



El trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: una experiencia con docentes en formación inicial

- Practical Laboratory Work in the Teaching of Natural Sciences: An Experience with Teachers in Initial Training
- Trabalho prático de laboratório no ensino de ciências naturais: uma experiência com professores em formação inicial

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de investigación de una experiencia formativa a futuros profesores de ciencias naturales. El objetivo fue contribuir a la formación docente respecto al uso de las prácticas experimentales para la enseñanza de tópicos específicos de biología y química, desde el modo en que se conciben, planifican e implementan en contextos escolares. La metodología fue investigación-acción participativa, con estudio de caso. El proceso constó de cuatro fases: planeación, aplicación, evaluación, y sistematización y socialización de cinco propuestas de enseñanza basadas en un modelo de práctica experimental. La muestra fue de cinco profesores de ciencias naturales en formación inicial en educación básica de la Universidad del Valle. Se concluyó que el modelo propuesto de práctica experimental basado en resolución de problemas es más coherente con los aportes de la investigación educativa actual y con la naturaleza de la ciencia y la actividad científica, en la que teoría y experimentación están estrechamente relacionadas. La experiencia formativa generó fortalecimiento en la base de conocimientos de los futuros docentes, lo cual se refleja en las propuestas planificadas y aplicadas en contextos escolares, alternativas a los trabajos prácticos tradicionales de tipo demostrativo e ilustrativo de la teoría.

Palabras clave

formación docente; laboratorio; educación en ciencias

Miyerdady Marín Quintero*

* Magíster en Educación con énfasis en Enseñanza de las Ciencias, Universidad del Valle. Docente de la Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía. Grupo interinstitucional Ciencia, Acciones y Creencias UPN-UV. Grupo Ciencia Educación y Diversidad Univalle. Correo electrónico: miyerdady.marin@correounivalle.edu.co Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2903-2914>



Abstract

This article presents the research results of a training experience for future teachers of natural sciences. The objective of this research was to contribute to training process aimed at transforming the teachers' experimental practices for the teaching of specific topics of biology and chemistry, from the way the experimental practices are conceived, planned and implemented in school contexts. The proposed methodology followed the participatory action research approach and the case study method. The investigative process consisted of four phases to planning, implementing, evaluating and systematizing a model of experimental practice for the teaching of natural sciences. The sample was composed of five professors of natural sciences in the initial formation of basic education of the Universidad del Valle. The main conclusions showed that the proposed model of experimental practice based on problem solving is more coherent with the contributions of current educational research and the nature of science, scientific activity, in which the relationship theory-experimentation is closely linked. The formative experience led to strengthen the knowledge base of the future teachers, which is reflected in the proposals planned and applied in school contexts; alternatives to the traditional practical works of demonstrative and illustrative type of theory.

Keywords

teacher training; laboratory; science education

Resumo

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa de uma experiência de formação para futuros professores de ciências naturais. O objetivo desta pesquisa foi contribuir para a formação de professores quanto ao uso de práticas experimentais para o ensino de tópicos específicos de biologia e química, desde a forma como são concebidos, planejados e implementados em contextos escolares. A metodologia proposta foi levantada a partir da pesquisa-ação participativa, com estudo de caso, na qual um modelo de prática experimental para o ensino de ciências naturais foi concebido, implementado e avaliado, estabelecendo a relação entre teoria e experimentação, e favorecendo o aprendizado da ciência em alunos da educação básica. A amostra foi de cinco professores de ciências naturais em formação inicial da educação básica da Universidad del Valle. O processo de investigação consistiu em quatro fases: 1. desenho; 2. aplicação; 3. avaliação; 4. sistematização e socialização. Concluiu-se que o modelo de prática experimental baseado na resolução de problemas proposto é mais coerente com as contribuições da pesquisa educacional atual e a natureza da ciência, atividade científica, em que a relação teoria-experimentação está intimamente ligada. A experiência formativa gerou fortalecimento na base de conhecimento dos futuros professores, o que se reflete nas propostas planejadas e aplicadas nos contextos escolares, alternativas aos trabalhos práticos tradicionais de tipo demonstrativo e ilustrativo de teoria.

Palavras-chave

formação de professores; laboratório; educação científica

Introducción

Pese al valor educativo que se les atribuye a los *trabajos prácticos de laboratorio* (TPL) en la enseñanza de las ciencias naturales, aún se encuentra en nuestra realidad escolar que los profesores, por acción u omisión, transmiten a sus estudiantes ideas inadecuadas sobre la construcción del conocimiento en ciencias. Entre estas ideas se destacan el problema de la falta de relación entre la teoría y la experimentación al disociar la clase magistral en el aula del trabajo en el laboratorio; situación que se refleja en limitantes estructurales en la forma como se conciben y realizan los TPL en los contextos escolares (Marín, 2010).

Desde hace algunas décadas, diversos autores han atendido serias necesidades en pro de una renovación de las prácticas experimentales para que respondan a las posibilidades en cuanto a la promoción de aprendizajes significativos en los estudiantes. Algunas de estas necesidades se relacionan con: a) renovar las prácticas de laboratorio procurando hacer énfasis en relacionar la teoría y la práctica, para darle mayor sentido a esta última (García et ál., 1995); b) superar el trámite puramente académico, dado que se ofrecen distintas experiencias aparentemente inconexas y sin aplicación alguna; c) producir tipos específicos de prácticas y distinguirlos entre ellos para cumplir con cada uno de los objetivos planteados (Barberá y Valdés, 1996); d) plantear actividades experimentales que se pueden desarrollar, ya que las propuestas incluidas en los textos de laboratorio son de difícil realización debido a las condiciones de las instituciones, entre ellas, las limitaciones económicas, de espacio y de material de laboratorio.

