

# 02

## La práctica experimental en la enseñanza de las ciencias naturales: aportes para el rediseño

Gabriela Varela Beloso  
Ignacio Idoyaga

### Introducción

El análisis crítico sobre los trabajos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales se incorpora a la agenda educativa desde la clásica publicación de Hodson (1994), en la que se sostienen algunas discusiones que aún hoy tienen vigencia en todos los niveles educativos. Entre estas, podemos mencionar las siguientes: cuál sería su valor para el aprendizaje de conceptos, procedimientos, metodología científica e incluso para favorecer la motivación.

Unos años después Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) argumentan que los trabajos de laboratorio suelen ofrecer una visión distorsionada sobre los procesos que tienen lugar en la actividad, lo que es concordante con los resultados de la investigación de Álvarez y Carlino (2004), que muestran que el 60 % de los estudiantes consideran que el conocimiento científico es producto directo del análisis de los resultados obtenidos a través de la experimentación, siendo

la observación la que ofrece los datos y el experimento la estrategia de elección para su comprobación.

Por otra parte, cuando se entrevista a los estudiantes sobre sus percepciones, son ellos quienes manifiestan la necesidad de actividades prácticas que les presenten mayor desafío intelectual, que promuevan la reflexión y búsqueda de explicaciones y que tiendan hacia un creciente nivel indagatorio.

Estas investigaciones son apenas ejemplos de todas las que insisten en la necesidad de volver a colocar en la agenda de la didáctica de las ciencias naturales la reflexión analítica sobre la distancia entre lo que proponen los especialistas, los documentos curriculares, lo que planifican los docentes y lo que esperan los estudiantes (Gil-Pérez, Carrascosa, Furió y Martínez-Torregrosa, 1991; Caamaño, 1992, 2007; White, 1996; Álvarez, 2007; Fernández, Marcángeli y Romero, 2011; Fernández, 2015; Idoyaga y Maeyoshimoto, 2018; Moya, Medina, Granchetti e Idoyaga, 2021).

El desafío se constituye, como ya lo propuso Hodson (1994), en rediseñar los trabajos prácticos considerando en forma integrada, reflexiva e interactiva el *aprendizaje de la ciencia, de la naturaleza de la ciencia y de la práctica de la ciencia*. El foco del dilema lo constituye qué tipo de trabajo de laboratorio, en qué contexto, con qué nivel de coparticipación estudiante-docente, con cuál concepción de ciencia y con qué sentido pedagógico debe sostenerse y promoverse.

Las actividades de laboratorio son consideradas imprescindibles para una educación científica de calidad, por lo que no resulta sorprendente que desde la década de los noventa la investigación en este tópico siga creciendo en forma exponencial, sobre todo, en torno a las implicancias didácticas en el aula de ciencias naturales.<sup>1</sup> En especial se ha reavivado el interés durante la emergencia educativa como consecuencia de la COVID-19, ya que estas actividades de enseñanza estuvieron fuertemente debilitadas.

De forma paralela, son varias las investigaciones que registran que su inclusión en el aula suele ser menor a la que el docente declara en función de las múltiples bondades que presentan para mejorar algunos aprendizajes debido, fundamentalmente, a factores externos, como el alto número de alumnos, la falta de recursos o la escasa formación docente (Gil-Pérez *et al.*, 1991; Fernández *et al.*, 2011).

Por estos motivos, resulta necesario compartir en esta comunicación algunas interrogantes sobre estas estrategias de enseñanza que promuevan su rediseño. Se propone revisar las propuestas de algunos autores que ofrecen diferentes conceptualizaciones sobre trabajos prácticos, trabajos prácticos de laboratorio, experimentos, actividades experimentales, actividades experimentales simples y, en particular, lo que se conoce en la actualidad como el modelo didáctico de laboratorio extendido (Idoyaga, 2020).

Posteriormente, se adelanta un diagnóstico preliminar de una investigación sobre la actividad experimental que llevan a

1. Se acota en esta oportunidad la nominación de ciencias naturales al conjunto de las disciplinas científicas: ciencias biológicas, física y química.

cabo profesores de ciencias en Uruguay, Argentina y Costa Rica y, por último, se ofrecen algunos sitios de interés que podrían enriquecer el diseño de la enseñanza en la lógica del modelo de laboratorio extendido.

## El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias

Algunas actividades de enseñanza son propias del campo disciplinar de las ciencias naturales, como lo es el trabajo en el laboratorio, en el cual se ponen en juego algunas habilidades y procedimientos que enlazan el *saber con el saber hacer*.

En este sentido, Del Carmen (2011) utiliza el término *trabajos prácticos* para referirse a actividades en las que están implicados algunos de los procedimientos característicos de las diferentes disciplinas, con un enfoque integrado entre la teoría y la práctica, en general vinculado al trabajo de laboratorio o de campo. Sin embargo, conceptualmente también podrían estar asociados a la resolución de problemas científicos o tecnológicos diversos.

Este autor y otros (Del Carmen, 2011; Del Carmen, 2000; Barberá y Valdés, 1996) han propuesto, particularmente, la nominación de *trabajos prácticos de laboratorio* (TPL) a aquellos que presentan una serie de finalidades formativas que, si bien con diferente grado de participación de los estudiantes, promueven la asociación entre teoría y práctica, favorecen el aprendizaje del proceso de construcción de conocimiento científico y suelen aumentar la motivación estudiantil.

