



## Las TIC en el laboratorio de biología durante la formación de profesores

Antonio Gutiérrez<sup>a</sup>, Héctor Pedro<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Pedagógica Nacional (Argentina)

<sup>b</sup>Universidad Pedagógica Nacional (Argentina)

### ARTICLE INFO

**Received:** 2 January 2022

**Accepted:** 14 October 2022

**Available on-line:** 31 May 2022

**Keywords:** Teaching training in biology – Science laboratories – New technologies (ICT).

**E-mail addresses:**

[antonio.gutierrez@unipe.edu.ar](mailto:antonio.gutierrez@unipe.edu.ar);

[hector.pedrol@unipe.edu.ar](mailto:hector.pedrol@unipe.edu.ar)

ISSN 2007-9847

© 2022 Institute of Science Education.  
All rights reserved

### ABSTRACT

This article presents a descriptive study on the use of new technologies (ICT) carried out by biology teachers in training in laboratory work. We applied a questionnaire to a sample of fifty-two biology teachers. The objective of the research was to describe the didactic decision-making of biology teachers in training, in teaching situations in the laboratory and to identify the degree of reflection on practice. It was also sought to identify trends, differences and specificities that arise with the integration in the teaching of cell phone applications. The results show that teachers have adequate training for laboratory work and incomplete training in the integration of new technologies, especially when working on a key scientific competence such as data analysis and presentation. We find that there is a majority of teachers who consider laboratory work as a valid and powerful resource to achieve that students build a more real image of science that includes those essential elements of the epistemic and methodological process of natural sciences. In general, the technical conditions offered by teacher training institutions do not favor the inclusion of these proposals. With this, the desirable objectives of quality scientific training for teachers are far removed.

Este artículo presenta un estudio descriptivo sobre el uso de las nuevas tecnologías (TIC) que realizan los profesores de biología en formación en el trabajo de laboratorio. Aplicamos un cuestionario en una muestra de cincuenta y dos profesores de biología. El objetivo de la investigación fue describir la toma de decisiones didácticas de los docentes de biología en formación, en situaciones de docencia en el laboratorio e identificar el grado de reflexión sobre la práctica. También se buscó identificar tendencias, diferencias y especificidades que surgen con la integración en la enseñanza de las aplicaciones de los teléfonos celulares. Los resultados muestran que los profesores cuentan con una formación adecuada para el trabajo en el laboratorio y una formación incompleta en la integración de nuevas tecnologías, especialmente a la hora de trabajar sobre una competencia científica clave como es el análisis y la presentación de datos. Encontramos que hay una mayoría de docentes que consideran el trabajo de laboratorio como un recurso válido y poderoso para lograr que los estudiantes construyan una imagen más real de la ciencia que incluya aquellos elementos esenciales del proceso epistémico y metodológico de las ciencias naturales. Pero por lo general, las condiciones técnicas que ofrecen las instituciones de formación docente no favorecen la inclusión de estas propuestas. Co ello quedan lejanos los deseables objetivos de una formación científica de calidad para los profesores.

### I. INTRODUCCIÓN

En los diferentes programas internacionales para la formación de profesores de ciencia queda fuera de toda discusión, que el trabajo en el laboratorio es un componente fundamental en el desarrollo del conocimiento profesional (Hofstein

& Lunetta, 2003). El trabajo en el laboratorio consiste básicamente en el uso de materiales y dispositivos que posibilitan la reproducción o generación de fenómenos para ser analizados (Leite, 2001), generar datos, evidencias o pruebas a ser empleadas en la construcción de argumentos científicos.

En el marco de la formación docente, resulta central poder comprometer a los estudiantes en este espacio tan particular que presenta tantas potencialidades para la enseñanza. En especial, en el desarrollo de competencias argumentativas que posibiliten el pensamiento crítico y reflexivo (Hodson, 2000; Wellington, 2000).