Esto impone grandes desafíos puesto que existe cierto desfase entre la producción de trabajos centrados en el debate teórico

y la producción de conocimiento derivado de estudios empíricos. Al respecto, Barolli et ál. (2010) expresan que el laboratorio didáctico en su carácter de ambiente cognitivo, tan fértil y legítimo, tiene un campo promisorio de investigación poco explorado aún desde las cuestiones relativas a las vicisitudes de la experiencia de aprendizaje que allí acontece.

De igual forma, algunos estudios exponen que los profesores de ciencias naturales carecen de competencias para proponer alternativas al trabajo experimental en ciencias naturales o para diseñar formas de enseñanza, estrategias y ambientes de aprendizaje; faltas que al parecer se presentan por no contar con una metodología didáctica que conjugue teoría y experimentación de una manera eficaz. Es decir, se reconoce la dificultad que representa para los docentes diseñar, aplicar y evaluar actividades experimentales en sus clases de ciencias naturales (Calixto, 1996).

Desde esta perspectiva, resulta de gran importancia el desarrollo de un análisis crítico de la propia experiencia de enseñanza, que permita aportar al campo de la educación en ciencias nuevo conocimiento sobre la relación entre la teoría y la práctica experimental en el laboratorio escolar; así, se lograría proponer y consolidar metodologías, estrategias didácticas y uso de recursos pedagógicos que puedan implementarse en contextos específicos y que constituyan soluciones a necesidades educativas reales. En este interés, surge la pregunta: ¿Cómo involucrar a los docentes en formación inicial en el diseño y desarrollo de trabajos prácticos experimentales más coherentes con las características de la actividad científica?, y se plantea como propósito contribuir desde la formación a los futuros profesores en el modo en que conciben, planifican e implementan prácticas experimentales en el laboratorio escolar para la enseñanza de tópicos específicos de biología y química.

Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales

El auge de los nuevos enfoques teóricos sobre la educación en ciencias y los resultados de la investigación en este campo han creado nuevas expectativas respecto a la enseñanza en el laboratorio escolar. Históricamente, se han reconocido los TPL como pilares para el cumplimiento de los propósitos de aprendizaje de la ciencia, su práctica y sobre la ciencia en sí, y se han estudiado sus posibilidades, contradicciones y limitaciones (Carrascosa et ál., 2006; Franco et ál., 2017; Galiazzi et ál., 2001; Hodson, 1994; Hofstein y Lunetta, 2004; Mordeguia y Mengascini, 2014; Seré, 2002).

Desde un análisis crítico de cómo los profesores orientan habitualmente los TPL, diversos autores indican que se caracterizan por enfoques de enseñanza con énfasis en métodos de transmisión-recepción o por descubrimiento, en los que se hacen verificaciones por parte de los estudiantes, que se guían como si fueran una receta de cocina; muestran visiones de ciencia y del aprendizaje desde posturas empírico inductivistas; evidencian ruptura entre la teoría y la experimentación. Es decir, con frecuencia, la práctica está al servicio de la teoría; tienen un nivel de apertura limitado; suelen ser muy estructurados, ya que el estudiante es conducido paso a paso; ofrecen distintas experiencias aparentemente inconexas entre sí y sin aplicación alguna, y enfatizan en las respuestas correctas. Por esta razón, el laboratorio tiende a la verificación de cosas conocidas. Por lo anterior, los TPL se muestran de forma confusa y poco productiva, lo que les confiere escaso valor educativo (Hodson, 1994).

Renovar los trabajos prácticos de laboratorio que habitualmente se realizan implica un cambio del pensamiento docente respecto a la forma de concebir las experiencias de enseñanza/aprendizaje y una transformación en su práctica educativa. Esto, porque exige de su parte explicitar cómo puede cumplir con los objetivos atribuidos a las prácticas experimentales, integrar los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, incorporar diversos recursos pedagógicos de acuerdo con su uso y pertinencia en la actividad experimental, al igual que analizar y evaluar las potencialidades educativas de las prácticas para atender las necesidades, intereses y ritmos de aprendizaje particulares de los estudiantes, sea cual fuere la metodología propuesta.

Actualmente, en diversos estudios se pueden encontrar investigaciones sobre los trabajos prácticos de laboratorio que prometen renovar los de enfoque tradicional que presentan graves deficiencias desde el punto de vista metodológico; entre los aspectos que se priorizan están la participación en la cultura científica resolviendo problemas en pequeños grupos (Reigosa y Jiménez, 2000) y una enseñanza de la química basada en la indagación guiada, donde diferentes tipos de trabajo práctico se puedan integrar de manera coherente al aprendizaje de conceptos, modelos y problemas de *papel y lápiz* (Martínez et al., 2012). Dichas propuestas

de enseñanza están basadas en el modelo pedagógico constructivista que ha contribuido, en gran parte, a comprender cómo se construye el conocimiento científico y a identificar cómo aprenden los estudiantes.

Desde el constructivismo, la ciencia se entiende como una actividad humana en la que se construye el conocimiento científico que aparece como la elaboración de modelos alternativos para interpretar la realidad. En este sentido, Flores et ál., (2009) presentan una revisión amplia sobre la enseñanza en el laboratorio de ciencias y promueven la reflexión sobre cuestionar la práctica experimental demostrativa, que conduce a una tergiversación de la naturaleza de la ciencia. También reconocen que el laboratorio brinda una oportunidad para integrar aspectos conceptuales, procedimentales y epistemológicos dentro de enfoques alternativos, que pueden permitir el aprendizaje de los estudiantes con una visión constructivista, a través de métodos que implican la *resolución de problemas* que les brindan la experiencia de involucrarse con los procesos de la ciencia y de alejarse progresivamente de la concepción errónea del mal denominado y concebido *método científico*. Estos autores afirman que los esfuerzos deben estar orientados a nuevas experiencias en las que se requiera ajustar tiempo, recursos, contenidos didácticos y actitudes para darle al laboratorio el lugar que reclama en el aprendizaje de la ciencia.

