

Trabajo de laboratorio en física y química a través de un enfoque problematizado

Laboratory work in physics and chemistry through a problematized approach

Carlos Becerra Labra ^{1*} y Linda Arelis Silva Arias ¹

¹ Escuela de Pedagogías en Ciencias Naturales y Exactas. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Talca, Campus: Oriente 591, Linares, Chile.

*E-mail: cbecerra@utalca.cl

Recibido el 4 de marzo de 2024 | Aceptado el 12 de mayo de 2024

Resumen

La mayoría de las actividades experimentales de laboratorio en la enseñanza de las ciencias se consideran como actividades verificativas de algunos temas discutidos en el aula, siguiendo una estrategia tipo receta, en las que el estudiantado debe seguir simples algoritmos o pasos para llegar a una conclusión predeterminada, situación que obstaculiza el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión conceptual de los conocimientos de las ciencias.

La presente investigación tiene como finalidad evaluar el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado, estrategia didáctica que contribuye a potenciar el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión de la física y química. Para ello, se diseñaron guías de laboratorio en coherencia a este enfoque didáctico e instrumentos de recolección de información del estudio. Los resultados obtenidos muestran un mejoramiento en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión conceptual de los conocimientos de las ciencias en los y las participantes en el estudio.

Palabras clave: Trabajo de laboratorio en ciencias; Enseñanza de física y química a través de un enfoque problematizado; Desarrollo de habilidades de pensamiento científico.

Abstract

Most experimental laboratory activities in science teaching are considered as verification activities of some topics discussed in the classroom, following a recipe-type strategy, in which the student must follow simple algorithms or steps to reach a predetermined conclusion, a situation that hinders the development of scientific thinking skills and conceptual understanding of scientific knowledge. The purpose of this research is to evaluate laboratory work with a problematized approach, a teaching strategy that contributes to enhancing the development of scientific thinking skills and the understanding of physics and chemistry. To this end, laboratory guides were designed consistent with this didactic approach and data collection instruments for the study. The results obtained show an improvement in the development of scientific thinking skills and conceptual understanding of science knowledge in the research participants.

Keywords: Laboratory work in science; Teaching of Physics and Chemistry through a problematized approach; Development of scientific thinking skills.

I. INTRODUCCIÓN y ANTECEDENTES

El vertiginoso avance del desarrollo científico y tecnológico que estamos viviendo en el siglo XXI está transformando nuestra sociedad a un ritmo acelerado sin precedentes; no solo está cambiando la forma en que vivimos y trabajamos, sino también cómo nos relacionamos, pensamos y aprendemos. En este contexto, es necesario que los ciudadanos y las ciudadanas comprendan los fenómenos que les afectan y participen responsablemente en las decisiones sobre los

temas científicos y tecnológicos de impacto social; en este sentido, es necesario fortalecer, en todos los niveles educativos, el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales para potenciar la comprensión de los conocimientos científicos y contribuir al desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior, que permitan gestionar dichos conocimientos como instrumento estratégico para una participación que mejore y transforme realidades (Mariños y Apolaya, 2021; Arteaga *et al.*, 2016; Ruiz Ortega *et al.*, 2015; Zhong, 2014).

En la mayoría de las aulas de todos los niveles educativos, incluyendo el universitario, a pesar de la incorporación de diferentes tipos de recursos educativos de entornos tecnológicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la gestión de los conocimientos sigue desarrollándose en el marco del modelo pedagógico tradicional, prevaleciendo la transmisión de conocimientos ya acabados a través de estrategias discursivas y centrada en el o la docente (Bravo *et al.*, 2022; Rosa, 2019; Martínez Torregrosa *et al.*, 2012; Becerra *et al.*, 2012). En la cultura de este modelo pedagógico, el trabajo de laboratorio se desarrolla a través de estrategias que se aproximan a un formato tipo receta, donde el estudiantado debe seguir ciertos algoritmos para llegar a una conclusión predeterminada, carente de análisis, reflexión y comprensión, situación que transmite una visión deformada de la naturaleza de la ciencia y de la forma en que se construye los conocimientos científicos, proliferando verdades inmutables e inalterables, situación que obstaculiza la comprensión profunda de los conocimientos científicos y el desarrollo de habilidades de razonamiento en el estudiantado (Bárcena y Martínez, 2022; Rosa Novalbos y Martínez Aznar, 2019; Galvis *et al.*, 2017; Busquets *et al.*, 2016; González y Crujeiras, 2016; Gil Pérez *et al.*, 2008; Fernández *et al.*, 2002).

En relación con eso, la mayoría de las actividades experimentales de laboratorio en los cursos de ciencias de pregrado en nuestra universidad se gestionan en coherencia a la cultura del modelo pedagógico tradicional; por lo cual y con el propósito de iniciar un proceso de innovación metodológica en el trabajo de laboratorio, esta investigación tiene como objetivo general evaluar el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado, como estrategia didáctica que contribuye a potenciar el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión de la física y química en el estudiantado del primer nivel universitario.

II. MARCO TEÓRICO

La línea de investigación sobre el trabajo de laboratorio en las ciencias experimentales se ha ido consolidando como un área de alta proyección en la investigación didáctica, dado que, esta actividad docente formativa contribuye a la fundamentación, validación y comprensión de los conocimientos de las ciencias y el desarrollo de ciertas habilidades, entre otras, de razonamiento científico en el estudiantado (Ministerio de Educación de Chile, 2022; Franco *et al.*, 2017; Barolli *et al.*, 2010; Carrascosa *et al.*, 2006; Gil Pérez y De Guzmán, 1993). En este sentido, existe un gran número de investigaciones que estudian las diferentes problemáticas que se generan cuando el trabajo de laboratorio en las ciencias experimentales se implementa y desarrolla en coherencia a la cultura del modelo pedagógico tradicional (Mordegliá y Mengascini, 2014; López y Tamayo, 2012; Flores *et al.*, 2009; Barberá y Valdés, 1996; Hodson, 1994).

En el contexto de innovación y fortalecimiento del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, existen numerosos trabajos de investigación que no solo plantean y estudian las problemáticas generadas cuando las diferentes actividades docentes formativas se gestionan en el marco del modelo pedagógico tradicional, sino también, proponen soluciones que contribuyen a resolver algunas de esas problemáticas (Marín, 2021; Aguilera *et al.*, 2021; Martínez Velásquez y Riveros Miguez, 2019; Cañedo y Figueroa, 2013; Becerra *et al.* 2012). Dentro de estos trabajos de investigación, existe una línea de investigación didáctica de las ciencias que propone “*desarrollar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias a través de un enfoque problematizado, de manera que existan oportunidades sistemáticas y reiteradas de poner en práctica las características de la metodología de la investigación científica*” (Martínez *et al.*, 2005; Becerra *et al.* 2012). En el marco de esta línea de estudio, existen numerosos artículos de diferentes investigadores, entre otros, los de Becerra *et al.* (2012) y Martínez Torregrosa *et al.* (2005) que han propuesto planificar y desarrollar la enseñanza y aprendizaje de los conocimientos conceptuales y la resolución de problemas de “lápiz y papel” de la física a través de un enfoque problematizado.