Otros autores se han focalizado en la categorización de los TPL utilizando diferentes criterios. Por ejemplo, Perales (1994) propone categorías según el ámbito de realización, el grado de participación de los estudiantes y el propósito de aprendizaje.

Lorenzo, Reverdito, Perillo y Salerno (2001) proponen una distinción entre aquellos que implican procesos intelectuales, en los que se involucran básicamente pensamiento científico como construcción de hipótesis, distinción de tipos de variables, comunicación argumentativa y otros, y procedimientos sensoriomotores que están vinculados a las destrezas en la motricidad

fina y al aprendizaje operativo de instrumental específico propio de cada disciplina, así como a la observación que permite interpretar conceptos teóricos, muy habitual en el campo de las ciencias biológicas.

Por otra parte, Caamaño (2004) los caracteriza en experiencias, ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones asociando objetivos de enseñanza a cada uno de ellos, mientras que Leite y Figueroa (2004) utilizan una taxonomía basada en los objetivos que se persiguen sobre aprendizaje conceptual, procedimental o de metodología científica. Se destaca que la referencia a actividades prácticas *de laboratorio* significa que pueden ser llevadas en el aula tradicional, en un laboratorio con la infraestructura característica, al aire libre o en un ámbito doméstico (Puhek, Perse y Sorgo, 2011).

En el espacio de laboratorio tradicional, con diferente énfasis y frecuencia en el tipo de actividad, dependiendo de la disciplina que se trate, se desarrollan actividades de observación o experimentales tanto demostrativas como investigativas. En este sentido, Idoyaga y Maeyoshimoto (2018, p. 56) distinguen entre experimento y actividad experimental:

El experimento es un procedimiento por el cual se trata de corroborar una o varias hipótesis relacionadas con un determinado fenómeno, mediante la manipulación y el estudio de las correlaciones de las variables que presumiblemente son su causa. El resultado de un experimento aporta validez a una teoría, y este es el objetivo que persigue. [...] la actividad experimental es una acción planificada didácticamente cuyo objetivo es generar condiciones propicias para que se produzcan aprendizajes de conceptos, procedimientos y actitudes [...]. A pesar de que su resultado, probablemente incierto para los estudiantes, pueda corroborar sus hipótesis personales, no interviene en la aceptación de ninguna teoría.

Como un subtipo de actividad experimental, Reverdito y Lorenzo (2007) proponen las *actividades experimentales simples* (AES), que pueden implementarse en aulas convencionales o en el hogar, pues no se

requiere de un laboratorio con equipamiento específico para su realización, jerarquizando así su contextualización a situaciones cotidianas (Córdova, Feregrino, Reza, Ortiz y Dosal, 2005; Furió, Valdés y González de la Barrera, 2005). Los materiales que se utilizan son de uso doméstico, de bajo costo y accesibles, lo que extiende el tiempo de aprendizaje pudiendo realizarse fuera de la infraestructura escolar.

En los últimos dos años, las prácticas educativas se vieron desafiadas por el establecimiento de una modalidad de enseñanza de emergencia en entornos virtuales que permitiera dar continuidad pedagógica en todos los niveles educativos.

Esto es lo que Hodges, Moore, Lockee, Trust y Bond (2020) denominaron *enseñanza remota de emergencia* (ERE), una modalidad que se desarrolla en un lapso y en un contexto de crisis. Particularmente, los gobiernos se vieron interpelados por cuestiones operativas, de acceso a dispositivos tecnológicos y a internet, así como por aspectos académicos.

La ERE dificultó la planificación y adecuación curricular y obligó a sostener una enseñanza que alternó entre lo exclusivamente virtual y la práctica híbrida. En este contexto, los trabajos prácticos de laboratorio resultaron las actividades más resentidas y los profesores de ciencia recurrieron a múltiples alternativas para mantener una educación científica de calidad incluyendo el trabajo práctico en la nueva aula virtual.

Estas dificultades exigieron una intensa búsqueda de nuevas opciones didácticas para acercar el laboratorio al aula virtual de ciencias. En este sentido, los profesores de ciencias recurrieron con gran creatividad y compromiso educativo a proponer novedosos recursos y actividades: prácticas demostrativas con videos disponibles en la Web o desarrolladas por los docentes, actividades experimentales simples en el hogar, trabajos prácticos de campo en las cercanías del domicilio, utilización de aplicaciones de celulares, uso de laboratorios virtuales y remotos y, en gran medida, uso de simuladores (Gamage, Wijesuriya, Ekanayake, Rennie, Lambert y Gunawardhana, 2020).

Los simuladores están sustentados en

una técnica numérica que permite realizar experimentos en una computadora, para lo cual se requieren modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo. Simular es la acción de imitar la operación de un proceso o sistema real para comprender el comportamiento de las variables del sistema y sus interrelaciones. (Aguilar y Heredia, 2013, secc. «Resumen», párr. 1).

La simulación en computadora permite comprender el comportamiento de variables y sus interrelaciones, trata así de asemejarse al proceso que se suele desarrollar en un laboratorio convencional. Ofrece una situación de enseñanza y aprendizaje en la que se pueden conseguir gran parte de los propósitos formativos que se dan en un espacio presencial (Monge Najera y Méndez Estrada, 2007).