El trabajo práctico de laboratorio basado en resolución de problemas

La ciencia reconoce que los conceptos científicos responden a la solución de problemas que han estado presentes de manera continua en su historia, los cuales emergen en el referente teórico en el que se originan y en el que la experimentación tiene un rol muy importante.

Asimismo, en dicha resolución se acuerda la interacción entre lo natural (fenómeno) y lo social (el experimentador y pares), ligada a un espacio o sitio determinado, comúnmente, conocido como laboratorio. En este, el experimentador realiza una intervención al objeto de estudio a través de procedimientos, técnicas, instrumentos y aparatos, haciendo uso de elementos cognitivos y manipulativos e incluso de matematización cuando se incluye medición de datos cuantitativos, con la intención de producir determinadas reacciones, es decir, cambios empíricos (Marín, 2010).

De manera similar, el aprendizaje humano, desde el niño hasta el adulto, es esencialmente una actividad de resolución de problemas, a través de la cual el individuo se adapta al medio y se desarrolla simultáneamente en los campos cognitivo, afectivo y psicomotor (López y Costa, 1996). Por lo anterior, el trabajo en el aula, en torno a un objeto/problema, implica la construcción de estrategias que garanticen la relación teoría/práctica y la construcción de acciones participativas entre individuos y grupos en la diversidad de soluciones propuestas (López, 2001).

En este sentido, se propone el trabajo práctico del laboratorio en contexto de resolución de problemas, sobre el supuesto de que el abordaje de situaciones problemáticas experimentales exige un tratamiento tanto teórico como metodológico de manera integrada para hallar su solución. También, en dicha resolución se promueve la apropiación de conceptos y procesos experimentales en los estudiantes y una aproximación a la actividad escolar con parámetros de trabajo más cercanos a la actividad científica habitual (Marín, 2010).

Asumir una propuesta de enseñanza basada en la resolución de problemas en el laboratorio implica poner en juego algunas consideraciones de índole pedagógicas y didácticas:

- a. Estudiar casos particulares de fenómenos naturales que se vinculen con los contenidos de enseñanza.
- b. Contextualizar el conocimiento científico a enseñar, incluir el acercamiento a eventos o situaciones de la vida cotidiana que resulten problemáticas y que representen el fenómeno vinculado con el concepto, esto es coherente con la proximidad que tiene quien investiga la naturaleza con los hechos reales en los que surgen las primeras preguntas o cuestiones.
- c. Promover la participación de los estudiantes en el estudio, análisis de sucesos propios de la realidad actual. Orientar en la búsqueda de soluciones o explicaciones a problemas vinculados con el fenómeno de estudio, y en la adopción de actitudes más responsables hacia el medio sociounatural.
- d. En la planeación de la enseñanza se distinguen momentos didácticos que buscan un aprendizaje efectivo en los alumnos y que requieren de una secuencia constituida por: preliminar, de inicio, desarrollo, cierre y aplicación. En una enseñanza basada en resolución de problemas en el laboratorio, cada momento didáctico se vincula según el proceso de resolución y las fases didácticas en la práctica experimental, como lo indica la tabla 1.

Tabla 1. Relación momentos didácticos, proceso de resolución y fases de la práctica experimental

| Momentos didácticos de enseñanza | Proceso de resolución del problema | Fases didácticas en la práctica experimental |
|----------------------------------|---|--|
| Preliminar | Concepciones de los estudiantes. | |
| De inicio | Planteamiento de la situación problema. | Pretrabajo experimental o de laboratorio. |
| | Formulación de hipótesis. | |
| Desarrollo | Presentación de contenidos y realización de las actividades experimentales. | Trabajo experimental o de laboratorio. |
| Cierre | Solución a la situación problema. | Postrabajo experimental o de laboratorio. |
| Aplicación | Planteamiento de nuevos problemas. | |

Fuente: elaboración propia.

- e. Distinguir tres fases didácticas en las prácticas de laboratorio: en la primera, el pretrabajo experimental, se sitúa el campo teórico específico de estudio, se presenta el problema común que se transforma en problema escolar, se plantean las situaciones problemáticas y se formulan las preguntas problemas. La segunda fase refiere al trabajo experimental, se desarrollan las actividades teórico-prácticas que resuelven las situaciones problemáticas (experimentales); por último, en el postrabajo experimental, se da solución al problema escolar y se revisa el aprendizaje de los estudiantes.

- f. Elaborar preguntas centrales que formen parte del contexto problemático en el que se ubica el proceso de construcción del concepto que propicien el análisis del fenómeno, con miras a que se reconozcan las distintas explicaciones. Proponer actividades para superar los obstáculos de aprendizaje que permitan mostrar las inconsistencias de sus ideas, que exijan una mayor dificultad teórica como metodológica que estarían en el origen del concepto, siendo coherente con la forma como avanza la ciencia, cuando los hombres de ciencia se ven enfrentados a resolver dificultades tanto teóricas como prácticas en el camino de la construcción de un nuevo conocimiento.
- g. Es necesaria la disposición en diversidad de trabajos prácticos de laboratorio (experiencias, actividades ateóricas, experimentos didácticos, pequeñas investigaciones) que promuevan en los estudiantes aprendizajes significativos diversos de acuerdo con los propósitos didácticos que se quieren alcanzar.
- h. En las prácticas experimentales basadas en resolución de problemas (figura 1) se define inicialmente el cuerpo teórico de referencia, a partir del cual se distingue el objeto de investigación o de estudio en particular, se delimita la realidad a solo aquellos hechos que manifiesten el fenómeno. Con estos hechos se obtiene un primer nivel de acercamiento al objeto de investigación y a partir de ellos se pueden hallar problemas reales o comunes propios de la cotidianidad, cuyo propósito fundamental es resolver algún aspecto concreto de interés social. Los hechos de la vida real constituyen una fuente propicia para formular problemas escolares, de interés académico.