A partir de dichos estudios el autor de este artículo viene desarrollando las clases teóricas del curso de Física del primer año universitario con un enfoque problematizada. Para organizar la estructura del curso y de los temas a tratar fue necesario identificar algunos de los problemas fundamentales que están en el origen de las teorías y modelos que queremos que pasen a formar parte de los conocimientos del estudiantado; planificando una estrategia que permite avanzar en la solución de los problemas fundamentales planteados, en un ambiente hipotético-deductivo que suministre oportunidades para apropiarse de la epistemología de la ciencia. Este desarrollo simultáneo, conceptual-metodológico, se ve favorecido en la medida en que el proceso de enseñanza y aprendizaje se desarrolle en un contexto de (re)construcción de conocimientos que se inspire (dentro de lo posible en cada nivel educacional) en la metodología de la investigación científica (Becerra *et al.* 2012).

En cambio, las actividades experimentales de laboratorio se gestionan en coherencia al modelo pedagógico tradicional. Para generar un cambio metodológico en el trabajo de laboratorio del estudiantado, el autor y autora del presente artículo se adjudicaron un proyecto de investigación en el Concurso del Programa de Investigación Educativa del Ministerio de Educación de Chile. Este proyecto tiene como propósito la implementación y desarrollo del trabajo de laboratorio en física y química a través de un enfoque problematizado. Algunos de los aspectos preliminares del desarrollo del proyecto se presentaron en formato de comunicación en el XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias, Lisboa, Portugal, 7-10 de septiembre de 2021 y publicado en su respectivo Libro de Actas (Becerra y Silva, 2021).

Se espera que este enfoque didáctico contribuya a fortalecer tanto el cambio procedimental como el conceptual en el estudiantado, promoviendo la construcción de conocimientos junto al desarrollo de habilidades del trabajo científico, entre otras, analizar críticamente una situación problemática planteada, identificar y aplicar modelos científicos, formular preguntas, problemas e hipótesis, diseñar propuestas experimentales, analizar los datos obtenidos, estimulando la interactuar con otros y otras en forma colaborativa y valorar la argumentación fundamentada.

A modo de ejemplo, en la tabla I se muestra el formato de una de las guías de laboratorio diseñadas con un enfoque problematizado. El formato de cada guía de laboratorio tanto para física como para química incluye: una introducción y contextualización de la situación problemática a estudiar, el objetivo general del práctico de laboratorio, la formulación de una situación problemática semiabierta y un listado de materiales disponibles en el laboratorio. El estudiantado del grupo piloto de física y química desarrollan sus actividades experimentales a través de este formato de guía de laboratorio.

Tabla I. Formato: Guía de laboratorio de Física con un enfoque problematizado.

Guía de Laboratorio Estudio cinemático del movimiento de las cosas
<p>Introducción: Si observamos la naturaleza, vemos que hay muchas cosas en movimiento y otras en reposo; al analizar algunos de estos movimientos, podemos darnos cuenta de que se mueven de diferentes formas y velocidades, algunas, siguiendo un movimiento en línea recta, otras, un movimiento circular, etc. Para entender el movimiento de las cosas, en primer lugar, debemos describirlo, es decir, conocer tanto la función de la posición, velocidad y aceleración en cualquier instante.</p>
<p>Objetivo general: Generar un procedimiento fisicomatemático que nos permita conocer tanto la función de la posición con respecto al tiempo (ecuación itineraria) como la velocidad y aceleración de un objeto que se está moviendo.</p>
<p>Situación problemática semiabierta: Para fijar el horario de un nuevo modelo de tren que realiza el viaje de la ciudad de Santiago a la de Talca, Chile; se requiere hacer pruebas para determinar qué movimiento puede tener en distintos tramos de su recorrido. Proponer formas de hacer este estudio. (Someter a prueba la validez de vuestra propuesta sobre el estudio de un cuerpo en movimiento realizable en el laboratorio).</p>
<p>Materiales sugeridos: Medidor del tiempo (un temporizador con su respectiva cinta para medir), una regla graduada en mm, un plano inclinado, un carro, una prensa y un tope de madera.</p>
<p>Observación: para la implementación y desarrollo de este práctico de laboratorio, se sugiere seguir las fases orientadoras para el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado.</p>

Para guiar la implementación y desarrollo del trabajo de laboratorio del estudiantado del grupo piloto, en la tabla II se muestran las fases orientadoras diseñadas para el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado. En la primera columna se señala las fases orientadoras y las habilidades de pensamiento científico que contribuyen a desarrollar en el estudiantado y en la segunda columna, incluyen algunas orientaciones para el trabajo de laboratorio del estudiantado.

Tabla II. Fases orientadoras para el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado.

Fases orientadoras de la estrategia. Habilidad de pensamiento científico (en adelante HPC).	Observación: se sugiere aplicar las fases orientadoras en forma flexible y en coherencia con la situación problemática planteada.
<p>1) Reformular la situación problemática semiabierta planteada.</p> <p>Además, formule el objetivo general del estudio y los respectivos objetivos específicos.</p>	<p>Para encontrar una solución concreta y precisa, reformule la situación problemática semiabierta planteada; para ello, realice un análisis cualitativo de las características y las variables involucradas en la problemática. Determine qué es lo que se trata de estudiar y las variables que influyen, en qué condiciones se va a estudiar (proceso de acotamiento), cuáles son las variables que se conocen y desconocen, se sugiere expresar explícitamente una relación entre</p>