Shin, Yoon, Lee y Lee (2002) la consideran al menos tan adecuada para los propósitos formativos como los laboratorios tradicionales, con la ventaja de que pueden *parar* y revisar o revisar cuantas veces sea necesario para comprenderlo mejor. Otros autores consideran que la exposición exclusiva a la simulación produce una desconexión entre el mundo real y el virtual (Magin y Kanapathipillai, 2000).

Si bien una de las ventajas que se conciben en las simulaciones es su bajo costo comparativo respecto a la infraestructura necesaria para un laboratorio tradicional, ya que pueden repetirse múltiples veces modificando diversos parámetros hasta que sea posible comprender el funcionamiento del sistema no consumiendo reactivos o materiales costosos, para otros investigadores el costo no sería necesariamente inferior, pues para que las simulaciones se acerquen a emular procesos reales hay que invertir mucho tiempo y un equipo técnico de experticia multidisciplinaria.

Otros de los recursos utilizados especialmente en el campo de la física y la química son los *laboratorios virtuales*. Se trata de recursos digitales tridimensionales

sustentados en *software* que realizan una interfaz con simuladores de procesos y emulan un laboratorio tradicional. De acuerdo con Pino-González (en Mancio Reyes, 2007), ofrecen un espacio virtual en tiempo real que responde a las instrucciones o acciones del usuario, simulando los procedimientos y resultados obtenidos en un laboratorio clásico.

Un recurso diferente y que está en amplio desarrollo son los *laboratorios remotos*, que ponen en conexión una práctica real que se realiza a distancia, con un operario mediante una interfaz de alta interactividad (Orduña, Rodríguez-Gil, Angulo, Dziabenko, López de Ipiña y García-Zubia, 2012). Se diferencia del laboratorio virtual en que existe un laboratorio físico en el cual el proceso se desarrolla.

Este laboratorio, que se hace remoto mediante un *software*, con la posibilidad de que el usuario modifique las variables, lo que particularmente lo diferencia de un laboratorio tradicional es la distancia entre el laboratorio y el usuario, pues los datos se obtienen manipulando el equipamiento de forma remota.

En la última década se ha expandido el desarrollo de laboratorios remotos sobre diferentes tópicos y están utilizándose en universidades y escuelas de educación media de todo el mundo (Fujita, Cassaniga y Fernández, 2003; Yoo y Hovis, 2004, en Ma y Nickerson, 2006).

Al igual que los laboratorios virtuales, amplían la capacidad de uso respecto al laboratorio tradicional, pero su principal ventaja comparativa respecto a estos es que se realiza una manipulación del instrumental real en un laboratorio físico que puede estar instalado en cualquier parte del mundo, aumentando no solo el número de repeticiones que se pueden desarrollar, sino los diferentes sitios desde los que se puede acceder.

No es sorprendente que las investigaciones en didáctica acompañen estas nuevas estrategias que emergen en el aula debido fundamentalmente al desarrollo de la tecnología, a su disponibilidad en la Web y a los altos costos de los laboratorios

tradicionales, en los que es necesario un espacio con una infraestructura específica, materiales y reactivos.

Hay abundante bibliografía que se refiere en especial a la eficacia del aprendizaje en laboratorios mediados por tecnologías (simuladores, virtuales o remotos), lo que pone en la agenda educativa el debate acerca de las potencialidades y debilidades de cada tipo de laboratorio *no tradicional*.

Para Ma y Nickerson (2006), la discusión está sesgada por el tipo de objetivo que persiguen, es decir, si el énfasis está en el desarrollo de habilidades sociales, de diseño experimental, de desempeño profesional o de comprensión conceptual. Es un campo de la didáctica de las ciencias en pleno auge en el que queda mucho aún por conocer, tanto desde el enfoque de la enseñanza como del aprendizaje y muy especialmente en el contexto de América Latina, donde estas estrategias son muy recientes y escasas.

En este marco, en el cual se entrelazan diferentes alternativas para desarrollar, fortalecer y potenciar el trabajo de la práctica experimental, se introduce el concepto de *laboratorio extendido*. El laboratorio extendido es un modelo didáctico que propone el uso sinérgico y sistémico de diversas estrategias y dispositivos para realizar actividades experimentales en entornos digitales (Idoyaga, 2020; Moya, Medina, Granchetti e Idoyaga, 2021). Promueve tanto el desarrollo cognitivo de operaciones mentales complejas, especialmente vinculadas al pensamiento científico, como el desarrollo sensoriomotor.

Las estrategias de enseñanza se articulan con diversos tipos de recursos didácticos y dispositivos que se caracterizan por su potencial ubicuidad. Así, este modelo propone el desarrollo de actividades experimentales simples, el uso de simuladores, laboratorios virtuales, remotos, telefonía inteligente y otras tecnologías más o menos emergentes como la realidad aumentada, la realidad inmersiva, la holografía y la inteligencia artificial.

Este tipo de modelo didáctico ofrece la oportunidad de trabajar diferentes niveles de representación, desde el simbólico hasta

el macroscópico, todos ellos implicados en la enseñanza de las diferentes disciplinas científicas.

Además de la factibilidad de su contextualización, permite la autorregulación del aprendizaje, ya que en muchos de estos recursos es posible realizar múltiples repeticiones que permiten al docente la oportunidad de adecuar la práctica de aula considerando la diversidad del grupo y extendiendo el tiempo pedagógico a través de una propuesta de enseñanza en línea.