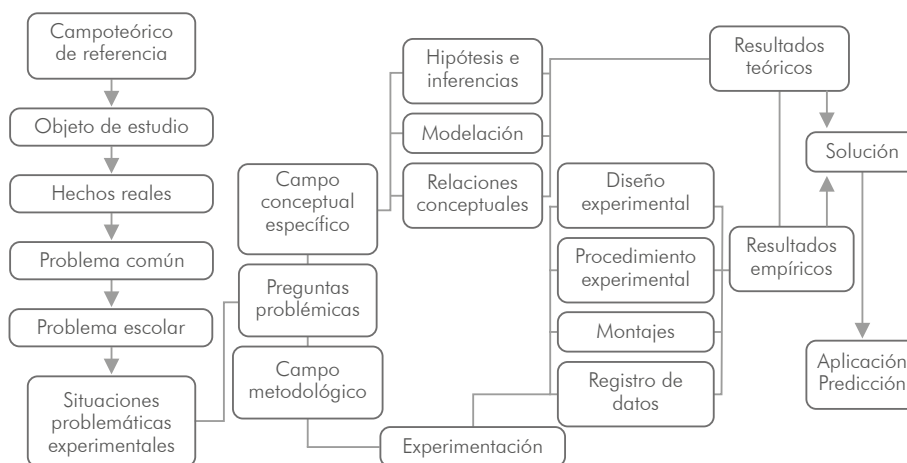


Figura 1. Las prácticas experimentales con enfoque en resolución de problemas en el laboratorio.

Fuente: elaboración propia, a partir de Marín (2010).

Para que el problema escolar sea resuelto por los estudiantes, se demanda un análisis preliminar de tipo cualitativo a partir del cual

se formulan situaciones problemáticas que serían abordadas en el laboratorio con un tratamiento teórico-experimental para obtener

resultados que se constatarán interpretando y analizando el vínculo, con fin de lograr la solución al problema central. Tal solución constituye una respuesta que aporta información que no se tenía del objeto de investigación, dado que permite describirlo, explicarlo e incluso realizar predicciones respecto al comportamiento del fenómeno en estudio.

Caracterización de los trabajos prácticos de laboratorio

Es importante distinguir la diversidad de los TPL dado que “un amplio entendimiento de los fines de las prácticas requiere una clarificación del significado de los varios tipos de actividades prácticas, que son diferentes en naturaleza y pueden ser empleadas en distintas formas y utilizadas para lograr diversas metas” (Miguens y Garret, 1991, p. 229). Por ello, se plantea una caracterización (anexo 1) obtenida de aportes de diversos autores en estudios sobre las prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales, de acuerdo con cuatro aspectos según: a) su naturaleza (Calvo et ál., 2008); b) las finalidades y objetivos que se pretenden (Caamaño, 2004); c) los aspectos metodológicos (Ariza de la Hoz, 2010; Dommin, 1999; Ferreirós y Ordoñez, 2002; Iglesias, 2004; Jiménez et ál., 2006; Marín, 2010); d) la forma de evaluación en el laboratorio (Puentes, 2008; Tortajada y Noguera, 2013).

Metodología

La metodología adoptada para esta investigación fue de carácter cualitativo, con un enfoque exploratorio y descriptivo, y siguió los supuestos constructivistas. Se basó en los principios para la formación de profesores en ciencias que expone Porlán (2003), que plantea que se deben concebir ciclos de diseño, aplicación y evaluación de propuestas de intervención escolar, con el fin de que los futuros docentes puedan ir estructurando su conocimiento práctico en torno a un modelo didáctico personal alternativo.

El estudio se desarrolló en un contexto real de formación del profesorado con una muestra de cinco profesores en formación inicial que cursaban séptimo semestre del programa de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad del Valle, a través de un proceso de investigación-acción colaborativa (Latorre, 2012). En este proceso, se llevó a cabo un ciclo de formación: planificación (fundamentación teórica, definición del modelo de TPL, diseño de las propuestas específicas), acción (aplicación de las propuestas en contextos escolares) observación (recolección de la información, ajustes a las propuestas inmediatas o parciales durante la aplicación) y reflexión sobre la experiencia pedagógica vivida.

El diseño metodológico de la investigación se acogió al estudio de caso, que permite poner en relación la teoría educativa con la práctica docente en situa-

ciones muy cercanas a la realidad. Los métodos y técnicas de recolección de información se usaron de acuerdo con el procedimiento investigativo de cuatro fases:

Fase 1. Determinación del perfil profesional del profesor (PPP)

La determinación del perfil profesional del profesor (PPP) permitió caracterizar a los profesores participantes y se obtuvo a partir de la indagación de tres aspectos:

- a. Información personal, formación profesional, académica y experiencia laboral (asignaturas, nivel educativo y grados en los que actualmente se desempeña) y experiencia en el trabajo de laboratorio, en la realización de prácticas experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales. Para ello, se aplicó un instrumento a manera de base de datos en formato físico.
- b. Exploración del pensamiento de los docentes en formación inicial sobre las prácticas experimentales en el laboratorio. Para ello, se aplicó un cuestionario tipo Likert (adaptado de Castro et ál., 2012), en el que se indagó sobre cómo los docentes entendían las prácticas de laboratorio en cuanto a su significado, la importancia que le otorgan a la finalidad de estas en la enseñanza y sobre su actuación, es decir, lo que dicen que hacen cuando realizan las prácticas de laboratorio.
- c. El estilo de enseñanza se exploró a partir de la observación no participante, del desarrollo de la práctica experimental para la enseñanza de un contenido de las ciencias naturales.