Fases orientadoras de la estrategia. Habilidad de pensamiento científico (en adelante HPC).	Observación: se sugiere aplicar las fases orientadoras en forma flexible y en coherencia con la situación problemática planteada.
HPC que se fortalece: Plantear problemas o preguntas posibles de ser estudiadas o investigadas.	dos o más variables que sea factible de estudiar. Justifique de manera explícita el por qué y para qué se quiere estudiar dicha problemática. Formular el objetivo general, el cual debe indicar claramente lo que se pretende estudiar y, los respectivos objetivos específicos, que señalen lo que se va a realizar en cada etapa del estudio para lograr el objetivo general.
2) Formular la(s) hipótesis de trabajo a la situación problemática reformulado en forma fundamentada. HPC que se fortalece: Proponer posibles soluciones o respuestas fundamentadas a problemas planteados.	Plantee posibles explicaciones, soluciones o respuestas lógicas y fundamentadas a la problemática reformulada que se va a estudiar. La hipótesis relaciona una causa y con un efecto, basado en los conocimientos disponibles del tema en estudio. La hipótesis, dependiendo de la naturaleza de la problemática, se puede expresar en forma de proposición, suposición, idea, argumento o una relación entre dos o más variables. Si se expresa como una relación entre variables, explicitar una posible forma de cómo se relacionan éstas.
3) Realizar un diseño experimental para contrastar la hipótesis propuesta. HPC que se fortalece: a) Diseñar una estrategia o un experimento que permita buscar información y datos para someter a prueba la hipótesis propuesta. b) Evaluar la viabilidad del diseño.	Diseñe una estrategia experimental (el paso a paso) para obtener información y datos para posibilitar una contrastación de la hipótesis. El diseño experimental suele tener dos partes: 1) El plan lógico general del cómo se va a desarrollar el experimento, qué variables hay que manipular, controlar y de qué manera para que se pueda extraer conclusiones lógicas. Cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confiabilidad una presunta relación de causa y efecto. Además, especificar los materiales, equipos e instrumentos pertinentes y requeridos para obtener la información pertinente. 2) El montaje técnico, cómo hacer realidad el montaje experimental que permita llevar a cabo el plan lógico. Finalmente, evalúe la viabilidad del diseño y realizar un diagrama de flujo.
4) Implementación y desarrollo del diseño experimental. HPC que se fortalece: a) Implementar el diseño experimental o la estrategia diseñada. b) Registrar datos e información.	Lleve a la práctica paso a paso el diseño experimental en coherencia con el diagrama de flujo generado. Obtenga información y los datos de sus observaciones y mediciones empíricas. Registre sus datos e información en tablas pertinentes y en coherencia con la naturaleza de éstos.
5) Gestionar los datos y la información obtenida. HPC que se fortalece: a) Procesar los datos y la información obtenidos (las evidencias). b) Interpretar los datos y la información obtenida. c) Generar un modelo explicativo cualitativo o cuantitativo, si los datos y la información obtenida lo permite.	Sistematice y presente su información y datos obtenidos a través de tablas, y si corresponde, realice los gráficos pertinentes. A partir de su representación gráfica, si existe una regularidad, obtenga un modelo matemático interpretativo o explicativo. Realice un análisis interpretativo de los resultados obtenidos, luego contrastarlos con la hipótesis planteada en coherencia con el cuerpo de conocimientos que se dispone.
6) Elaborar conclusiones, considerando las perspectivas abiertas tras el estudio realizado. HPC que se fortalece: a) Elaborar las conclusiones basadas en las evidencias obtenidas. b) Formular nuevos problemas posibles a estudiar.	Elabore las conclusiones basadas en el análisis reflexivo de los resultados obtenidos y a partir de éstos, contraste la(s) hipótesis. Finalmente, tras el estudio realizado, repensar la situación problemática, contemplando la posibilidad de abordarla a un nivel de mayor complejidad o nuevas situaciones de interés práctico o teórico.

Por lo tanto, el estudiantado del grupo piloto de física y química en este estudio desarrollan sus actividades experimentales a través del formato de guía de laboratorio que se muestra en la tabla I y las orientaciones para el trabajo de laboratorio vienen dadas en la tabla II. Además, cuenta con el asesoramiento de su respectivo profesor y profesora de laboratorio.

A continuación, a modo de ejemplo, en la tabla III se muestra el formato de una de las guías de laboratorio usadas habitualmente en los cursos de física del primer nivel universitario. El formato de cada guía de laboratorio de física y química usada habitualmente incluye: introducción, objetivos, materiales, procedimiento, resultados, análisis de resultados y conclusiones. El estudiantado del grupo control de física y química en este estudio desarrollan sus actividades experimentales a través de este formato de guía de laboratorio y con la estrategia de trabajo de laboratorio usada habitualmente por sus respectivas profesoras.

Tabla III. Formato de una de las guías de laboratorio usada habitualmente en el curso de Física.

Guía de Laboratorio Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA)
Introducción: Un carro lleva un MRUA cuando su trayectoria es una línea recta y su aceleración es constante. Cuando un cuerpo cae a través del plano inclinado lleva este movimiento.
Objetivos: 1. Estudiar el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. 2. Calcular la aceleración del carro.
Materiales: Medidor del tiempo (un temporizador con su respectiva cinta para medir), una regla graduada en mm, un plano inclinado, un carro, una prensa y un tope de madera.
Procedimiento: 1) Amar un montaje experimental equivalente al prototipo de montaje que está en la mesa principal del laboratorio. 2) Se va a mostrar cómo se realiza el experimento en el prototipo de montaje. 3) Cada equipo de trabajo debe obtener una cinta de posición con respecto al tiempo del movimiento del carro usando su respectivo montaje.
Resultados: A partir de la cinta de registro obtenga los datos de posición y tiempo. Construya una tabla, colocando en una columna el tiempo y en la otra la posición.
Análisis de resultados: Representar los valores de la tabla en un gráfico posición frente el tiempo. Compruebe si la curva se ajusta a la de un MRUA. Para obtener una línea recta se debe realizar otro gráfico: posición frente el tiempo cuadrado. La pendiente de la recta será la $a/2$, calcule la aceleración a .
Conclusiones. Elaborar las conclusiones.

Por lo tanto, el estudiantado del grupo control de física y química en este estudio desarrollan sus actividades experimentales a través del formato de guía de laboratorio que se muestra en la tabla III, cuenta con asesoramiento y la estrategia de trabajo de laboratorio usada habitualmente por sus respectivas profesoras.

III. DISEÑO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Esta investigación se enmarca en un enfoque metodológico mixto, debido a que es “*un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio*” (Hernández et al., 2014). Además, destacamos el carácter de corte longitudinal de la investigación, dado que se recogen datos e información en diferentes momentos durante un semestre académico para observar la evolución procedimental y conceptual del estudiantado de los grupos pilotos cuando realizan sus actividades experimentales a través de una estrategia metodológica con un enfoque problematizado.

A. Diseño y características de la muestra

Este estudio cumple con ciertas normativas éticas, entre otras, el consentimiento informado y con medidas de confiabilidad y reserva de la información del estudiantado participante.

La muestra del estudio está formada por estudiantes del primer año universitario de tres carreras de pregrado de nuestra universidad que deben cursar física y química en forma obligatoria; son egresados de la educación media y de edades entre 17 y 18 años.

Grupo piloto (en adelante, GP) está formado por la totalidad de estudiantado del curso asignado al autor y el asignado a la autora del presente artículo.

Grupo piloto de física: 13 estudiantes del curso de Física general I de la carrera de Pedagogía en Educación Media en Matemática y Física.

Grupo piloto de química: 23 estudiantes inscritos en la sección A de laboratorio del curso de Química general de la carrera de Nutrición y Dietética.

El estudiantado del GP desarrollan sus actividades experimentales a través de la estrategia didáctica con un enfoque problematizado.