La principal limitante para la inclusión de este tipo de trabajo práctico de laboratorio *no tradicional* es el acceso a internet y la disponibilidad de un dispositivo que lo permita. Si bien, particularmente en los últimos dos años, debido a la enseñanza remota de emergencia, en algunos países se mejoró esta situación, aún resta mucho para lograr total accesibilidad en la educación formal. Es por ello que el modelo de *laboratorio extendido* permite conjugar diferentes estrategias contextualizadas que permitan fortalecer la inclusión del trabajo experimental en el aula, incluyendo algunas analógicas.

El debate que en 1994 planteó Hodson sobre el valor del trabajo práctico está vigente tanto en el laboratorio tradicional como en el extendido. Son muchos los autores que evidencian que los trabajos prácticos de laboratorio o experimentales están fundamentalmente desarrollados como forma de corroboración de la teoría, con propuestas más centradas en planteos tipo *recetas* para ser reproducidas (Gupta, 2001) o ilustrativas (Lorenzo y Rossi, 2007).

Este tipo de situación de enseñanza fortalece un aprendizaje memorístico, operacional, no asociado a la vida cotidiana y una visión distorsionada del proceso de construcción de conocimiento científico. De acuerdo con Reigosa y Jiménez (2000), se ha enfatizado más en la enseñanza de destrezas o procedimientos que en el desarrollo de un pensamiento científico que favorezca a una mayor comprensión conceptual y permita interpelar la realidad.

Los procesos entrelazados de enseñanza y aprendizaje que se desarrollan en un

contexto educativo determinado son únicos, complejos e irrepetibles. El desafío de los docentes lo constituye la adecuada selección de los recursos en coherencia con las finalidades formativas que se propone, ya sea para un curso, una unidad temática o una clase en particular. Es decir, ninguno de los tipos de trabajos prácticos de laboratorio es valioso *per se*, sino en el marco de un contexto y de un propósito de enseñanza. El uso de una práctica de laboratorio, en su más amplio sentido, siempre necesita de un sustento pedagógico para el logro del aprendizaje que se procura.

### **Las finalidades formativas del laboratorio como espacio de actividad experimental**

El propósito principal de cualquier estrategia didáctica es favorecer el aprendizaje. Hay consenso en considerar que el trabajo práctico de laboratorio es imprescindible en la enseñanza de cualquier disciplina científica.

Diferentes investigaciones han señalado como principales finalidades formativas, entre otras, las siguientes: aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes; comprensión del proceso de construcción del conocimiento científico; aplicación de metodología científica; fortalecimiento del pensamiento científico; promoción de la motivación; desarrollo de la escritura científica; contrastación de conceptos teóricos (Woolnough y Allsop, 1985; Caamaño, 2004; Leite y Figueroa, 2004; Millar, 2004; Saez, 2013).

En este punto, resulta interesante el planteo de Vázquez y Manassero (1997) respecto a las categorías que establecen para la promoción y el desarrollo de actitudes científicas: actitudes *hacia la ciencia*, como interés, motivación, curiosidad y trabajo colaborativo, y actitudes *científicas*, como pensamiento crítico, facilitar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el lenguaje científico de cada disciplina, entre otras.

Carrascosa, Gil-Pérez, Vilches y Valdés (2006) plantean la preocupación acerca de la presencia que aún tiene la concepción empírico-inductivista de la ciencia y de

su proceso de desarrollo en el profesorado de las ciencias. Con alta frecuencia, en las actividades prácticas, aparecen metodologías que destacan que el trabajo científico se caracteriza por la realización exclusiva de experimentos. Esto, sumado a lo que otros autores aportan sobre la visión individualista, elitista y descontextualizada de las prácticas, fomenta una mirada no solo distorsionada, sino empobrecida de la ciencia y la tecnología (Gil-Pérez *et al.*, 2005, en Carrascosa *et al.*, 2006).

Los autores evidencian la necesidad de reorientar las prácticas de laboratorio a un tipo de actividad investigadora y proponen una serie de apartados como recordatorio de la complejidad de la actividad científica y las potencialidades didácticas de desarrollar este tipo de actividad, a saber: proponer situaciones problemas abiertas, promover el posible interés en asuntos socio-científicos, potenciar análisis cualitativos sin negar el rol de la matemática en la investigación científica, emitir hipótesis, elaborar diseños, analizar resultados promoviendo un proceso de autorregulación sobre las hipótesis y el planteamiento del problema, planteamiento de diversas perspectivas que abordan, por ejemplo, diferentes niveles de complejidad, promover el enlace con otros campos del saber, fortalecer la escritura académica como una etapa imprescindible en la construcción de conocimiento científico y potenciar la dimensión del trabajo colectivo y colaborativo en la ciencia.

En estas comunicaciones, los autores contribuyen a dar paso a una reflexión didáctica que invita a revisar cuáles son las actividades que aportan algo singular que trasciende los propósitos formativos generales de un curso, habilitando así a repensar los objetivos específicos que se persiguen en cada propuesta práctica de laboratorio para favorecer los aprendizajes.