Fase 2. Planeación de las propuestas de trabajo práctico de laboratorio para la enseñanza de tópicos específicos en ciencias naturales

En esta fase se propusieron seminarios talleres con el fin de generar un espacio formativo que facilitara a los profesores en formación inicial la actualización científica, pedagógica y didáctica de las ciencias naturales. En los seminarios talleres se abordaron cinco núcleos temáticos problematizadores:

- a. ¿Qué aportan los trabajos prácticos de laboratorio al aprendizaje de las ciencias naturales que no aporta otra estrategia educativa?
- b. ¿Qué relación se establece entre la teoría y la práctica experimental en la enseñanza de las ciencias naturales?
- c. ¿Qué alternativas a las prácticas experimentales tradicionales se pueden proponer en la enseñanza de tópicos específicos de ciencias? ¿Cómo diseñar, aplicar y evaluar actividades experimentales contextualizadas en situaciones escolares reales?
- d. ¿Cuál es la relación entre el contenido de ciencias, el fenómeno y el problema a estudiar?
- e. ¿Cuál es el conocimiento científico necesario para explicar el fenómeno y hallar respuesta al problema formulado en la propuesta?

Fue necesario concebir de una manera diferente los TPL en la enseñanza de las ciencias naturales con el propósito de establecer la relación entre la teoría y la experimentación en la enseñanza del conocimiento científico, de forma que se promoviera el aprendizaje

de los conceptos, procedimientos y actitudes en los estudiantes, por lo cual se estudió la propuesta de Marín (2010), que se basa en resolución de situaciones problemáticas experimentales.

Se promovió el intercambio de vivencias, para pensar y reflexionar de manera individual y grupal, lo cual constituyó una oportunidad para articular la teoría y la experiencia práctica docente, y favoreció la construcción de conocimiento compartido, tomando como eje problemáticas surgidas del contexto del trabajo cotidiano de los docentes, para luego profundizar sobre alguna de ellas que fuese de común interés. Se aproximaron elementos teóricos que les permitieran a los docentes problematizar, analizar sus prácticas y generar iniciativas colectivas que conllevaran a la construcción de las propuestas didácticas alternativas a los TPL habituales que serían implementadas en contextos escolares reales.

Los profesores en formación inicial seleccionaron los tópicos específicos según los contenidos propuestos en el plan de aula de cada institución educativa. En sus aspectos más globales, acogieron el modelo de TPL basado en resolución de situaciones problemáticas experimentales propuesto, diseñaron la secuencia de las actividades experimentales, y construyeron los prototipos experimentales que permitieron evidenciar los fenómenos y los conceptos asociados, y el material didáctico para desarrollar el trabajo en el laboratorio (guías).

En el diseño de las actividades experimentales con distintos tipos de apertura, explicitaron indicaciones, orientaciones de actuación y las tareas que se desarrollarían. Los prototipos experimentales construidos se caracterizaron por ser sencillos y de bajo costo, cuando la institución carecía de instrumentos de laboratorio. Dichos prototipos fueron probados previamente por un grupo pequeño de estudiantes para mejorarlos y luego usarlos para el desarrollo de las actividades experimentales en la etapa de aplicación.

Fase 3. Estudio de la actuación docente

En esta fase se realizó un seguimiento de lo que aconteció durante la implementación de las actividades experimentales de acuerdo con el modelo propuesto de TPL basado en resolución de problemas. También se realizaron sesiones de discusión y reflexión en torno a lo acontecido, de las que se derivaron algunas orientaciones para reformular (cuando fue necesario) y mejorar las actividades experimentales. Se organizó la información obtenida en los registros y se analizaron para contrastar lo planeado y lo ejecutado, con el fin de ajustar la propuesta final. Se sugirió la triangulación como método para describir la intervención docente, desde la perspectiva de tres sujetos: estudiante, profesor y observador, acompañado de un protocolo de análisis de la actuación docente. Lo anterior facilitó valorar el cambio producido en los docentes participantes.

Fase 4. Sistematización y socialización

En esta fase se implementaron modalidades de gestión que permitieron sistematizar y comunicar públicamente en un evento local la experiencia pedagógica vivida por parte de los profesores en formación inicial, para así contribuir a la formación de una red de profesores de ciencias naturales en formación inicial y en ejercicio. La socialización se realizó atendiendo a tres aspectos:

- a. La reconstrucción de la experiencia (descripción narrativa).
- b. El análisis e interpretación de lo sucedido durante la práctica educativa (reflexión acerca de lo planeado y las modificaciones o adaptaciones realizadas).
- c. La propuesta didáctica final, en la que se enunciaron los aprendizajes logrados a través de la práctica y las transformaciones necesarias de la situación inicial.

Resultados y análisis

Los resultados se presentan en dos apartados: el estado inicial de conocimiento de los profesores en formación inicial, y las propuestas diseñadas y aplicadas por los participantes del estudio.

Estado inicial de conocimiento de los profesores en formación inicial

El estado de conocimiento preliminar de los participantes, obtenido en la fase diagnóstica como punto de partida del proceso investigativo, muestra carencias en los profesores de ciencias en formación inicial, entre las que se identificaron: concepciones epistemológicas

inadecuadas respecto a la actividad científica; actuaciones docentes arraigadas en modelos de enseñanza tradicional (transmisión/recepción) y, en consecuencia, con prácticas experimentales demostrativas, comprobatorias de la teoría, tipo *receta de cocina*; poca claridad sobre las finalidades y diversidad de las prácticas experimentales, y sobre la relación entre la teoría con la experimentación y la observación. Además, los docentes adolecen de criterios claros e informados sobre la planeación de la enseñanza; ausencia o incoherencia entre el para qué (finalidad), el qué (contenido), el cómo (estrategias didácticas, metodologías, formas de intervención); escasa claridad sobre las formas de evaluación, y definición del espacio y tiempo requerido en el diseño de actividades experimentales; poco dominio de conocimientos científicos de tópicos específicos de la biología y la química; mínimas habilidades y destrezas en el trabajo de laboratorio; pocas experiencias docentes en contextos escolares, por lo cual se evidenció falta de habilidades en las intervenciones educativas a los estudiantes. De esta manera, angustia e inseguridad; incoherencia entre lo que dicen y lo que hacen, es decir, sus opiniones muestran conocimiento teórico (pedagógico-didáctico) informado, pero se observaron muchas dificultades en la puesta en práctica para aplicarlo en situaciones educativas.