Grupo control (en adelante, GC) es la totalidad de estudiantado del curso asignado a un académico y el asignado a una académica que no participan directamente en el estudio y realizan sus actividades experimentales con sus respectivas y habituales estrategias metodológicas usando guías de laboratorio con el formato señalado en la tabla III.

Grupo control de Física: 6 estudiantes de Física general I de la carrera de Pedagogía en Educación Media en Biología y Química.

Grupo control de química: 6 estudiantes inscritos en la sección B de laboratorio del curso de Química general de la carrera de Nutrición y Dietética.

El curso de Física general I se dicta en forma separada en las dos carreras profesionales, ambos cursos son semestrales, tienen los mismos contenidos y horas presenciales comprometidas.

El curso de Química general para la carrera de Nutrición y Dietética en las actividades de laboratorio se divide en dos secciones de laboratorio, con el mismo horario y profesoras de laboratorio diferentes.

B. Metodología, diseños de instrumentos utilizados y análisis aplicado

Para lograr el objetivo general se elaboran tres objetivos específicos:

OE 1: Desarrollar el trabajo laboratorio con un enfoque problematizado.

OE 2: Contribuir al desarrollo de habilidades del pensamiento científico en el estudiantado.

OE 3: Contribuir al mejoramiento de la comprensión conceptual de la física y química.

Para estudiar la evolución procedimental y conceptual del estudiantado de los grupos pilotos cuando desarrollan sus actividades experimentales a través de una estrategia metodológica con un enfoque problematizado durante un semestre académico, se diseñaron los instrumentos indicados en la tabla IV. Ésta presenta los instrumentos que se utilizaron en las diferentes etapas del estudio, diseño y validación, a quién y cuándo se aplica, metodología y el tipo de análisis realizado a los resultados obtenidos.

Tabla IV. Instrumentos que se utilizan, tipo de metodología y análisis aplicado.

Instrumentos utilizados:	Diseño y validación de los instrumentos:	A qué grupo y tiempo de aplicación:	Metodología y análisis aplicado
Guías de laboratorio y fases orientadoras para el trabajo de laboratorio con enfoque problematizado.	Diseñadas por docentes del estudio. Validadas por docentes nacionales (cinco) e internacionales (tres).	GP. Durante el semestre académico se realiza 4 actividades experimentales de laboratorio de 90 minutos cada una.	Desarrollo el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado. Evalúa los informes cada docente de laboratorio con la rúbrica de evaluación diseñada con criterios coherentes a las fases orientadoras indicadas en la tabla II.
Guías de laboratorio de uso habitual por cada docente.	Diseñadas por docentes de la institución y usadas durante los dos últimos años.	GC. Durante el semestre académico se realiza 4 actividades experimentales de laboratorio de 90 minutos cada una.	Utiliza la estrategia metodológica habitualmente utilizada en ambos cursos. Evalúa los informes cada docente laboratorio con una rúbrica de evaluación con criterios coherentes a sus respectivas estrategias metodológicas.
Informes escritos de laboratorio.	Escrito por cada equipo de trabajo del estudiantado del GP y GC.	Entrega de informe: 48 horas después de realizada la actividad experimental.	Evalúa cada docente de laboratorio con su respectiva rúbrica. Ver filas 3 y 4 de esta columna.
Examen de diagnóstico y final de laboratorio.	Diseñados por docentes de los cursos del GP y GC.	Rinde el estudiantado del GP y GC. Duración del examen 120 minutos. Se aplica la primera semana y última semana del semestre académico.	Los resultados se someten a una prueba estadística no paramétrica
Instrumento para la entrevista del Grupo focal.	Diseñado por docentes de los GP.	Sólo se aplica a los GP. Duración: 90 minutos. Última clase del semestre.	Finalidad: obtener información sobre la estrategia didáctica implementada. Modera un docente externo a la investigación.

En relación con los informes de laboratorio escritos por los equipos de trabajo del estudiantado de los GC: las actividades experimentales se desarrollan utilizando guías de laboratorio con el formato mostrado en la tabla III; además, sus respectivas docentes usan rúbricas de evaluación con criterios diferentes a los de la rúbrica de evaluación diseñada en este estudio para evaluar los informes de laboratorio de los equipos de trabajo de los GP; por tal razón, esos resultados no se presentan en este artículo.

En relación con el examen escrito de diagnóstico y final de laboratorio: se rinde en forma individual y consta de dos partes, Parte conceptual (con 12 preguntas o situaciones problemáticas simples) y Parte metodológica (con 3 preguntas). En la parte metodológica debido a los diferentes formatos de guías de laboratorio y las diferentes estrategias de trabajo de laboratorio, se acordó plantear sólo preguntas de aspectos generales y comunes, por ejemplos, sobre el desarrollo de un diseño experimental, el análisis de los resultados y las conclusiones. A modo de ejemplo, en la tabla V se presenta un formato de tipos de preguntas del examen de laboratorio de física.

Tabla V. Formato de tipos de preguntas del examen de Física

Tipo de situación problemática planteada en la parte conceptual:

- Dos cuerpos pasan por un mismo punto inicial en la misma dirección y sentido, describiendo un movimiento rectilíneo uniforme. Sabiendo que pasan con 5 segundos de diferencia, el primero lo hace a una rapidez de 10 m/s y el segundo con una rapidez de 15 m/s.

Realice un gráfico de rapidez en función del tiempo para el movimiento de los dos cuerpos. A partir de este gráfico, determine el camino recorrido por cada cuerpo desde la posición inicial hasta la posición de encuentro.

Pregunta tipo planteada en la parte metodológica:

- Explique la finalidad del análisis de resultados en el desarrollo de un determinada actividad experimental de laboratorio.

Los resultados obtenidos de los exámenes de laboratorio se presentan a través del porcentaje de preguntas correctas en cada parte del examen (parte conceptual y metodológico) separadas por grupos (GP y GC) y disciplinas (Física y Química). Por tanto, las variables independientes son los grupos (GP y GC) de cada disciplina (Física y Química), la variable dependiente es el porcentaje de preguntas correctas obtenidas por cada grupo. Estos resultados se van a someter a un análisis estadístico para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre el GP y GC de cada disciplina. Se utiliza una prueba no paramétrica llamada U de Mann-Whitney, que compara la mediana de ambos grupos. En esta investigación se utiliza estadística no paramétrica debido a que el número de estudiantado participante no permite usar pruebas de normalidad.