A pesar de estas constataciones, la bibliografía muestra que las actividades de laboratorio son escasas y en los mejores casos, parecen limitarse a demostraciones ilustrativas de la teoría, en las que los estudiantes asumen el papel de espectadores o de “mano de obra” que lleva adelante “recetas de cocina” (Hurd, 1995; Lunetta, 1996, Miguéns & Serra, 2000; Barros, 2000). En sintonía con estos diagnósticos, en nuestro país resulta aún lejana esta centralidad del laboratorio en la enseñanza, tanto para la formación docente como para el nivel secundario (Gutiérrez, 2011; Gutiérrez & otros, 2015).

En los estudios existentes sobre las potencialidades del trabajo de laboratorio se considera que las actividades de laboratorio pueden tener varios niveles de estructuración, en función de cuáles son las cuestiones sobre las que trata y cuáles son las orientaciones que se ofrecen (o no) a los alumnos (Leite & Figueiroa, 2004). Las propuestas pueden ir desde planteos completamente cerrados (seguimiento paso a paso de un protocolo experimental) hasta trabajos abiertos en los que los estudiantes elaboran problemas e hipótesis y los someten a análisis. Es decir, que un marco diversificado de trabajo en el laboratorio, brinda a los futuros docentes de biología oportunidades para desarrollar competencias científicas tales como la formulación de preguntas científicamente investigables, elaboración de hipótesis explicativas, poner a prueba esas conjeturas, considerar explicaciones alternativas, reunir y analizar datos y comunicar resultados (Veiga, 2000).

Uno de los obstáculos reconocidos para la integración disciplinar de las TIC en las clases de ciencias es la falta de materiales curriculares para las diferentes disciplinas y niveles educativos adaptados a este nuevo entorno de aprendizaje. Asimismo, es posible constatar cada vez más contenidos con presuntos fines educativos publicados en la red, pero desde marcos de referencia definitivamente tradicionales. Esta situación, probablemente esté dificultando el trabajo de los profesores con las competencias científicas propias de estas disciplinas. Este contexto marca la necesidad urgente de una formación de los profesores para la integración de las TIC en el aula dentro de su formación inicial.

Los profesores de ciencias deben contar con una formación básica como programadores, para que puedan conocer, seleccionar, utilizar y adaptar los materiales informáticos que cada día son más numerosos y variados. Es decir, es el profesor el responsable de dar sentido pedagógico a estos materiales incorporándolos a sus actividades y utilizando las estrategias didácticas que considere más oportunas para la enseñanza de temas y procesos científicos relativos a la biología.

Diversos trabajos de investigación en educación en ciencias han venido mostrando que el uso de las TIC en actividades de formación favorece la familiarización del profesorado con estas herramientas y mejora sus recursos didácticos, facilitan el desarrollo de competencias científicas como por ejemplo el trabajo en grupo, la enunciación de y contrastación de hipótesis utilizando TIC (Baird & Koballa, 1988). También ayuda en la comprensión y aplicación de los conocimientos científicos y facilita la relación de la ciencia como un proceso de obtención de conocimiento. En tales investigaciones, y en otros trabajos de carácter más general (Insa & Morata, 1998), se puso de manifiesto hace tiempo ya que, si se procede de forma correcta en la inclusión de las TIC en la formación inicial, se favorece claramente el desarrollo de la formación tecnológica, científica y didáctica. Pero como suele ocurrir en otras dimensiones de la

educación, también en estos aspectos las reformas y los cambios que se implementan en las instituciones no están debidamente justificados en investigaciones educativas.

En la actualidad el objetivo de la enseñanza de las ciencias, más que sustituir las ideas espontáneas por las científicas, es dotar al individuo de nuevos modelos explicativos para interpretar el mundo y ayudarlo a reconocer que el conocimiento científico es, en muchos casos, más apropiado que sus preconcepciones para describir y comprender determinados fenómenos (Gómez Crespo & otros, 2004). Los modelos y las teorías científicas adquirirán relevancia para los estudiantes si les proporcionamos oportunidades de comprobar su utilidad y su potencial explicativo.