Propuestas de TPL para la enseñanza de tópicos específicos de los profesores en formación inicial

La tabla 2 muestra las cinco propuestas de trabajos prácticos de laboratorio basados en resolución de problemas, diseñadas y aplicadas por los profesores en formación inicial. Se indica el tópico, el problema común derivado de los intereses de los estudiantes y el grado escolar.

Tabla 2. Propuestas de TPL diseñadas e implementadas por los docentes en formación inicial

| Profesor en formación inicial | Tópico | Problema común (pregunta formulada por los estudiantes) | Grado |
|-------------------------------|---|--|---------|
| 1 | Factores de crecimiento vegetal: fitohormonas | ¿Cómo promover el crecimiento de mi planta en menor tiempo? | Noveno |
| 2 | Cambios de estado | ¿Cómo preparar helado sin el uso de nevera? | Quinto |
| 3 | Biogénesis | ¿De dónde provienen los "gusanitos" que se encuentran en mi fruta? | Séptimo |
| 4 | Los líquenes: bioindicadores de contaminación atmosférica | ¿Cuáles son los efectos de un contaminante atmosférico en líquenes? | Octavo |
| 5 | Microbiología: hongos filamentosos | ¿Qué es esa mancha oscura que tiene las paredes de mi baño y por qué se hace más grande con el paso de los días? | Sexto |

Fuente: elaboración propia.

Las propuestas didácticas de prácticas experimentales retomaron campos de conocimiento propios de las ciencias naturales que se abordan como contenidos curriculares en la educación básica; en varios casos, constituyeron propuestas novedosas, como el estudio de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica, el efecto de fitohormonas en el crecimiento de las plantas, el estudio de hongos filamentosos en educación primaria, propuestas que no tenían precedentes en las instituciones educativas en las que fueron implementadas.

Las características de las propuestas se presentan teniendo en cuenta cuatro aspectos analizados: la naturaleza de las prácticas experimentales, las finalidades, los aspectos metodológicos y la evaluación. El anexo 2 muestra el consolidado de las características de las cinco propuestas de TPL.

Se evidenció una planificación debidamente *pensada*, que tiende a articular los diferentes niveles de decisiones, en especial el contexto institucional y de la comunidad en la cual se localiza la institución educativa. De esta manera, se favorece una educación que colabora con los problemas, necesidades, intereses y expectativas de los estudiantes.

En la aplicación de las propuestas de práctica experimental, basadas en resolución de problemas para la enseñanza de tópicos específicos, los profesores en formación inicial tuvieron una apreciación positiva, lo cual supuso una buena motivación por el aprendizaje y valoración respecto a los aprendizajes de los estudiantes. Se logró un aprendizaje activo y constructivo, en el que los protagonistas fueron los alumnos, ya que los problemas reales supusieron actividades significativas y contextualizadas para ellos. A pesar de lo anterior, se reconocieron factores de diversa índole que afectaron la actuación docente en la realización de los trabajos prácticos

de laboratorio en los contextos escolares. Entre dichos factores se encontraron la formación profesional (poca experiencia docente en ambientes escolares reales), institucional (espacios y tiempos limitados) y personal (manifiestan muchas inquietudes y dudas de actuación frente a situaciones inesperadas).

Se evidenciaron cambios sustanciales entre la planeación y la actuación docente en la primera fase y la que se dio al final. Durante el proceso investigativo y las propuestas didácticas de prácticas experimentales, se reconoce un fortalecimiento de los conocimientos de la base profesional docente, como son conocimientos del ámbito educativo, pedagógico, didáctico, disciplinar científico y contextual. Lo anterior no implica que se hayan superado todas las dificultades encontradas, ya que el proceso formativo debe ser continuo, tanto autónomo como acompañado y, además, requiere de tiempo; los aprendizajes son progresivos y muchas veces lentos.

Se reconoció en los participantes del estudio un cambio en la actitud respecto a las formas de enseñanza en el laboratorio, inicialmente se mostraron incómodos al ser observados y entrevistados en la fase de actuación docente; sin embargo, en el transcurso de la investigación se fue generando un ambiente de confianza que favoreció el diálogo abierto y una actitud positiva frente a la crítica de otros y la autocrítica, que brindó la posibilidad de mejorar las formas de enseñanza y de reflexión de la práctica y sobre la práctica de laboratorio.

Conclusiones

El cambio y renovación necesarios del currículo academicista y la enseñanza transmisionista de las ciencias que permanece instaurada en nuestros docentes en ejercicio en educación básica, y en particular de las formas poco productivas

de las prácticas experimentales demostrativas, tiene su punto de partida en la formación inicial de los docentes, a través de estrategias que proporcionen oportunidades para:

1. Modificar las *concepciones docentes* empírico-inductivistas y apropiar un pensamiento más coherente con los supuestos epistemológicos actuales.
2. Generar *cambios en el currículo* en cuanto al rediseño de los cursos de laboratorio y la implementación efectiva de la enseñanza de las ciencias por indagación, que enfatice en el desarrollo de habilidades investigativas y en la formación en técnicas en los futuros profesores de ciencias.
3. Adoptar propuestas de *prácticas experimentales basadas en resolución de problemas*, en lugar de prácticas experimentales tradicionales en la enseñanza de las ciencias naturales.
4. El *planeamiento estratégico curricular y de la enseñanza* que supere las estructuras organizativas y curriculares con escasa relación e inflexibles en tiempos, espacios y recursos.
5. *Mejores y mayores experiencias didácticas formativas en contextos escolares encaminadas a mejorar las prácticas experimentales in situ* a cambio de la escasa formación profesional en el contexto laboral.
6. Asumir al profesor como un *profesional reflexivo*, caracterizado por buscar fundamentos teóricos de su intervención práctica; contrastar con teoría y realidad sus ideas pedagógicas y didácticas; aceptar el carácter diverso y cambiante del contexto escolar y de aula/laboratorio, adaptándose y a la vez actuando oportuna y creativamente

a lo inesperado; entender la práctica como un proceso de investigación que analiza las problemáticas que se presentan (limitaciones de espacios, ausencia de material e instrumentos, entre otros) y buscar las posibles soluciones, cuestionar sus actuaciones y buscar mejorarlas.