La prueba de la U de Mann-Whitney asume como hipótesis nula: las medianas de los dos grupos son iguales. En el caso de que el valor de p calculado sea menor o igual a 0,05 (nivel de significación) rechazaremos la hipótesis nula y asumiremos que las medianas son diferentes, hipótesis alternativa (Montgomery, 2003; Gil Pascual, 2015; Ramírez y Polack, 2020)

En relación con la entrevista del Grupo focal de los GP: el propósito de este grupo focal es obtener información sobre la implementación y desarrollo del trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado; se define tres subtemas (dimensiones) para elaborar las preguntas del instrumento diseñado: 1) El diseño de las guías y el desarrollo del trabajo de laboratorio, 2) El desarrollo de habilidades de pensamiento científico, y 3) La mejora del aprendizaje de los conocimientos teóricos de la física y química.

Algunos aspectos de la técnica de producción de información de los grupos focales: desde un enfoque cualitativo, el conocimiento opera como una escucha investigadora del habla investigada, a la vez que es construido a partir de las experiencias de los y las participantes, así como de sus dimensiones y significados atribuibles a ciertos fenómenos (Ruiz Olabuénaga, 2012). Los instrumentos para utilizar se caracterizan, por tanto, por un alto grado de apertura y por una búsqueda de las subjetividades de los y las participantes. En este contexto, las entrevistas grupales son un conjunto de técnicas que permiten congregarse a un número determinado de personas para indagar en torno a ciertas temáticas a discutir entre los y las participantes (Jakobsen, 2012). Dentro de las técnicas de entrevista grupal, los grupos focales se definen como un instrumento que busca estudiar la realidad práctica a partir de los relatos de las acciones y experiencias de los y las participantes (Canales, 2006). Los grupos focales permiten observar los saberes en torno a vivencias, acciones, perspectivas, testimonios o narraciones. En este estudio se ha seguido la propuesta de Mason (2002) para el diseño del instrumento utilizado en la entrevista del estudiantado de los GP.

En nuestro caso particular, el grupo focal permitirá indagar en la experiencia y valoraciones del estudiantado del GP respecto al trabajo llevado a cabo en torno al desarrollo de los prácticos de laboratorio con un enfoque problematizado, bajo una dinámica de discusión y diálogo respetuoso entre pares.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Presentación y análisis de la información obtenida en la entrevista del grupo focal

Para analizar la información obtenida en la entrevista del estudiantado de los GP, se utilizó una tabla/matriz para ordenar y clasificar las opiniones, experiencias, observaciones y reflexiones de los y las participantes. Esta tabla/matriz contiene los siguientes elementos: los tres subtemas definidos previamente, participantes, opiniones, reflexiones, experiencias, observaciones y frecuencia de las respuestas comunes. Luego, a partir de la tabla/matriz se realizó un proceso de análisis profundo y un resumen de la información cualitativa, comparando las respuestas, opiniones, reflexiones y observaciones para construir las ideas compartidas por los y las participantes (Saldanha da Silveira *et al.* 2015; Hernández y González, 2020). A continuación, se presenta un resumen de las principales ideas compartidas por los y las participantes en cada uno de los subtemas.

1. Sobre el diseño de las guías y desarrollo del trabajo de laboratorio

Un primer tema de análisis fue la percepción del estudiantado de ambos grupos pilotos sobre el diseño de las guías de laboratorio. Al respecto, se puede señalar que el estudiantado logra recordar e identificar una parte significativa de la estructura de las guías de laboratorio; al hablar de ella, identifica como punto de partida la introducción del tema, a partir del cual se planteaba un objetivo general y una problemática semiabierta para reformularse y encontrar una solución concreta y proponer un diseño experimental. Luego, las guías contenían una segunda parte, en donde se detallaban los elementos que debían considerar para el desarrollo del trabajo de laboratorio y una propuesta de formato del informe final escrito a entregar. A modo de ejemplo, una estudiante de GP de física señala: *“nos colocaba una situación problema semiabierta que no tiene una respuesta cerrada y a partir de ésta se llegaba a un problema más concreto, nosotros debemos encontrar la solución y sacar las conclusiones...”*.

Se puede constatar que cada grupo tenía formas particulares de organizarse, en este sentido, la mayoría del estudiantado afirma que para implementar y desarrollar el trabajo de laboratorio implicaba bastante tiempo autónomo, señalando, buscar información para reformular el problema semiabierto, elaborar la hipótesis, proponer un diseño experimental, escribir el informe, entre otros aspectos. A modo de ejemplo, un grupo de trabajo de estudiantes de química señala: *“con mi grupo nos juntábamos el día antes del laboratorio para llevar un avance, luego nos reuníamos el mismo día de realizado el laboratorio, por la tarde, y durante los dos días siguiente del laboratorio trabajamos durante la noche redactando el informe”*. En este mismo sentido, plantean que el primer laboratorio fue muy complicado, con los siguientes lograron familiarizarse con la estrategia metodológica.

Gran parte del estudiantado de ambos grupos señalan la importancia en el proceso de desarrollo del trabajo de laboratorio el apoyo y acompañamiento de la y el docente de laboratorio; señalando que tenían una gran disposición para orientarlos en sus trabajos y resolver dudas.

En cuanto a experiencias previas sobre la realización de actividades de laboratorio, una estudiante de física y uno de química afirman haber tenido algunas experiencias durante la educación secundaria; afirmando que las guías de laboratorio eran muy distintas, se daban todos los pasos que se debía seguir para desarrollar el laboratorio, no se planteaba hipótesis; sin entender muchas veces por qué y para qué se estaba haciendo el laboratorio; tampoco se escribía informes. Finalmente, la mayoría del estudiantado de química, señalan: *“En un comienzo para la mayoría significó una forma distinta de desarrollar el trabajo de laboratorio y la escritura de los informes finales, lo cual significó un desafío y un esfuerzo cognitivo para entender esta lógica de trabajo”*.

2. Sobre el desarrollo de habilidades de pensamiento científico

Al preguntar cuáles son las habilidades que creen que deberían desarrollar el trabajo de laboratorio, las respuestas del estudiantado de los grupos pilotos resultan bastante similares tanto para el de física como el de química; afirmando, en general, que los laboratorios deben contribuir a desarrollar la capacidad de análisis y de razonamiento, familiarizarse con una estrategia que permita plantear y resolver problemas; mejorar la comprensión de la información y de los datos antes, durante y después de los experimentos; analizar los resultados y elaborar conclusiones.

3. Sobre la mejora del aprendizaje de los conocimientos de la física y química

En el caso del estudiantado de física, destacan el hecho de fortalecer la comprensión de los conceptos y principios a través del trabajo de laboratorio. Destacan como aprendizaje significativo, entre otros: *“logramos relacionar variables, descubrir una relación entre ellas, plantear problemas concretos para encontrar soluciones y la aplicación práctica de la teoría de errores”*.

Por otra parte, el estudiantado del laboratorio de química señala que los aprendizajes más significativos son de los siguientes: las disoluciones y relaciones entre componentes, la importancia del pH, entre otros. Además, se afirma que los laboratorios les permitieron: *“llevar a la práctica los conocimientos teóricos; mejorar la forma de enfrentarse a resolver un problema, analizar los datos experimentales y obtener una conclusión”*.