En especial, las prácticas de laboratorio han sido tradicionalmente empleadas en la enseñanza de las ciencias para expresar las teorías científicas. Bien diseñadas, permiten cuestionar las ideas alternativas de los alumnos formuladas como hipótesis previas a los experimentos, así como encontrar sentido a las ideas científicas cuando son aplicadas para explicar fenómenos. El papel relevante de las prácticas de laboratorio se puede justificar asumiendo que ayudan a entender la influencia de la experimentación en el desarrollo de conocimiento científico. Además, promueven en los estudiantes actitudes y habilidades tales como la capacidad de formular problemas e hipótesis, de diseñar dispositivos experimentales para comprobarlas, de abordar la observación sistemática, la adquisición, representación y análisis de datos, la interpretación crítica de resultados, etc. Las nuevas posibilidades ofrecidas por la tecnología han llevado a un número importante de autores a reconsiderar las prácticas de laboratorio intentando aprovechar el potencial de simulaciones, visualizaciones y otros recursos digitales, para favorecer el aprendizaje y optimizar el tiempo presencial disponible en el laboratorio (Romero & Gómez, 2014).

Existen numerosas herramientas tecnológicas que han permitido agilizar los procesos de adquisición de información, automatizando tediosas rutinas mecánicas de cuestionable valor didáctico. Del mismo modo, se han desarrollado aplicaciones para la gestión y representación de datos que facilitan tanto el almacenamiento, como el procesamiento y la búsqueda de interrelaciones entre ellos. Así por ejemplo, la adquisición y representación de datos de variables que intervienen en el metabolismo del crecimiento de plantas, los procesos de respiración celular se pueden hacer “*más visibles*” para los estudiantes, facilitando de esta manera la asimilación conceptual y promoviendo un aprendizaje más eficaz y significativo. No obstante, numerosas experiencias con el alumnado muestran que este, en general, no está familiarizado con las formas de representación de datos y encuentra dificultad para interpretar gráficos (Romero & Gómez, 2014). Pero, además, del desarrollo de competencias científicas sobre la obtención y tratamiento de datos, en el trabajo de laboratorio se pueden potenciar otras. Como, por ejemplo, la construcción de modelos para explicar y predecir fenómenos (Justi, 2006). Por ello, la comprensión de qué es un modelo y, por lo tanto, la contribución de la modelización al desarrollo del conocimiento científico, debe ser otro de los objetivos de la formación de profesores de ciencias. De acuerdo con Justi (2006), en el desarrollo y la aplicación del conocimiento científico, independientemente de la forma de representación empleada, los modelos son representaciones mentales mediante las cuales los científicos razonan (Giere, 1999; Gilbert, 1993; Nersessian, 1999). Por ello, la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias no solo se justifica atendiendo al papel que estos juegan en el desarrollo de conocimiento científico, sino también está asociada a su potencial para promover los procesos cognitivos en el estudiante y el desarrollo de un aprendizaje significativo. Otro aspecto positivo asociado al uso de las herramientas de modelización es que la visualización gráfica de la relación entre los distintos factores implicados en un fenómeno facilita el aprendizaje, al hacer más visible el pensamiento y las formulaciones abstractas.

En el presente estudio nos hemos planteado los siguientes interrogantes: ¿Cómo integran los profesores de la formación docente en Biología las TIC en el trabajo de laboratorio? ¿Cuáles son los problemas relacionados al trabajo con actividades experimentales en la formación inicial, que los aparecen a partir de la integración de TIC? ¿Qué nuevas competencias científicas se ven favorecidas a partir del trabajo con las apps de los teléfonos celulares?

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación constituye un estudio exploratorio descriptivo basado en la aplicación de una encuesta elaborada en la plataforma *Google Forms*.

