por una parte, el problematizar la relatividad del conocimiento científico contribuiría a promover el reconocimiento de las posibilidades y limitaciones de la Ciencia. Además, este abordaje promovería la aspirada interdisciplinariedad, pudiendo integrar diferentes áreas de conocimiento. Por otra parte, el análisis de la diversidad y génesis

de métodos científicos podría contribuir al desarrollo de la imaginación, curiosidad y creatividad, ampliando la manera de concebir los problemas. Se ha reportado que este enfoque puede mejorar el aprendizaje de los contenidos teóricos y además dar elementos relevantes para el desempeño fundamentado de la profesión (Adúriz Bravo, 2008).

Estas propuestas se sustentan en una visión teórica-empírica de la Ciencia. Involucran formulaciones recursivas, que consideran una relación dialógica y flexible entre procesos experimentales y marco teórico, superando el distanciamiento que suele existir entre las clases teóricas y prácticas, y entre la académica y el resto del contexto social.

CONCLUSIONES

Los PL de la asignatura Química Biológica I de la carrera universitaria Microbiología (UNRC,

Argentina) presentan un formato lineal no recursivo y apuntan a objetivos didácticos-pedagógicos enfocados en el conocimiento procedimental y el desarrollo de destrezas técnicas. En todos los casos se propone que los estudiantes realicen una guía de actividades previamente elaborada y con significados ya construidos, lo que requiere una baja demanda cognitiva por estimular la repetición y reproducción. Esto promueve la construcción de una visión estereotipada y deformada de la Ciencia que dista con la realidad. Se plantea como desafío reestructurar los PL buscado incluir gradualmente mayores niveles de indagación, recuperar la dimensión social de la Ciencia y otorgar mayor libertad y autonomía a los estudiantes, con el propósito de impulsar el desarrollo de competencias y actitudes científicas útiles para el futuro desempeño profesional.

REFERENCIAS

- Acuña, M.G., Marchak, G.M., Medina, G.E., Baumann, A.J. y 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 en Línea*, 24(1), 24-36. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/104305/CONICET_Digital_Nro.6cead52d-2005-4196-b25c-d140ecab3691_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Adúriz Bravo, A. (2008). Un nuevo lugar para la “intervención experimental” en la ciencia escolar. *Revista*, 12, 4-5.
- Adúriz Bravo, A. (2013). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista Electrónica EDUCyT*, 1, 125-140. <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/9>
- Astolfi, J.P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, (25), 149-171. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/5863>
- Astudillo, C. y Rivarosa, A. (2012). Un papel para la epistemología en la enseñanza de las ciencias. *Revista Ciencia Escolar*, 2(2), 11-34. <http://www.unirioeditora.com.ar/invinciencias/assets/anexos/carola/astudillo-rivarosa-2012.pdf>
- Castillo Ayala, J.C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Nodos y Nudos*, 3(25), 73-80. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN/article/view/1388>
- Crujeiras, B., Jiménez Aleixandre, M.P. (2012). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 72, 12-19.
- Crujeiras, B., Jiménez Aleixandre, M.P.J. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 63-84. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/v33-n1-crujeiras-jimenez>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, N.E. (2013). Los trabajos prácticos de laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 15-30. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/22395>
- Flores, J., Caballero Sahelices, M.C. y Moreira, M.A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*, 33(68), 75-111. <https://investigacion.ubu.es/documentos/5db1805c299952477238a556>
- Galagovsky Kurman, L.R., Bonán, L. y Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela: un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(2), 315-321. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/167090>
- Leite, L. y Figueroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20-30.
- Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, 21, e0004.
- Márquez Bargalló, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Revista Educar*, 33, 27-38.

- Meinardi, E. (2010). ¿Cómo enseñar ciencia? En: E. Meinardi (Ed.), *Educación en Ciencias*. Paidós.
- Pastorino, I.C., Correa, A.L. y Raffaini, G.B. (2016). Las actividades experimentales en la formación inicial de profesores de Biología de la UNRC Educación. *Formación e Investigación*, 2(3), 1-11.
- Quilez Pardo, J. (2016a). El lenguaje de la ciencia como obstáculo de aprendizaje de los conocimientos científicos e propuestas para superarlo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16 (2), 449-476. <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/164680>
- Quilez Pardo, J. (2016b). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua? *Educación Química*, 27, 105-114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X15000956>
- Rivarosa, A.S. y Astudillo, C.S. (2013). Las prácticas científicas y la cultura: una reflexión necesaria para un educador de ciencias. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 8(23), 45-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4240891>
- Rivarosa, A., Astudillo, C., Altamirano, M., Astudillo, M. y Trefs, F. (2016). *Nueva cultura científica. Múltiples narrativas como puentes cognitivos y políticos para comprender la naturaleza del conocimiento científico. Programa de Transferencia de Resultados de la Investigación y Comunicación Pública de la Ciencia (PROTRI)*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Gobierno de la Pcia. De Córdoba.
- Rivarosa, A., De Longhi, A.L. y Astudillo, C. (2011) Dilemas sobre el cambio de teorías: la secuenciación didáctica en una noción de alfabetización científica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 368-393. http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART8_VOL10_N2.pdf
- Sanmartí, N. 2021. Leer para aprender ciencias. *Leer.es*, 2-6. <http://blog.intef.es/leer.es/publicaciones/PDFs/201104.pdf>
- Sutton, C. 2003. Los profesores de ciencias como profesores del lenguaje. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 21-25.