### **El laboratorio de ciencias durante la pandemia**

La didáctica de las ciencias y la tecnología es un campo de conocimiento con crecimiento exponencial en el presente siglo. En los últimos dos años la emergencia sanitaria en la educación, como consecuencia de

la pandemia de covid-19, impulsó tanto la inclusión de tecnologías de la información y la comunicación en el aula de ciencias como el desarrollo de investigaciones didácticas en este campo.

Como ya se dijo, en la enseñanza de las ciencias el tipo de actividad más afectada fueron los trabajos prácticos de laboratorio, tanto en los períodos de virtualidad exclusiva como en la vuelta a la presencialidad con protocolos sanitarios que exigieron aforos para mantener el necesario distanciamiento físico.

Desde 2021, los autores de esta comunicación llevan adelante un proyecto de investigación didáctica financiado por la ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación, Programa de Inclusión Digital), junto con un numeroso equipo de docentes investigadores de Uruguay, Argentina y Costa Rica.

En dicho proyecto el plan de trabajo que se plantea en general es la integración ubicua de diferentes estrategias para enseñar ciencias naturales que permitan generar innovaciones didácticas en la educación científica de la región. Contempla como principales estrategias de innovación el desarrollo de laboratorios remotos que trasciendan el uso operativo y procedimental a través de la asociación a secuencias didácticas con adecuación contextual, ofreciendo sentido pedagógico a la herramienta.

Los laboratorios remotos son un recurso altamente relevante y poco aprovechado en América Latina por diversos motivos, entre ellos, el costo de las licencias que habilitan su uso y el escaso abanico de tópicos que abordan, el cual presenta un desarrollo comparativamente mayor en el campo de la física y muy exigua disponibilidad en el campo de las ciencias biológicas.

En particular, en el contexto de una enseñanza a distancia, hay una matriculación creciente en la formación docente de Uruguay (informe de la División de Información y Estadística del CFE, en Evans, 2020), con un alto porcentaje de futuros docentes de Ciencias Biológicas (48,5%), Física (36,4%) y Química (40,4%) que se forman en cursos semipresenciales.

Es entonces que estos laboratorios cobran gran importancia como una herramienta plausible y potente para enseñar ciencias naturales tanto en la enseñanza media como en la terciaria.

En este sentido, Arguedas-Matarrita, Orduña, Concari, Elizondo, Rodríguez-Gil, Hernández, Carlos, Conejo-Villalobos, Da Silva, García Zubia y Da Mota Alves (2019) dan cuenta de que los laboratorios remotos resultan un recurso potente para fortalecer la educación a distancia, mixta e incluso presencial, facilitando el desarrollo de competencias científicas y asociando conocimientos prácticos en contextos reales.

Durante la pandemia quedó de manifiesto que, en la mayoría de las instituciones educativas de toda la región, persisten necesidades tanto en aspectos tecnológicos como en la formación específica de sus docentes, ambos requerimientos básicos para una enseñanza inclusiva y de calidad.

Son múltiples los esfuerzos y las estrategias que han desplegado los docentes para incorporar recursos tecnológicos tendientes a facilitar el vínculo con los estudiantes, no obstante, aún queda mucho por resolver en el campo del diseño de propuestas didácticas que sean genuinas potenciadoras de aprendizajes. Algunas de estas propuestas fueron documentadas y sistematizadas en artículos académicos como la contribución de Erduran (2020), sin embargo, es necesario profundizar el conocimiento en lo acontecido en las aulas de América Latina durante la ERE.

Compartimos en este apartado los avances preliminares del diagnóstico realizado en el marco de la investigación que se lleva adelante. Se trata de una primera aproximación cuantitativa y exploratoria de naturaleza descriptiva. Se confeccionó un cuestionario en línea con 36 ítems que fue completado por 450 profesores de disciplinas de ciencias naturales provenientes de diferentes países: 264 de Argentina, 159 de Uruguay, 7 de Costa Rica y 20 de otros países (Chile, Brasil, Colombia y Venezuela). En la tabla 1 se visualiza el porcentaje de la población respecto a la disciplina y al nivel educativo en el cual se desempeña.

Tabla 1. Porcentaje del total de la población participante respecto al nivel de desempeño y disciplina que enseña

Disciplina	Biología (%)	Física (%)	Química (%)	Total
Educación secundaria	19,1	8,9	23,8	51,8
Universidad	7,1	8	12,4	27,5
Formación docente	10,5	4	6,2	20,7
Total	36,7	20,9	42,4	100

Se presenta aquí un recorte del análisis de resultados sobre las declaraciones de los profesores cuando fueron consultados acerca del desarrollo de actividades experimentales durante la pandemia. Se establecieron tres categorías de análisis: frecuencia (nunca, pocas veces, muchas veces, siempre), relevancia (ninguna, baja, poca y alta) y tipo de actividad experimental. Como variable de categorización se consideró el nivel educativo en el cual se desempeñan y la disciplina que enseñan (Biología, Física o Química).

Se encontraron algunos resultados que abonan a la reflexión entre la distancia que sigue existiendo en lo que el docente entiende como valioso y lo que lleva a cabo en el aula. Mientras que el 68 % de los docentes le asigna alta relevancia al rol que cumplen las actividades experimentales en la educación científica, solo el 23 % de los docentes declara realizarlas muchas veces o siempre.

La relevancia y la frecuencia no muestran diferencias significativas respecto al nivel educativo que se analice. En relación con la disciplina, se encontraron diferencias significativas entre lo que declaran los profesores de Física respecto a los de Biología y a los

de Química, siendo un poco más valoradas y frecuentes en la enseñanza de Física.