En nuestro trabajo utilizamos para la elaboración del cuestionario dimensiones de la práctica educativa vinculadas con el concepto de interactividad planteado por Coll & Solé (2002). A partir de ello, intentamos identificar tres grandes dimensiones de la práctica educativa que están representadas en la encuesta. La primera relacionada con la toma de decisiones didácticas por parte del profesor; la segunda, las TIC y la práctica en el laboratorio; y la tercera, relacionada con el uso del software y el hardware en la formación de profesores de biología.

La muestra del estudio está comprendida por 52 profesores de biología. En su gran mayoría (70 por ciento) promedian los 10 años de antigüedad en la docencia. Los profesores encuestados trabajan en institutos de formación docente de la Ciudad de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, presentamos los resultados obtenidos del cuestionario aplicado a la muestra de profesores. Con relación al proceso de toma de decisiones didácticas de los profesores de biología de la formación docente en situaciones de enseñanza de laboratorio fueron analizados los siguientes ítem (ver Tabla I).

**TABLA I.** Decisiones didácticas de los profesores. N: 52.

<b>Pregunta</b>	<b>% Respuestas afirmativas</b>	<b>% Respuestas negativas</b>
6. ¿Cuenta con materiales y equipamiento adecuado para trabajar?	50	50
8. ¿Está siempre disponible para trabajar el laboratorio?	56	44
10. a. Para mejorar la formación de los estudiantes, ¿Usted piensa que trabajar en el laboratorio es importante?	20	80
10. b. Trabajo con software específico de biología.	30	70
11. Implementar TIC en trabajos de laboratorio mejora el aprendizaje de las clases teóricas.	70	30
12. ¿Realiza secuencias que prevén un continuo entre la clase anterior, la clase en el laboratorio y la clase posterior?	90	10
13. ¿Usted plantea trabajos a partir del siguiente esquema: ¿planteo de un problema, desarrollo de un modelo científico, hipótesis, reunión de datos, análisis de resultados y conclusiones?	65	35
14. ¿Prefiere trabajos de laboratorio en que los estudiantes no conozcan el resultado final?	60	40

15. ¿Usted implementa el trabajo de laboratorio con protocolos ya elaborados?	30	70
16. ¿Los estudiantes tienen espacio para elaborar estrategias y análisis propios en el trabajo propuesto?	40	60
44. ¿Usted utiliza las TIC en su trabajo profesional diariamente?	90	10

Una primera constatación es que la disponibilidad de materiales y equipamiento es baja, cubriendo solamente el 50 por ciento de los encuestados. Si bien desde los años '90 hay autores (Hodson, 1994, Hofstein & Lunetta, 2003) que han señalado que los trabajos en el laboratorio no son muy significativos para la enseñanza de las ciencias a pesar de las declaraciones de los profesores sobre su presunta importancia. Los encuestados han valorado en su gran mayoría muy positivamente el trabajo en el laboratorio.

La mayoría de los profesores declara que el trabajo de laboratorio está inserto en una secuencia más amplia que la propia actividad práctica, lo que permite interpretar que se realizan para obtener datos empíricos vinculados a uno o varios problemas planteados.

En referencia al grado de apertura de los trabajos de laboratorio encontramos que los profesores muestran algunas contradicciones. Si bien observamos por ejemplo en el punto 15 la mayoría de los profesores declara no trabajar con protocolos experimentales cerrados, en el punto 16 también una mayoría de profesores declara que por lo general los estudiantes no tienen posibilidades de generar estrategias y análisis propios en los trabajos.

Los encuestados utilizan con alta frecuencia las TIC para el desarrollo de tareas como elaboración de actividades y consulta de investigaciones. Y en menor medida para la implementación del currículum con acciones como planificación, seguimiento, evaluación e informes.