Sobre el modelo de trabajo práctico de laboratorio basado en resolución de problemas se considera una propuesta alternativa a la práctica experimental comprobatoria de la teoría, ya que se presenta más coherente con los aportes de la investigación educativa actual (pedagógico, didáctico) y la naturaleza de la ciencia, entre ellos, la actividad científica, en la que teoría y experimentación están estrechamente vinculadas. Es una propuesta que aporta una metodología didáctica global que permite involucrar diversidad de actividades experimentales y de contenidos; alcanzar objetivos de aprendizaje de conocimientos teóricos, procedimentales y actitudinales, e implementar diversas estrategias y ambientes de aprendizaje. Es útil y aplicable a contextos escolares.

Referencias

- Ariza de la Hoz, G. E. (2010). Metodologías utilizadas para el desarrollo de la habilidad experimental mediante prácticas de laboratorio en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Autónoma del Caribe. *Prospectiva*, 8(1), 29-34.
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Barolli, E., Laburú, C. A. y Guridi, V.M. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 88-110.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique*, 39, 8-19.
- Calixto, F. R. (1996). Un recorrido por la naturaleza: estrategias de enseñanza en las ciencias naturales. *Cuadernos de Actualización*, 12, 13-14.
- Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., López, J., Cartwright, H. y Valentine, K. (2008). Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas, *Ikastorratza*, 3, 1-21.
- Carrascosa, J., Gil, P. 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.
- Castro, A., Loaiza, M. y Sánchez, D. (2012). *Creencias sobre las prácticas de laboratorio en docentes de ciencias naturales* [tesis de pregrado]. Universidad del Valle, Cali (Colombia).
- Dommin, D.S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.

- Ferreirós, J. y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
- Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75-112.
- Franco, R. A., Velasco, M. A. y Riveros, C. M. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (41), 37-56.
- Galiazzi, M. C., De Barros, J. M., Schmitz, L. C., Langoni, M., Giesta, S. y Peres, F. (2001). Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 7(2), 249- 263.
- García, B. S., Martínez, M. C. y Mondelo, M. (1995). El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 203-209.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hofstein, A. y Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: foundations for twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 44, 98-119.
- Jiménez, V. G., Llobera, J. R. y Llitjós, V. A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 59-70.
- Latorre, A. (2012). *La investigación-acción: conocer y cambiar la práctica educativa profesional del profesorado*. Graó.
- López, B. y Costa, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 45-61.
- López, J. N. (2001). *La de-construcción curricular*. Bogotá, Colombia: Colección Seminarium Magisterio.
- Marín, Q. M. (2010). El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas. *Revista EDUCYT*, 1, 37-52.
- Martínez, T., 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(extraord. 1), 112-126.
- Miguens, M. y Garret, R.M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236.
- Mordegli, 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.
- Porlán, A. (2003). Principios para la formación del profesorado de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 17(1). 23-35.
- Puentes, M. (2008). *Propuesta de un sistema de categorías para el estudio del Trabajo Práctico en la enseñanza de la Biología* [tesis especialista en Enseñanza de la Biología]. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

- Reigosa, C. y Jiménez, A. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284.
- Seré, M.G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368.
- Tortajada, G.L.A. y Noguera, M.P. (2013). Diseño y aplicación de las rúbricas en la evaluación in situ del aprendizaje en el laboratorio. *Revista Educativa Hekademos*, 13, 35-42.

Anexo 1. Caracterización de los TPL para la enseñanza de las ciencias

| Según su naturaleza | | | |
|--|--|--|----------------------------------|
| Tipo de laboratorio según el entorno experimental | Real o virtual; local o remoto. | | |
| Tipo de actividad experimental según la finalidad | Experiencias; experimentos (físico, simulación y mentales); ejercicios prácticos; pequeñas investigaciones. | | |
| Relación teoría/experimentación | Experimentación cualitativa; experimentación cuantitativa. Exploratoria; dirigida. | | |
| Relación entre teoría y observación | Teorías sin bases en la observación; observaciones sin carga teórica. | | |
| Según sus finalidades | | | |
| 1) Familiarización perceptiva con los fenómenos. 2) Trabajo de ideas previas. 3) Ilustración de un principio o de una relación entre variables de forma cualitativa. 4) Desarrollo de técnicas de laboratorio. 5) Desarrollo de habilidades cognitivas generales y/o estrategias de investigación. 6) Desarrollo de destrezas de comunicación oral o escrita. 7) Corroboración de teoría. 8) Resolución de problemas de interés en el marco de una teoría (comprensión teórica). | | | |
| Según los aspectos metodológicos | | | |
| Modelo de enseñanza/aprendizaje de la ciencia y sus vínculos con las prácticas de laboratorio | Modelo por transmisión verbal. | | |
| | Modelo inductivo-tecnológico. | | |
| | Modelo por descubrimiento espontáneo. | | |
| | Modelo de aprendizaje por investigación. | | |
| Estilo instruccional o de enseñanza | Estilo expositivo; estilo por descubrimiento; estilo indagativo; estilo de resolución de problemas. | | |
| De acuerdo con el proceso | Frontales; de ciclo; equivalentes. | | |
| Nivel de apertura | 1) Herméticamente cerrado. 2) Muy cerrado. 3) Cerrado. 4) Entreabierto. 5) Ligeramente abierto. 6) Abierto. 7) Muy abierto. | | |
| Momentos didácticos | Pretrabajo experimental; trabajo experimental; postrabajo experimental. | | |
| Número de estudiantes | Corresponde al número total de estudiantes del grado. | | |
| Agrupamiento | Individual; parejas; pequeños grupos; grupo grande. | | |
| Tiempo | Número de sesiones; duración total (número de horas clase). | | |
| Lugar | Laboratorio convencional; aula; campo abierto; sala de computo; casa. | | |
| Recursos educativos de apoyo | Recursos caseros; instrumentos de laboratorio; TIC; guías de laboratorio, fichas de trabajo, manuales; biomodelos; imágenes. | | |
| Interacción de los estudiantes | Con el material de laboratorio; con otros compañeros; con el profesor; con otros materiales (guías, fichas de trabajo). | | |
| La evaluación de los aprendizajes en las prácticas experimentales | | | |
| Tipos de evaluación | | | |
| Técnicas e instrumentos de evaluación | Inicial o diagnóstica; formativa; sumativa; final. | | |
| | Directa | Pruebas orales | Entrevistas; exposiciones. |
| | | Pruebas prácticas | Fichas de observación; rúbricas. |
| Indirecta | Pruebas escritas | Notas de cuaderno, guía, v de Gowin, cuestionarios, informe. | |