B. Presentación y análisis de los resultados obtenidos de los dos exámenes escritos de laboratorio

En la tabla VI a) se presenta en forma resumida los resultados obtenidos de la evaluación del examen diagnóstico y el final de laboratorio rendido por el estudiantado del GP y GC del curso de Física General I. En la tabla VI b), se presenta la misma información del estudiantado del GP y GC del curso de Química General.

Presentación y análisis de los resultados de la evaluación de los exámenes del laboratorio de física:

En la tabla 6 a), la primera columna expresa los estadísticos calculados; desde la segunda a la quinta columna, se indican el promedio y mediana de los porcentajes de preguntas correctas obtenidas por el estudiantado en el examen de diagnóstico, separados por la parte conceptual y metodológica y por grupos (GP y PG). Desde la sexta a la novena columna incluye la misma información del examen final.

Tabla VI a) Resultados de la evaluación de los exámenes del laboratorio de física.

Rendida Estadístico	Examen Diagnóstico				Examen Final			
	Parte Conceptual		Parte Metodológica		Parte Conceptual		Parte Metodológica	
	GP	GC	GP	GC	GP	GC	GP	GC
Promedio	27 %	37 %	19 %	33 %	73 %	52 %	100 %	33 %
Desviación estándar	0,17	0,21	0,38	0,26	0,17	0,22	0,10	0,52
Mínimo	0 %	16 %	0 %	0 %	43 %	29 %	100 %	0 %
Máximo	57 %	60 %	100 %	50 %	100 %	86 %	100 %	100 %
Número de estudiantes	13	6	13	6	13	6	13	6
Mediana	29 %	35 %	10 %	50 %	71 %	55 %	100 %	12 %
Valor de p calculado	0,01		0,01		0,01		0,01	

Al analizar la mediana del GP y GC de la parte conceptual y metodológica del examen de laboratorio de física tanto el diagnóstico como el final se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significación del 5 %, esto quiere decir que las medianas de los dos grupos son diferentes.

La mediana del porcentaje de preguntas correctas del GP en la parte conceptual, pasa desde un 29 % (examen de diagnóstico) a un 71 % (examen final) y en la parte metodológica desde un 10 % a un 100 %.

A su vez, la mediana del porcentaje de preguntas correctas del GC en la parte conceptual, pasa desde un 35 % (examen de diagnóstico) a un 55 % (examen final) y en la parte metodológica desde un 50 % a un 12 %.

El estudiantado del GP de física no sólo tiene una percepción positiva (entrevista del Grupo focal) sobre el desarrollo del trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado, sino también, teniendo presente los resultados de ambos exámenes de laboratorio, se observa un mejoramiento continuo en la comprensión conceptual de la física y el desarrollo habilidades de la investigación científica.

Presentación y análisis de los resultados de la evaluación de los exámenes del laboratorio de química:

En la tabla VI b), igual que ítem anterior, la primera columna expresa los estadísticos calculados; desde la segunda a la quinta columna, se indican el promedio y mediana de los porcentajes de preguntas correctas obtenidas por los estudiantes en el examen de diagnóstico, separados por la parte conceptual y metodológica y por grupos (piloto y control). Desde la sexta a la novena columna incluye la misma información anterior del examen final.

Tabla VI b) Resultados de la evaluación de los exámenes escritos del laboratorio de química.

Rendida Estadístico	Examen Diagnóstico				Examen Final			
	Parte Conceptual		Parte Metodológica		Parte Conceptual		Parte Metodológica	
	GP	GC	GP	GC	GP	GC	GP	GC
Promedio	53 %	40 %	50 %	27 %	62 %	38 %	61 %	33 %
Desviación estándar	0,16	0,33	0,22	0,21	0,15	0,17	0,29	0,24
Mínimo	29 %	0 %	20 %	0 %	43 %	14 %	0 %	0 %
Máximo	86 %	86 %	80 %	60 %	86 %	57 %	100 %	60 %
Número de estudiantes	23	6	23	6	23	6	23	6
Mediana	57 %	36 %	40 %	20 %	57 %	36 %	60 %	30 %
Valor p calculado	0,295		0,031		0,008		0,02	

Al analizar la mediana del GP y GC en la parte conceptual y metodológica del examen de laboratorio de química, en la mayoría de los casos, tanto el examen de diagnóstico como el final se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significación del 5 %, esto quiere decir que las medianas de los dos grupos son diferentes.

La mediana del porcentaje de preguntas correctas del GP en la parte conceptual es de un 57 % tanto en el examen de diagnóstico como en el final, no varía. En la parte metodológica pasa desde un 40 % (examen diagnóstico) a un 60 % (examen final). A su vez, la mediana del porcentaje de preguntas correctas del GC en la parte conceptual es de un 36 % tanto en el examen de diagnóstico como en el final, no cambia. En la parte metodológica pasa de 20 % a 30 %.

A través de los resultados obtenidos de los exámenes de laboratorio de química, no es posible afirmar en forma indiscutible un mejoramiento en la comprensión conceptual de la química y el desarrollo habilidades de la investigación científica, sin embargo, el estudiantado del GP de química tiene una percepción positiva (entrevista en el Grupo focal) sobre el desarrollo del trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado, además, sus calificaciones en los informes escritos de laboratorio están dentro del nivel 4 de logro, el máximo (ver tabla VII). Por tanto, es indispensable hacer un análisis reflexivo del diseño del examen escrito de laboratorio de química (diagnóstico y final) con la finalidad de realizar los ajustes pertinentes para la próxima aplicación de la estrategia didáctica propuesta.

C. Presentación y análisis de la evaluación de los informes escritos de laboratorio

El estudiantado de los GP de ambas disciplinas, realizaron sus actividades experimentales en el laboratorio en equipos de trabajo, cada uno formado por tres y cuatro estudiantes. En la tabla VII, a modo de ejemplo, sólo se presentan los resultados de las calificaciones obtenidas en el primer y último informe de laboratorio, debido a que las calificaciones de los dos informes intermedios están dentro del rango de las presentadas en la tabla. Los informes se califican a través de una rúbrica de evaluación (Gatica y Uribarren, 2013) diseñada con criterios coherentes con las fases orientadoras de la estrategia didáctica propuesta. En la primera columna de la tabla sólo se presentan los criterios de evaluación del nivel 4 de logro (calificación del nivel 4: entre 75 % y 100 %. Escala de calificación: desde 0 a 100 %; porcentaje mínimo de aprobación, 50 %), debido a que las calificaciones obtenidas por todos los equipos de trabajo se encuentran en dicho nivel de logro. En la columna 2 y 3, se muestran las evaluaciones obtenidas por los tres equipos de trabajo de estudiantes del GP de física (en adelante, ETF1...). Finalmente, en la columna 4 y 5 se expresa la misma información anterior de los cinco equipos de trabajo de estudiantes del GP de química (en adelante, ETQ1...).