En función de los datos colectados en la encuesta, podemos describir el proceso de toma de decisión didáctica de los profesores de biología de la formación en situaciones de enseñanza en el laboratorio, como una serie de resoluciones que se basan en los aportes de la didáctica desde una perspectiva innovadora. Hay una mayoría de profesores en la muestra, que considera a los trabajos de laboratorio como un recurso válido para lograr que los alumnos construyan una imagen de ciencia que incluya aquellos elementos esenciales del proceso epistémico de las ciencias de la naturaleza en la actualidad.

Un porcentaje importante (80 por ciento) de los encuestados han manifestado que el trabajo de laboratorio es esencial o muy importante. Esta declaración contrasta fuertemente con los bajos porcentajes de profesores que cuentan en sus instituciones con equipamiento y espacios específicos para el trabajo experimental. En este sentido, frente a estas restricciones es factible que los profesores reduzcan notablemente la presencia en las secuencias didácticas de trabajos de laboratorio.

Con relación a la integración de las TIC en la práctica de la enseñanza de laboratorio, la encuesta muestra los siguientes resultados (ver Tabla II).

TABLA II. Las TIC y la práctica de la enseñanza. N: 52.

Pregunta	% respuestas afirmativas	% respuestas negativas
20. ¿Usted evalúa el trabajo de laboratorio observando a los estudiantes mientras trabajan?	70	30
21. ¿Usted incluye en la evaluación la consideración sobre el uso de recursos informáticos?	10	90
22. ¿El propósito del trabajo de laboratorio es aplicar el conocimiento de las clases teóricas?	65	35
23. ¿Está de acuerdo con la calidad y cantidad de trabajos de laboratorio presentes en los libros que utiliza?	30	70
24. ¿Cuenta usted con tiempo suficiente para incluir TIC en sus trabajos de laboratorio?	10	90
27. ¿Usted cuenta con formación suficiente para desarrollar propuestas incluyendo TIC en los trabajos de laboratorio?	20	80
29. ¿Apoya su institución la implementación de TIC en las prácticas educativas?	55	45
39. ¿El empleo de TIC favorece la enseñanza basada en la investigación?	90	10
40. ¿Las TIC constituyen un recurso valioso para la elaboración de secuencias didácticas?	95	5
41. ¿Influyen diariamente condiciones externas (acceso, problemas técnicos, etc.) en las decisiones de trabajar con TIC en la enseñanza?	90	10
42. ¿Utiliza usted las TIC para mejorar el dominio de los contenidos trabajados?	75	25
43. ¿Utiliza usted frecuentemente las TIC para evaluar a sus estudiantes?	10	90

La evaluación que realizan mayoritariamente los profesores está caracterizada por la observación de las producciones de los equipos de estudiantes en el laboratorio. Este tipo de seguimiento de la actividad de los alumnos en los trabajos de laboratorio puede ofrecer oportunidades a los profesores para autorregular su práctica, dado que el análisis de los avances de sus estudiantes puede mostrar aspectos que no estén funcionando según las hipótesis de partida. De todos modos, esta práctica puede verse muy comprometida al no contar los profesores en el espacio de laboratorio con ayudantes que acompañen este proceso.

Considerando las limitaciones comentadas en la dimensión anterior referidas a las condiciones materiales de trabajo en los institutos de formación docente, encontramos respuestas especialmente valiosas que ponen de relieve un

uso importante de los recursos TIC y de muy variadas maneras a pesar de contextos institucionales no favorables. Por ejemplo, es significativo el uso de *simulabs* en instituciones en las que no hay un laboratorio o no se encuentra disponible con la frecuencia necesaria.