Respecto al tipo de actividad experimental desarrollada durante la pandemia, el 53 % desarrolló actividades experimentales simples, 51 %, demostraciones visuales a través de videos, 42 % utilizó simulaciones, 23 %, laboratorios virtuales, 21 %, *smartphones*, 19 % hizo trabajo de campo, 7 %, laboratorios remotos y 5 %, otras actividades.

Las simulaciones predominaron en la formación docente respecto a otros niveles educativos y los profesores de Física y Química utilizaron esta estrategia con mayor preferencia que los de Biología. Las actividades vinculadas al trabajo en el campo resultaron más significativas en la enseñanza secundaria, mientras que las actividades experimentales simples fueron menos seleccionadas por los profesores universitarios.

En el particular caso de Uruguay, los docentes participantes adjudicaron mucha importancia a las actividades experimentales para favorecer los aprendizajes (68 %); sin embargo, un alto porcentaje declara que realizó pocas (72,3 %) o ninguna (14,4 %) actividad experimental en ese lapso.



Estos resultados indican que en Uruguay, durante la enseñanza de las ciencias en contextos de virtualidad plena o de dificultades para concurrir a los laboratorios tradicionales debido al aforo estipulado para mantener el distanciamiento físico, las actividades experimentales estuvieron poco representadas en cualquier tipo o forma.

Esto induce a considerar, por un lado, el desconocimiento que puede existir en el plantel docente acerca del potencial didáctico de las actividades experimentales simples tanto como sobre los recursos disponibles para la inclusión didáctica de un laboratorio extendido, combinando contextualmente diversos recursos para el abordaje experimental. Por otra parte, la escasa disponibilidad de sitios con simuladores, laboratorios virtuales o remotos de libre acceso resulta sin dudas un impedimento para una educación científica inclusiva.

Los resultados de este diagnóstico preliminar permiten identificar la variedad de estrategias desplegadas por el colectivo docente para sostener el carácter experimental de la enseñanza de las ciencias naturales. Sin embargo, resulta necesario indagar sobre la planificación didáctica de estas actividades y su secuenciación adecuada en la lógica de algún modelo o enfoque que permita encauzar el esfuerzo de profesores y estudiantes.

Así mismo, cabe abrir el debate sobre la poca frecuencia de realización en la pandemia. Sería válido preguntar si los impedimentos fácticos durante la ERE serán superados en la pospandemia dando lugar al establecimiento de una enseñanza donde la actividad experimental se sostenga en una extensión del laboratorio que incorpore lo mejor de la tradición y lo más potente de las oportunidades, las herramientas y las concepciones actuales.

## Sitios de interés de libre acceso

Los siguientes *links* son algunos de los múltiples recursos que se pueden encontrar en la Web y que podrían ser incluidos en secuencias didácticas ofreciendo la oportunidad para el trabajo presencial o para la extensión del tiempo pedagógico fuera del aula.

Recursos para diferentes niveles educativos y disciplinas:

- <<https://uruguayeduca.anep.edu.uy/recursos-educativos>>.
- <<https://www.mozaweb.com/>>.
- <<https://phet.colorado.edu/>> es un sitio interactivo de simuladores de la Universidad de Colorado Boulder para Ciencias de la Tierra, Ciencias Biológicas, Física, Química y Matemática.

Recursos para la enseñanza de Física y Química:

- <<https://labovirtual.blogspot.com/>>.
- <<https://www.lamanzanadenewton.com/>>.

Recursos para la enseñanza de Biología:

- <[http://www.exactas.unlp.edu.ar/para\\_experimentar](http://www.exactas.unlp.edu.ar/para_experimentar)>.
- Laboratorios virtuales Biomodel: <<http://biomodel.uah.es/lab/inicio.htm>>.
- Biointeractive: <<https://www.biointeractive.org/es/recursos>>.
- Laboratorios virtuales de Biología gratis en la Web: <<https://www.cuvs.com/2014/11/laboratorios-virtuales-de-biologia.html>>.
- Backyardbrains: <<https://backyardbrains.com/>>.
- MetaNeuron: <<http://www.metaneuron.org/>>.
- *Electrophysiology and the molecular basis of excitability*: <<http://nerve.bsd.uchicago.edu/>>.
- <<https://biomodel.uah.es/model1j/prot/aa-intro2.htm>>.

Recursos para la enseñanza de Física:

- <<https://www.walter-fendt.de/html5/phes/>>.
- <<https://www.educaplus.org/games/fisica>>.
- <<https://www.edumedia-sciences.com/es/node/61-fisica>>.
- <<https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/animaciones.html>>.
- <<http://www.objetos.unam.mx/fisica/caidaLibre/index.html>>.
- <[https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_152/recursos/2020/17042020/simuladores.jsp](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_152/recursos/2020/17042020/simuladores.jsp)>.
- <<https://www.vascak.cz/>>.