Tabla VII. Resultados de la evaluación del primer y último informe escrito de laboratorio.

Rúbrica para evaluar los informes escritos de los equipos de estudiantes del GP. Criterios de evaluación	Informe de laboratorio de física. Calificación obtenida:		Informe de laboratorio de química. Calificación obtenida:	
	Primer	Último	Primer	Último
Criterio N°1 del nivel 4 de logro: Plantea una situación problemática que permita encontrar una solución precisa y concreta con su respectiva fundamentación. Formula el objetivo general y los respectivos objetivos específicos.	ETF1: 75 % ETF2: 75 % ETF3: 75 %	ETF1: 95 % ETF2: 90 % ETF3: 90 %	ETQ1: 75 % ETQ2: 77 % ETQ3: 78 % ETQ4: 75 % ETQ5: 75 %	ETQ1: 90 % ETQ2: 90 % ETQ3: 95 % ETQ4: 95 % ETQ5: 95 %
Criterio N°2 del nivel 4 de logro: Plantea una solución concreta, lógica y fundamentada al problema del estudio (hipótesis).	ETF1: 75 % ETF2: 75 % ETF3: 75 %	ETF1: 90 % ETF2: 85 % ETF3: 85 %	ETQ1: 78 % ETQ2: 75 % ETQ3: 76 % ETQ4: 77 % ETQ5: 75 %	ETQ1: 95 % ETQ2: 90 % ETQ3: 95 % ETQ4: 90 % ETQ5: 95 %
Criterio N°3 del nivel 4 de logro: Realiza un diseño experimental para contrastar la hipótesis propuesta.	ETF1: 75 % ETF2: 75 % ETF3: 78 %	ETF1: 90 % ETF2: 90 % ETF3: 95 %	ETQ1: 78 % ETQ2: 75 % ETQ3: 78 % ETQ4: 75 % ETQ5: 76 %	ETQ1: 90 % ETQ2: 90 % ETQ3: 95 % ETQ4: 95 % ETQ5: 90 %
Criterio N°4 del nivel 4 de logro: Implementa y desarrolla el diseño experimental.	ETF1: 75 % ETF2: 75 % ETF3: 75 %	ETF1: 95 % ETF2: 96 % ETF3: 90 %	ETQ1: 75 % ETQ2: 75 % ETQ3: 78 % ETQ4: 75 % ETQ5: 76 %	ETQ1: 95 % ETQ2: 90 % ETQ3: 95 % ETQ4: 95 % ETQ5: 90 %
Criterio N°5 del nivel 4 de logro: Gestiona y analiza los datos y la información obtenida.	ETF1: 78 % ETF2: 75 % ETF3: 75 %	ETF1: 90 % ETF2: 88 % ETF3: 85 %	ETQ1: 75 % ETQ2: 78 % ETQ3: 75 % ETQ4: 75 % ETQ5: 75 %	ETQ1: 90 % ETQ2: 90 % ETQ3: 95 % ETQ4: 90 % ETQ5: 95 %
Criterio N°6 del nivel 4 logro: Elabora conclusiones en coherencia al análisis de los resultados obtenidos, considerando las perspectivas abiertas tras el estudio realizado.	ETF1: 79 % ETF2: 75 % ETF3: 77 %	ETF1: 95 % ETF2: 95 % ETF3: 97 %	ETQ1: 75 % ETQ2: 77 % ETQ3: 75 % ETQ4: 75 % ETQ5: 80 %	ETQ1: 90 % ETQ2: 95 % ETQ3: 95 % ETQ4: 95 % ETQ5: 97 %

Al analizar las calificaciones obtenidas por el estudiantado de ambos GP (física y química) de los informes escritos de laboratorio, se puede observar que el nivel de logro de las fases orientadoras del enfoque didáctico propuesto es alto en todos los equipos de trabajo, hubo un mejoramiento continuo en el desarrollo de habilidades de la investigación científica a lo largo del semestre académico; todos los informes se encuentran en el nivel 4 de logro (calificación: entre 75 % y 100 %), que es el máximo. Los resultados de los informes escritos de laboratorio evidencian un empoderamiento del estudiantado de los GP de las habilidades de la investigación científica y del trabajo en equipo.

V. CONCLUSIONES

Las actividades experimentales de laboratorio es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que puede aportar, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas; por tanto, es esencial que el trabajo de laboratorio del estudiantado integre de manera simultánea el desarrollo de conocimientos conceptuales y procedimentales.

En este contexto, el propósito de este estudio fue la implementación y desarrollo del trabajo de laboratorio en los cursos de física y química con un enfoque problematizado, con la finalidad de potenciar el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión de los conocimientos teóricos en el estudiantado del primer nivel universitario. Los resultados obtenidos evidencian un empoderamiento de las habilidades de la investigación científica en el estudiantado participante.

Destacamos la percepción positiva de la gran mayoría del estudiantado participante sobre el trabajo de laboratorio con un enfoque problematizado en la entrevista del Grupo focal; consideran que efectivamente lograron desarrollar habilidades de pensamiento científico y las competencias requeridas para enfrentarse y resolver situaciones problemáticas, mejorar la comprensión de la información, analizar los resultados, elaborar conclusiones; destacando también, la construcción de informes para comunicar los resultados como positiva.

Con base en los resultados obtenidos tanto en los exámenes escritos y las calificaciones de los informes de laboratorio como los del Grupo focal, podemos concluir que cuando el trabajo de laboratorio se implementa y desarrolla con un enfoque problematizado, contribuye a un mejoramiento en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la comprensión conceptual de la física y química en el estudiantado.

Finalmente podemos concluir que para lograr un empoderamiento eficaz a lo largo del tiempo de las habilidades de pensamiento científico en el estudiantado es imprescindible seguir aplicando este enfoque didáctico en el trabajo de laboratorio de los próximos cursos de las ciencias experimentales. Para ello, en nuestra universidad se va a realizar un ciclo de charlas académicas con la finalidad de comunicar los resultados del estudio y promover este enfoque didáctico como una estrategia metodológica que fomenta que los y las estudiantes pongan en práctica algunas de las formas de pensamiento y acciones del trabajo científico en las actividades docentes formativas de laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Investigación Educativa del Proyecto Formación Inicial Docente del Ministerio de Educación de Chile por la oportunidad, apoyo y financiamiento del presente estudio.

REFERENCIAS

Aguilera, D., Carrillo Rosúa, J., Vílchez González, J. M. y Perales Palacios, F. J. (2021). Tendencias investigadoras en enseñanza de las ciencias en revistas españolas 2014-2018. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 45-62. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.31>

Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L. y Del Sol Martínez, J. L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025&lng=es&tlng=es

Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 365-379. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4212>

Bárcena Martín, A. I. y Martínez Aznar, M. M. (2022). Indagar sobre las reacciones químicas y desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3409>

Barolli, E., Laburú, C. E. y Guridi, V. M. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 9(1), 88-110. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART6_VOL9_N1.pdf

Becerra Labra, C., Gras Martí, A. y Martínez Torregrosa, J. (2012). Effects of a Problem-based Structure of Physics Contents on Conceptual Learning and the Ability to Solve Problems, *International Journal of Science Education*, 34:8, 1235-1253. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.619210>

Becerra Labra, C., Gras Martí, A. y Martínez Torregrosa, J. (2005). ¿De verdad se enseña a resolver problemas en el primer curso de física universitaria? La resolución de problemas de "lápiz y papel" en cuestión. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(2), 299-308. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172005000200016>

Becerra Labra, C. y Silva Arias, L. A. (2021). Prácticas de Laboratorio de Física y Química con una Lógica Problematizada. *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Línea 3: Educación Científica en la Universidad, Comunicaciones, p. 379. https://congresoensciencias.org/wp-content/uploads/2021/09/Actas-Electronicas-del-XI-Congreso_compressed.pdf

Bravo, B., Pesa, M. y Braunmüller, M. (2022). IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0326>

Busquets, T., Silva, M. y Larrosa, P. (2016). Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos. *Estudios pedagógicos*, 42(especial), 117-135. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052016000300010>

Canales Cerón, M. (2006). Metodología de la investigación Social. Santiago: Lom Ediciones, primera edición.

Cañedo Ortiz, T. J. y Figueroa Rubalcava, A. E. (2013). La práctica docente en educación superior: una mirada hacia su complejidad. *Sinéctica*, (41), 2-18. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2013000200004&lng=es&tlng=es

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), 157-181. https://www.researchgate.net/publication/285649791_Papel_de_la_actividad_experimental_en_la_educacion_cientifica

Fernández, I., Gil Pérez, D., Alís, J. C., Cachapuz, A. F. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 477-488. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3962>

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. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142009000300005&lng=es&tlng=es

Franco Moreno, R. A., Velasco Vásquez, M. A. y Riveros Toro, C. M. (2017). Os trabalhos práticos de laboratório no ensino das ciências: tendências em revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (41), 37-56. <https://doi.org/10.17227/01203916.6031>

Hernández De la Torre, E. y González Miguel, S. (2020). Análisis de datos cualitativos a través del sistema de tablas y matrices en investigación educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(3), 115-132. DOI: <https://doi.org/10.6018/reifop.435021>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. D. F., México: Mc Graw Hill, 6^{ta} edición.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>

Galvis Alba, A., Laitón Cubides, P. D. y Ávalo Azcárate, A. (2017). Prácticas de laboratorio en educación superior: ¿cómo transformarlas? *Actualidades Pedagógicas*, (69), 81-103, doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ap.4085>

Gatica Lara, F. y Uribarren Berrueta, T. (2013) ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Investigación en educación médica*, 2(5), 61-65. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000100010&lng=es&tlng=es

Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J. y Vilches Peña, A. (2008). A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades. Universidade de Vigo. Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa.

Gil Pérez, D. y De Guzmán Ozámiz, M. (1993). *La enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e innovaciones*. Organización de Estados Iberoamericanos. Madrid: Editorial Popular.

Gil Pascual, J. A. (2015). *Metodología cuantitativa en educación* (2^a edición). Madrid: UNED.

González Rodríguez, L. y Crujeiras Pérez, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2018>

Jakobsen, H. (2012). Focus groups and methodological rigor outside the minority world: Making the method work to its strengths in Tanzania. *Qualitative Research*, 12(2), 111–130. <https://doi.org/10.1177/1468794111416145>

López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, O. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/latinoamericana/article/view/5036>

Marín, M. (2021). El trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: una experiencia con docentes en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (49), 163-182. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-8221>

Mariños Castillo, G. A., y Apolaya Sotelo, J. P. (2021). Aprendizaje de las ciencias físicas en el estudiante universitario: aportes de la indagación científica en el desarrollo de las competencias. *Sciéndo*, 24(1), 17-25. <https://doi.org/10.17268/scienco.2021.002>

Martínez Torregrosa, J., Gil Pérez, D., Becerra Labra, C. y Guisasaola, J. (2005). ¿Podemos mejorar la enseñanza de la resolución de problemas de lápiz y papel en las aulas de Física y Química? *Educación Química*, 16(2), 230-245. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.2.66116>

Martínez Torregrosa, J., Domènech Blanco, J., Menargues, A. y Romo Guadarrama, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23(extraordinario N°1), 112-126. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30143-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30143-x)

Martínez Velásquez, N. Y. y Riveros Míguez, S. Y. (2019). La enseñanza de caída libre bajo la metodología de aprendizaje activo. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 35-56. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9832>

Mason, J. (2002). *Qualitative researching*, 2nd edition, London: Sage Publications Ltd.

Ministerio de Educación de Chile (2022). Estándares Pedagógicos y Disciplinarios para Carreras de Pedagogía en Física Educación Media. Recuperado en agosto de 2022 de: <https://estandaresdocentes.mineduc.cl/wp-content/uploads/2022/02/EPD-Fisica.pdf>

Montgomery, D. C. (2003), *Diseño y análisis de experimentos*, Segunda Edición, México: Limusa, Wiley.

Mordeglia, C. y Mengascini, A. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 71-89. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.755>

Ramírez Ríos, A. y Polack Peña, A. M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19), 191–208. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597>

Rosa, S. M. (2019). Proyectos de investigación en los estudios universitarios: progreso de la observación a la indagación. *Enseñanzas de las ciencias*, 37(1), 195-211. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2607>

Rosa Novalbos, D. y Martínez Aznar, M. (2019). Resolución de problemas abiertos en ecología para la ESO. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 37(2), 25-42. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/356152>

Ruiz Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. Bilbao: Editorial Universidad de Deusto, 5^{ta} edición.

Ruiz Ortega, F., Tamayo Alzate, O. y Márquez Bargalló, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educ. Pesqui.*, 41(3), 629-646. <https://doi.org/10.1590/s1517-9702201507129480>

Saldanha da Silveira, D., Donaduzzi, Colomé, C., Teresinha Heck, T., Nunes da Silva, M. y Viviani, F. (2015). Grupo focal y análisis de contenido en investigación cualitativa. *Index de Enfermería*, 24(1-2), 71-75. <https://dx.doi.org/10.4321/S1132-12962015000100016>

Zhong, G. (2014). Training of scientific thinking methods in teaching of inorganic and analytical chemistry. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7), 1503-1508. <https://pdfs.semanticscholar.org/a3cb/c342baeac89601da1ff740a0a5d4a0a4ca1c.pdf>.