Hay una amplia mayoría de respuestas afirmativas sobre el uso de los recursos TIC para evaluar. Esto resulta coherente con la inclusión de las TIC en diferentes momentos de las secuencias didácticas. Las respuestas positivas sobre el propósito de que el trabajo en el laboratorio es aplicar el conocimiento desarrollado en las clases teóricas (punto 22), están en relación con las respuestas dadas al punto 11 de la dimensión anterior. Esta gran cantidad de respuestas positivas está indicando que muy probablemente aún coexisten elementos tradicionales dentro de modelos didácticos más innovadores. Estos resultados están mostrando, a nuestro juicio, procesos de transición didáctica. Es decir, podemos encontrar elementos muy característicos de prácticas tradicionales con posiciones muy claras de modelos más activos, centrados en el aprendizaje y en la evolución del conocimiento de los estudiantes.

Surge una mirada interesante en la mayoría de los profesores que manifiestan en la pregunta 23, su postura crítica de los libros de texto en cuanto a la presencia de actividades de laboratorio. Sobre la disponibilidad de tiempo para incluir TIC en los trabajos de laboratorio, una gran mayoría de profesores declara que no es suficiente.

Queda claro para la mayor parte de los profesores de la muestra el valor de las TIC en la enseñanza de las ciencias y por otro, las dificultades externas que condicionan la integración de estas herramientas en especial en el laboratorio. Esta situación puede tener relación con lo que ocurre en el caso de la evaluación, donde una gran mayoría de profesores no integra las TIC en este momento tan importante del proceso de enseñanza y aprendizaje.

### Tendencias y especificidades en el uso de software y hardware de biología

Presentamos a continuación los resultados sobre el uso de software y hardware por parte de los profesores de biología (ver Tabla III).

**TABLA III.** Uso de software y hardware. N: 52.

<b>Pregunta</b>	<b>% respuestas afirmativas</b>	<b>% respuestas negativas</b>
7. ¿El equipamiento de laboratorio incluye hardware (sensores de captura de datos) y software específico de biología?	21	79
9. ¿Utiliza usted regularmente hardware y software específico para el trabajo en el laboratorio?	15	85
17. ¿Incluye el uso de celulares en los trabajos de laboratorio?	90	10
19. ¿Incluye el uso de simuladores en los trabajos de laboratorio?	60	40
21. ¿Incluye en la evaluación recursos informáticos?	55	45
25. ¿Ha utilizado recursos TIC en su enseñanza de la biología?	85	15

26. ¿Ha recibido formación general sobre el uso de TIC en la enseñanza?	60	40
28. ¿Ha recibido formación específica sobre el uso de TIC en la enseñanza de las ciencias?	10	90
30. ¿Puede usted en una computadora realizar la mayoría de las operaciones básicas (guardar, copiar, comprimir archivos)?	95	5
31. ¿Puede usted con el correo electrónico realizar las principales operaciones (buscar, eliminar, reenviar o copiar mensajes)?	95	5
32. ¿Puede usted con internet realizar las principales operaciones (navegar, buscar, modificar páginas de inicio, bajar e instalar programas)?	95	5
33. ¿Puede usted con un procesador de textos realizar las principales operaciones (crear un documento, darle formato, insertar un texto, insertar imágenes, cambiar estilo)?	100	0
34. ¿Puede usted con el software de presentaciones (MS Power Point) realizar las principales operaciones (crear una muestra de diapositivas, insertar imágenes, agregar animaciones, agregar sonido)?	90	10
35. ¿Puede usted con el software de planillas de cálculo (MS Excel) realizar las principales operaciones (ingresar datos, dar formato, aplicar fórmulas, utilizar filtros, importar y exportar datos)?	55	45
36. ¿Puede usted con el software de bases de datos (MS Access) realizar las principales operaciones (crear tablas, ingresar y recuperar datos, crear informes)?	10	90
37. ¿Utiliza usted <i>apps</i> de su celular (Play Store, Apple Store) en sus clases?	90	10
38. ¿Utiliza usted <i>apps</i> de su celular de manera frecuente en sus clases?	15	85

En las respuestas de los profesores encuestados se observa una tendencia a la no inclusión de tecnologías digitales específicas de ciencias, que puedan hacer aportes en al desarrollo de las competencias científicas. Su ausencia puede estar originada en la falta de capacitación docente ya que estas tecnologías neutralizan a uno de los grandes temores de

los docentes en el laboratorio, como es la seguridad de los estudiantes. Las tecnologías digitales hacen las prácticas claramente más seguras.