Recursos para la enseñanza de Química:

- <<https://visit.cern/discover-cern-online>>.
- <<https://chemvlab.org/home/index.php>>.
- <[https://chemcollective.org/activities/vlab?file=assignments/Default\\_es.xml&lang=es](https://chemcollective.org/activities/vlab?file=assignments/Default_es.xml&lang=es)>.
- <<https://www.edumedia-sciences.com/es/>>.
- <[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/index.html](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/index.html)>.
- <<http://serviciosgate.upm.es/gate/laboratorios-virtuales>>.
- <<https://ptable.com/#>>.
- <<http://biomodel.uah.es/en/DIY/JSME/draw.es.htm>>.
- <<https://avogadro.softonic.com/?>>.
- <<https://www.rcsb.org/>>.
- <[https://multimedia.uned.ac.cr/pem/laboratorio\\_quimica/pag/experimentos.html?exp=003&eje=1](https://multimedia.uned.ac.cr/pem/laboratorio_quimica/pag/experimentos.html?exp=003&eje=1)>.
- <<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/tag/laboratorio-virtual/>>.

## Bibliografía

- AGUILAR, I. y HEREDIA, J. (2013). «Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación», *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, RIDE*, 10 (1), s. pag.
- ÁLVAREZ, S. M. (2007). «Cómo desean trabajar los alumnos en el laboratorio de Biología: un acercamiento a las propuestas didácticas actuales», *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 (7), pp. 1-13.
- ÁLVAREZ, S. M. y CARLINO, P. (2004). «La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en biología», *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), pp. 251-262.
- ARGUEDAS-MATARRITA, C., ORDUÑA, P., CONCARI, S., ELIZONDO, F. U., RODRÍGUEZ-GIL, L., HERNÁNDEZ, U., CARLOS, L. M., CONEJO-VILLALOBOS, M., DA SILVA, J. B., GARCÍA ZUBIA, J. y DA MOTA ALVES, J. B. (2019). «Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps», en *Proceedings of the 2019 5th Experiment@ International Conference (exp.at'19)*, Madeira, Portugal.
- BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. (1996). «El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión», *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp. 365-379.
- CAAMAÑO, A. (1992). «Los trabajos prácticos en ciencias experimentales», *Aula de Innovación Educativa*, (9), pp. 61-68.
- CAAMAÑO, A. (2004). «Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?», *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (39), pp. 8-19.
- CAAMAÑO, A. (2007). «Los trabajos prácticos en ciencias», en M. P. Jiménez Aleixandre (coord.), *Enseñar ciencias* (pp. 95-118). Barcelona: Graó.
- CARRASCOSA, J., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y VALDÉS, P. (2006). «Papel de la actividad experimental en la educación científica», *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23 (2), pp. 157-181.
- CÓRDOVA, J., FERREGRINO, V., REZA, C., ORTIZ, L. y DOSAL, A. (2005). «La abuelita como recurso didáctico a partir de la problematización de situaciones cotidianas», *Educación Química*, 16 (1), pp. 78-87.
- DEL CARMEN, L. (coord.). (2000). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- DEL CARMEN, L. (2011). «El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la biología y la geología», en P. Cañal (coord.), *Didáctica de la biología y la geología*, n.º 2, vol. II., colección Formación del Profesorado, Educación Secundaria (pp. 91-108). Barcelona: Graó.
- ERDURAN, S. (2020). «Science Education in the Era of a Pandemic», *Science & Education*, 29 (2), pp. 233-235. Recuperado de <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00122-w>>.
- EVANS, T. (ed.). (2020). *Informe de matrícula inicial del Consejo de Formación en Educación*. Montevideo: División de Información y Estadística del Consejo de Formación en Educación, Administración Nacional de Educación Pública. Recuperado de <[https://repositorio.cfe.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1319/Informe\\_matricula\\_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.cfe.edu.uy/bitstream/handle/123456789/1319/Informe_matricula_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)>.
- FERNÁNDEZ, N. (2015). «Los trabajos prácticos de laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología», *Revista de Educación en Biología*, 16 (2), pp. 15-30.

- FERNÁNDEZ, N., MARCÁNGELI, M. y ROMERO, C. (2011). «Análisis de las estrategias de enseñanza de los docentes de Ciencias Naturales en dos escuelas públicas medias de Tierra del Fuego», *Tecné, Episteme y Didaxis: TEA*, (núm. ext.), pp. 1381-1386.
- FUJITA, J. S. T., CASSANIGA, R. F. y FERNÁNDEZ, F. J. R. (2003). «Remote laboratory», en actas del *IEEE International Symposium on Industrial Electronics* (pp. 1104-1106), Río de Janeiro, Brasil.
- FURIÓ, C., VALDÉS, P. y GONZÁLEZ DE LA BARRERA, L. (2005). «Transformación de las prácticas de laboratorio de química en actividades de resolución de problemas de interés profesional», *Educación Química*, 16 (1), pp. 20-29.
- GAMAGE, K. A. A., WIJESURIYA, D., EKANAYAKE, S. Y., RENNIE, A. E. W., LAMBERT, C. G. y GUNAWARDHANA, N. (2020). «Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic», *Educ. Sci.* 10 (10), pp. 291 (1-9). Recuperado de <<https://doi.org/10.3390/educsci10100291>>.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GUPTA, V. (2001). «Aims of laboratory teaching», *CDTL Brief*, 4 (1). Recuperado de <<http://www.cdtl.nus.edu/brief/v4n1/default.htm>>. [Fecha de consulta: 17 de enero de 2006].
- HODGES, C., MOORE, S., LOCKEE, B., TRUST, T. y BOND, A. (2020). «The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning», *Educause Review*. Recuperado de <<https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>>.
- HODSON, D. (1994). «Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio», *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- IDOYAGA, I. (2020). «El Laboratorio Extendido: una oportunidad para la educación científica en entornos digitales», *Farmacia y Bioquímica en Foco*. Recuperado de <<http://enfoco.ffyb.uba.ar/content/el-laboratorio-extendido-una-oportunidad-para-la-educaci%C3%B3n-cient%C3%ADfica-en-entornos-digitales>>.
- IDOYAGA, I. y MAEYOSHIMOTO, J. (2018). «Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física», en M. G. Lorenzo, H. S. Odetti y A. E. Ortolani (eds.), *Comunicando la ciencia: avances en investigación en Didáctica de la Ciencia* (pp. 55-68). Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). «Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales», *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), pp. 45-59.
- LEITE, L. y FIGUEIROA, A. (2004). «Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias», *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (39), pp. 20-30.
- LORENZO, M. G., REVERDITO, A. M., PERILLO, I. y SALERNO, A. (2001). «Los contenidos procedimentales en el laboratorio de química orgánica para la formación docente», *Revista de Educación en Ciencias*, 2 (2), pp. 102-105.
- LORENZO, M. G. y ROSSI, A. (2007). «Experimental practical activities in scientific», *The Chemical Educator*, 12, pp. 1-6.
- MA, J. y NICKERSON, J. (2006). «Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review», *ACM Computing Surveys*, 38 (3), pp. 1-24.

- MAGIN, D. J. y KANAPATHIPILLAI, S. (2000). «Engineering students' understanding of the role of experimentation», *European J. Eng. Education*, 25 (4), pp. 351-358.
- MANCIO REYES, C. A. (2007). *La realidad virtual aplicada al tratamiento de la claustrofobia* (trabajo de graduación). Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0344\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0344_CS.pdf)>.
- MILLAR, R. (2004). «The role of practical work in the teaching and learning of science». Paper presentado en *High School Science Laboratories: Role and Vision*. National Academy of Sciences, Washington, D. C., Estados Unidos. Recuperado de <[https://www.researchgate.net/publication/247986741\\_The\\_role\\_of\\_practical\\_work\\_in\\_the\\_teaching\\_and\\_learning\\_of\\_science](https://www.researchgate.net/publication/247986741_The_role_of_practical_work_in_the_teaching_and_learning_of_science)>.
- MONGE NÁJERA, J. y MÉNDEZ ESTRADA, V. H. (2007). «Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración», *Educación*, 31 (1), pp. 91-108.
- MOYA, C. N., MEDINA, G., GRANCHETTI, H. e IDOYAGA, I. (2021). «Las actividades experimentales en física durante la pandemia de COVID-19», *Revista de Enseñanza de la Física*, 33, pp. 471-478. Recuperado de <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35589>>.
- ORDUÑA, P., RODRÍGUEZ-GIL, L., ANGULO, I., DZIABENKO, O., LÓPEZ DE IPIÑA, D. y GARCÍA-ZUBIA, J. (2012). «Exploring students' collaboration in remote laboratory infrastructures». En *9<sup>th</sup> International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, REV 2012, pp. 1-5. doi:10.1109/REV.2012.6293159.
- PERALES, F. J. (1994). «Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias», *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), pp. 122-125.
- PUHEK, M., PERSE, M. y SORGO, A. (2011). «Students' perceptions of real and virtual field work in Biology», *Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century*, 37, pp. 98-108. Recuperado de <[https://www.researchgate.net/publication/241114833\\_Students\\_perceptions\\_of\\_real\\_and\\_virtual\\_field\\_work\\_in\\_biology](https://www.researchgate.net/publication/241114833_Students_perceptions_of_real_and_virtual_field_work_in_biology)>.
- REIGOSA CASTRO, C. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). «La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio», *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 275-284.
- REVERDITO, A. y LORENZO, M. (2007). «Actividades experimentales simples: un punto de partida posible para la enseñanza de la química», *Educación en la Química*, 13 (2), pp. 108-121.
- SAEZ, M. J. (2013). *Reflexión didáctica de profesores de Biología y Geología en formación en una actividad de campo basada en la indagación* (tesis de maestría). Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza, España. Recuperado de <<http://zaguan.unizar.es/record/13238/files/TAZ-TFM-2013-1286.pdf?version=4>>.
- SHIN, D., YOON, E. S., LEE, K. Y. y LEE, E. S. (2002). «A web-based, interactive virtual laboratory system for unit operations and process systems engineering education: Issues, design and implementation», *Computers and Chemical Eng.* 26 (2), pp. 319-330.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (1997). «Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia», *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp. 199-213.
- WHITE, R. (1996). «The link between laboratory and learning», *International Journal of Science Education*, 18 (7), pp. 761-774.
- WOOLNOUGH, B. E. y ALLSOP, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.

## **Biodatas**

### **Gabriela Varela Beloso**

Profesora de Educación Media en Ciencias Biológicas. Magíster en Ciencias y especialista en Didáctica de la Educación Superior. Actualmente, se desempeña como docente efectiva e investigadora en el Consejo de Formación en Educación de la ANEP (Uruguay).

### **Ignacio Idoyaga**

Doctor en Didáctica de las Ciencias Naturales. Actualmente, se desempeña como profesor e investigador de la Universidad de Buenos Aires (Argentina).