Anexo 2. Caracterización de las propuestas de los TPL de los profesores en formación inicial

| Características de las propuestas de TPL basadas en resolución de problemas | | | Profesor en formación inicial | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Naturaleza de las prácticas experimentales | Tipo de laboratorio según el entorno experimental | Real | Local | x | x | x | x | x | |
| | | Remoto | | | | | x | | |
| | Tipo de actividad según la finalidad | Pequeñas investigaciones (involucra diversos tipos de actividades experimentales como experiencias, ejercicios prácticos y/o experimentos) | | x | x | x | x | x | |
| | Tipo de experimento | Real o físico | | x | x | x | x | x | |
| Relación teoría/experimentación | Relación teoría/experimentación | | Experimentación cualitativa | | x | x | x | x | x |
| | | | Experimentación cuantitativa | | x | x | | | |
| | | | Experimentación exploratoria | | | | x | | x |
| | | | Experimentación dirigida | | x | x | | x | |
| Relación entre teoría y observación | Observación cargada de teoría | | x | x | x | x | x | | |
| Finalidades | Familiarización perceptiva con los fenómenos. Trabajo de ideas previas. | | x | x | x | x | x | | |
| | Ilustración de un principio o de una relación entre variables de forma cualitativa. | | x | x | | x | | | |
| | Desarrollo de técnicas de laboratorio. | | | | | x | x | | |
| | Desarrollo de habilidades cognitivas generales y/o estrategias de investigación. | | x | x | x | x | x | | |
| | Resolución de problemas de interés en el marco de una teoría (comprensión teórica). | | x | x | x | x | x | | |
| Aspectos metodológicos | Modelo de enseñanza/aprendizaje de la ciencia y sus vínculos con las prácticas de laboratorio | Modelo de aprendizaje por investigación. | x | x | x | x | x | | |
| | | Estilo instruccional o de enseñanza | Estilo basado en resolución de problemas. | x | x | x | x | x | |
| | Según el proceso | Frontales. | x | x | x | x | x | | |
| | | Entreabierto. | | x | x | | x | | |
| | Nivel de apertura | Ligeramente abierto. | x | | | x | | | |
| | | Momentos de la práctica experimental | Pretrabajo experimental. | x | x | x | x | x | |
| | Trabajo experimental. | | x | x | x | x | x | | |
| | Postrabajo experimental. | | x | x | x | | x | | |
| | Número de estudiantes | 16-25 estudiantes. | x | x | | | x | | |
| | | 26-35 estudiantes. | | | x | x | | | |

| Características de las propuestas de TPL basadas en resolución de problemas | | | | Profesor en formación inicial | | | | | |
|---|------------------------------|---|---|---------------------------------|---|---|----|----|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Aspectos metodológicos | Agrupamiento | Pequeños grupos. | | x | x | x | x | x | |
| | | Número de sesiones. | | 8 | 5 | 6 | 10 | 11 | |
| | Tiempo | Duración (número de horas clase por sesión). | | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | |
| | | Lugar donde se realizan | Laboratorio. | | x | x | x | x | x |
| | Aula. | | x | x | x | x | x | | |
| | Campo abierto. | | x | | | x | | | |
| | Casa. | | | | x | | x | | |
| | Recursos educativos de apoyo | Material de laboratorio o recursos caseros de bajo costo y fácil adquisición. | | x | x | x | x | x | |
| | | Instrumentos de laboratorio desarrollado por el profesor y/o estudiantes. | | | x | | x | x | |
| | | | Material e instrumentos de laboratorio especializados como por ejemplo, para observar, medir y cuantificar datos. | | x | x | x | x | x |
| | | | Las TIC (recursos audiovisuales, presentaciones en PowerPoint). | | x | | | x | x |
| | | | Guías de laboratorio, fichas de trabajo, manuales. | | x | x | x | x | x |
| | | | Imágenes como dibujos, láminas, fotografías, carteles. | | x | | | x | x |
| | | | Material de origen natural portátil como por ejemplo, biomodelos (flor, órganos, insectos, etc.). | | x | | x | x | |
| | Formas de evaluación | Tipos de evaluación | Con el material de laboratorio. | | x | x | x | x | x |
| Con otros compañeros. | | | x | x | x | x | x | | |
| Con el profesor. | | | x | x | x | x | x | | |
| Con otros materiales (guías, fichas de trabajo). | | | x | x | x | x | x | | |
| | | Inicial. | | x | x | x | x | x | |
| | | Formativa. | | x | x | x | x | x | |
| | | Final. | | x | x | x | x | x | |
| | | Indirecta | Pruebas escritas | Notas (cuaderno, libreta, guía) | x | x | x | x | x |

Para citar este artículo

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>