En el caso del equipamiento de software y hardware las respuestas muestran un uso muy limitado por parte de los profesores. Pero dentro del escaso uso de tecnologías digitales se destacan con una presencia importante los teléfonos celulares muy probablemente debido a su practicidad y operatividad.

Con relación a la formación recibida en tecnologías digitales generales hay porcentuales muy similares entre los que han recibido y los que no. En cambio, hay una clara tendencia de profesores sin formación en TIC relacionadas específicamente con la educación en ciencias.

En referencia al dominio de las funciones de una computadora hay una clara tendencia hacia el dominio de la mayor parte de las funciones y operaciones de la PC (trabajo con archivos, correo electrónico, internet, procesador de texto, presentación de diapositivas). Pero aquellas funciones relacionadas con los datos, la reunión, análisis, representación y elaboración de informes) no constituyen una capacidad en los profesores encuestados. Este déficit no ayuda al trabajo con datos, su análisis, su organización, su presentación y su discusión. Vale recordar que una de las principales competencias científicas que aparecen en la literatura especializada se relaciona con interpretar datos y pruebas científicas y elaborar conclusiones (Gutiérrez, 2008).

#### **IV. CONCLUSIONES**

El laboratorio es un espacio de trabajo que tiene un papel central y distintivo en la educación científica. Los profesores de ciencias desde siempre han destacado (Tobin, 1990), y lo siguen haciendo tal como hemos mostrado en este trabajo, los beneficios en el aprendizaje que conllevan las actividades de laboratorio. Hoy estamos viviendo una era marcado por el continuo desarrollo de nuevos recursos tecnológicos que rápidamente se transforman en valiosas herramientas para enseñar ciencias. En sintonía con estas novedades, aparecen nuevos enfoques y nuevas propuestas de integración de tecnologías digitales especialmente en las áreas de ciencias. La investigación en educación en ciencias ha venido produciendo conocimientos sobre cómo se utilizan los recursos de laboratorio de ciencia, cómo se evalúa el trabajo de los estudiantes en el laboratorio, y cómo las actividades de laboratorio de ciencias pueden ser utilizadas por los profesores para mejorar el aprendizaje (Hodson, 2001). Los desarrollos en las metodologías de trabajo en el laboratorio han permitido diversificar actividades y establecer progresiones en el aprendizaje. Además, a lo largo de los últimos 20 años el crecimiento exponencial de herramientas de alta tecnología tiene implicaciones de gran alcance para la enseñanza, el aprendizaje y la formación docente. Hoy trabajar en el laboratorio supone realizar observaciones sistemáticas, plantear preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para ver lo que ya se sabe, planificar investigaciones, discutir hipótesis a la luz de la evidencia experimental, usar herramientas para recopilar, analizar e interpretar los datos, proponer explicaciones y predicciones, y comunicar resultados.

Esta investigación ha mostrado por un lado una alta valoración de los profesores en la actualidad sobre el uso de tecnologías digitales y su inclusión en los trabajos de laboratorio. En el plano de las prácticas de laboratorio se ha destacado la utilización de los teléfonos celulares como el principal recurso. Muy probablemente debido a falencias en la formación los profesores no incluyen aún programas específicos de ciencias en su práctica. Persisten aun deudas del sistema educativo en cuanto a las condiciones materiales de trabajo en la formación docente. La falta de espacios, equipamiento y muy especialmente, conectividad, dificultan el avance hacia una integración plena de las TIC en la enseñanza de las ciencias en general y en la enseñanza de la biología en particular.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Pedagógica Nacional el apoyo otorgado para la realización de este trabajo. Este trabajo fue realizado con apoyo de la Programación Científica UNIFE.

## REFERENCIAS

- Baird, W. E., & Koballa, T. R. (1988). *Changes in preservice elementary teachers' hypothesizing skills following group or individual study with computer simulations*. Science Education, **72**(2), 209-223.
- Barros, S. G. et al. (2000). *¿Qué hacemos habitualmente en las actividades prácticas? Como podemos mejorarlas. Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho.
- Coll, C. & Solé, I. (1990): *La interacción profesor/alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje*, en C. Coll; J. Palacios, y A. Marchesi (eds.): Desarrollo psicológico y educación II. Madrid, Alianza editorial.
- Giere, R.N. (1999). *Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico*. Enseñanza de las Ciencias, núm. extra, pp. 63
- Gilbert, J. K. (1993). *Models y Modelling in science education*. Hatfield: The Association for Science Education.
- Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I. & Gutiérrez, M. S. (2004). *Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos*. Educación Química, **15**(3), pp. 198-209
- Gutiérrez, A. (2008). *La evaluación de las competencias científicas en PISA: Perfiles de los estudiantes iberoamericanos*. Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales. 57, pp. 23-31.
- Gutiérrez, A. (2011). *Unidades didácticas de calidad en la enseñanza de la biología*. En P. CAÑAL (coord.) Biología y geología. Investigación, innovación y buenas prácticas. Barcelona, Grao.
- Gutiérrez, A.; Aguilera, E. & Pujalte, A.(Eds.) (2015). *La formación docente en ciencias naturales*. Buenos Aires, Instituto Nacional de Formación Docente (INFoD), Ministerio de Educación de Argentina.
- Hodson, D., (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Enseñanza de las Ciencias, **12**(3), 299-313
- Hodson, D. et al. (2000). *The place of practical work in science education*. Trabalho prático e experimental na educação em ciências. Braga: Universidade do Minho.
- Hodson, D. (2001). *Research on practical work in school and universities: In pursuit of better questions and better methods*. Proceedings of the 6th European Conference on Research in Chemical Education, University of Aveiro, Aviero, Portugal.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2003). *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*. Science Education, 88, pp. 28–54. (Site: <http://www.nottingham.ac.uk/education/documents/research>)
- Hurd, P. D. (1958). *Science literacy: Its meaning for American schools*. Educational leadership, **16**(1), 13-16.
- Insa, D., & Morata, R. (1998). *Multimedia e Internet: Las nuevas tecnologías aplicadas en la formación*. Madrid: Paraninfo.

- Justi, R. (2006). *La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos*. Enseñanza de Las Ciencias, **24**(2), 173–184
- Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. En *Cadernos Didáticos de Ciências*, Volume 1. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Leite, L. & Figueroa, A. (2004). *Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias*. Alambique, **39**, pp. 20-30.
- Lunetta, V. (1996). *The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching*. En K. Tobin & B. J. FRASER (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Miguéns, M. & Serra, P. (2000). *O trabalho prático na educação básica: a realidade, o desejável e o possível*. En M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, J. L. Silva, A. S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.), *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho.
- Nersessian, N.J. *et al.* (1999). *Model-Based Reasoning in Conceptual Change*. Model-Based Reasoning in Scientific Discovery, Nueva York: Kluwer and Plenum Publishers. pp. 5-22.
- Romero, L. R., & Gómez, J. L. L. (2014). *Competencias matemáticas desde una perspectiva curricular*. Alianza Editorial.
- Tobin, K. G. (1990). *Research on science laboratory activities*. In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*. **90**, 403–418.
- Veiga, M. L. *et al.* (2000). *O trabalho prático nos programas portugueses de Ciências para a escolaridade básica*. Trabalho prático e experimental na educação em ciências. Braga: Universidade do Minho.
- Wellington, J. (2000). *Re-thinking the role of practical work in science education*. En M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, J. L. Silva, A. S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.), *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho.