

Gestión del tiempo en las prácticas de laboratorio: diseño de memoria automatizada

Time management in laboratory practices: design of an automated report

Jorge Gavalda-Bernal¹, Vanessa Esteve-González¹, Cristina Valls¹

¹ Universitat Rovira i Virgili, España

jorge.gavalda@estudiants.urv.cat , vanessa.esteve@urv.cat , cristina.valls@urv.cat

RESUMEN. Las prácticas de laboratorio en centros educativos dependen de diversos factores. Incluir tecnologías digitales que agilicen los pasos del método científico facilita la gestión del tiempo para completar los experimentos en una sola sesión. Mediante una investigación basada en el diseño, se desarrolla un prototipo de memoria digital para prácticas de laboratorio que integra placas Arduino para recoger datos y una interfaz que automatiza el registro y la transferencia de datos en tiempo real. Las funcionalidades se ajustaron a las necesidades del alumnado (n=90), con automatización de cálculos, gráficos y espacio para conclusiones. El 93,3% de los grupos completaron la práctica en una sesión gracias a la memoria digital, encontrándola útil, ya que permitía centrarse en análisis de resultados y conclusiones. La memoria digital facilita el método científico en menos tiempo y mantiene los objetivos de aprendizaje. La integración de tecnología permite estandarizar y mejorar la eficiencia de las prácticas.

ABSTRACT. Laboratory practices in schools and institutes depend on various factors. Incorporating digital technologies that streamline the steps of the scientific method facilitates time management to complete experiments in a single session. Through design-based research, a digital logbook prototype for laboratory practices was developed, integrating Arduino boards to collect data and an interface that automates the recording and real-time data transfer. The functionalities were tailored to students' needs (n=90), with automated calculations, graphs, and space for conclusions. A total of 93.3% of the groups completed the practice in a single session thanks to the digital logbook, finding it useful as it allowed them to focus on analysing results and drawing conclusions. The digital logbook streamlines the scientific method in less time while maintaining learning objectives. Technology integration enables standardization of procedures and improves the efficiency of laboratory practices.

PALABRAS CLAVE: Memoria de laboratorio, Robótica, Ciencias, Conductividad del agua, Investigación basada en el diseño.

KEYWORDS: Report, Robotics, Sciences, Water conductivity, Design-based research.

1. Introducción

El alumnado de educación secundaria obligatoria y bachillerato tiene más opciones para adquirir las competencias científicas que marca el currículum si la teoría viene acompañada de prácticas de laboratorio. A priori, la combinación de ambas debe fomentar el conocimiento científico. Sin embargo, el hecho de llevar al alumnado al laboratorio y realizar actividades prácticas no garantiza que el alumnado deje de tener dificultades para entender la ciencia (Garmendia & Guisasola, 2015). Para que una práctica de laboratorio en el ámbito de las ciencias aporte valor al alumnado, Osborne (2014) menciona tres situaciones o contextos que se deben priorizar: (a) ayudar a mejorar la comprensión de conceptos epistémicos y procedimentales; (b) convertirse en un medio para alcanzar estos conocimientos; (c) no alterar o desvirtuar la imagen real de lo que es la ciencia. Por consiguiente, diseñar una práctica de laboratorio en el ámbito científico y en un contexto educativo no resulta fácil. A todo esto, Wang et al. (2019) añaden que “la instrucción del laboratorio de ciencias a menudo se ve comprometida por las limitaciones de tiempo, la presión por adherirse a un horario de enseñanza y la falta de conocimientos sobre la implementación” (p.530). Evidentemente, cada centro educativo tiene sus particularidades y puede gestionar mejor o peor estas situaciones. Pero en general, es necesario que el docente prepare la práctica, ajustando el contenido de esta al nivel educativo del alumnado, sin olvidar al colectivo con necesidades especiales. Además, este diseño de la práctica de laboratorio puede estar condicionado por un material obsoleto o falta de recursos, la masificación de las aulas, las condiciones de trabajo en el laboratorio y la interacción con el alumnado (Awan, 2015). A todo ello, cabe descontar un tiempo de desplazamiento al aula en la que se hará la práctica y posterior limpieza y recogida del material utilizado. Asimismo, frente a estas adversidades y en referencia a lo expuesto anteriormente por Osborne (2014), la práctica de laboratorio no se debe convertir en una receta a seguir. Es más, debe ajustarse al método científico, el cual ayuda a desarrollar plenamente la competencia científica en el alumnado.

El método científico describe todos los pasos de una investigación científica, empezando con la observación de un fenómeno y una pregunta, hasta llegar a una conclusión y comunicación de los resultados (González, 2003). En general, se establecen los siguientes pasos en el método científico:

1. Observación: a partir de un fenómeno observado, el científico plantea un problema. Éste debe ser susceptible de ser investigado y requiere hacer una indagación asociada al fenómeno.
2. Formulación de hipótesis: con las reflexiones propias del investigador y de las preguntas que puedan aportar respuesta, se formula una hipótesis.
3. Experimentación: es la parte procedimental que permite recoger los datos, a partir de una situación controlada de las variables que intervienen, que reproduce el fenómeno observado.
4. Interpretación: en este punto, se analizan los resultados de las medidas y los cálculos derivados de las mismas. En función de los resultados obtenidos, el científico somete a verificación la hipótesis inicial.
5. Comunicación: el científico pone de manifiesto los resultados y conclusiones del fenómeno. Generalmente, hace constancia en un informe o memoria para poder ser reproducido y contrastado por otras personas.

El orden de estos pasos siempre es el mismo. No obstante, para reafirmar sus conclusiones, el científico (o en este caso el alumnado) debe ejecutar parte de esta secuencia en más de una ocasión. Esto implica, por tanto, retornar a un paso anterior de los que conforman el método científico para dar consistencia y validez al resultado (Science Buddies, s.f.; Voit, 2019). Además, si los valores finales no concuerdan con la hipótesis será necesario un replanteamiento de la pregunta inicial o de la misma hipótesis y realizar un nuevo experimento.

De esta manera, toda práctica de laboratorio basada en la indagación requiere un tiempo que viene marcado por los pasos del método científico. Sin embargo, en la didáctica de las ciencias y dentro de un contexto educativo, los conocimientos sobre el fenómeno estudiado y las habilidades y destrezas del alumnado determinarán el ritmo de ejecución de la práctica de laboratorio. En general, la observación, hipótesis e indagación del fenómeno a estudiar se desarrollan en alguna sesión previa a la práctica. La fase procedimental conlleva, a su vez, la recogida y análisis de datos. Ambas acciones deberían llevarse a cabo en la misma sesión.



De no ser así, las condiciones de la práctica de laboratorio pueden cambiar entre sesión y sesión y, por consiguiente, no ser válida. Finalmente, la interpretación de los resultados y el redactado de la memoria pueden dejarse para una última sesión. En la memoria, los datos obtenidos deben ser analizados y presentados en forma de tablas y/o gráficos para su mejor comprensión. En esta memoria, el alumnado también debe reflejar cuáles son sus conclusiones respecto a la hipótesis inicial.

Con relación a las memorias de las prácticas de laboratorio, Bjorn (2018) resalta la importancia de estas, pues son una herramienta esencial para desarrollar la competencia científica. Aun así, este autor señala la necesidad de cambiar el formato tradicional de comunicar los resultados para optimizar el tiempo sin desvirtuar el objetivo principal de esta. De hecho, menciona que este cambio es válido y aplicable a diferentes disciplinas del ámbito científico y tecnológico. Por su parte, Porter et al. (2010) destacan la importancia de saber analizar los datos obtenidos en una práctica de laboratorio para, posteriormente, comunicar los resultados. Esta acción es clave para mejorar la competencia científica del alumnado, tal como también afirman Garmendía y Guisasola (2015). En otras palabras, es imprescindible que el alumnado sepa interpretar los resultados para mejorar su comprensión de la ciencia. No obstante, Porter et al. (2010) subraya que esta habilidad debe ser trabajada e incluso acompañada en sus primeras intervenciones. Por consiguiente, el alumnado debe disponer del suficiente tiempo para analizar los datos y comprender los resultados.

En esta línea, tanto el diseño como la gestión del tiempo se convierten en factores importantes que determinan cuántos pasos del método científico se pueden llevar a cabo en una misma sesión. Y en esta gestión del tiempo, el docente debe tener presente las dificultades y limitaciones de los recursos utilizados, así como de las destrezas del alumnado. Este mismo problema lo detecta Awan (2015) en su estudio cuando revela que el 62% de los docentes no son capaces de ajustar correctamente el tiempo de la práctica de laboratorio. Evidentemente, cuanto más tiempo pase desde el planteamiento inicial de la práctica de laboratorio hasta la comunicación de los resultados, mayor será la probabilidad que el alumnado pierda el hilo conductor de la misma y su objetivo.

De todo ello se concluye que, aunque no es posible seguir todos los pasos del método científico en una única sesión, estos deberían estar lo más próximos en el tiempo. Por ende, es necesario buscar alternativas que agilicen las tareas del alumnado y permitan reducir el tiempo total de la práctica de laboratorio sin desvirtuarla.

La propuesta de la ONU (2022) de abrir nuevas vías de debate sobre cómo implementar una educación de calidad, pasa por algunos aspectos clave que pueden dar solución a este problema. Por ejemplo, se deben revisar las infraestructuras que utilizan los docentes sin limitar recursos ni metodologías que faciliten la innovación. Es decir, iniciar una transformación digital en el proceso de enseñanza y aprendizaje para llegar a una educación más inclusiva y eficiente.

La incorporación de las tecnologías digitales en las prácticas de laboratorio se ha ido extendiendo en los últimos años. Estudios como los de Nurul y Siew (2018) y Vieyra et al. (s.f.) se basan en el uso de dispositivos móviles y aplicaciones para la realización de experimentos de física. Las simulaciones con ordenador son otro recurso bien valorado para estudiar ciertos fenómenos complejos (Chekour et al., 2022; Kluge, 2019). No obstante, estas tecnologías digitales se emplean, sobre todo, en la fase procedimental y de recogida de datos. Evidentemente, también se han hecho propuestas para el redactado de las memorias de laboratorio. Van De Heyde y Siebrits (2020) plantean el uso de Google Docs y Google Sheets (junto con algunos complementos y extensiones) para un trabajo colaborativo en los últimos pasos del método científico. En una línea similar, Lo (2013) estudia el recurso de una Wiki colaborativa para escribir las memorias de prácticas.

Sin embargo, ninguna de las anteriores propuestas plantea la posibilidad de automatizar las principales acciones que debe incorporar el redactado de las memorias (inclusión de tablas, cálculos, gráficos...). Hazzard (2014) propone el uso de un ordenador para registrar los datos de la práctica de laboratorio. Este procedimiento, cuando se trabaja en grupo, otorga la oportunidad de discutir entre el alumnado sobre la validez o no de los datos. Sin embargo, este mismo autor incide en la necesidad de escribir una memoria con las

conclusiones (individuales o grupales), pero los datos obtenidos automáticamente con el ordenador se incluyen en dicha memoria mediante capturas de pantalla (proceso manual). Otra propuesta de automatización la presentan Zang et al. (2017), quienes utilizan el programa LabView para gestionar la recogida de datos de los sensores conectados a una placa Arduino UNO. Además, el entorno de trabajo proporciona la visualización de los datos y verifica los cálculos realizados por el alumnado. Por último, se genera una memoria con los resultados de la práctica de laboratorio. No obstante, esta automatización supuso un coste de cerca de 3000\$.

En resumen, la automatización de algunos de los pasos del método científico reduce el tiempo total de la práctica de laboratorio. Así, por ejemplo, el uso de tecnologías digitales para la recogida de datos concede más tiempo al alumnado para trabajar en la parte procedimental y discutir sobre los resultados obtenidos. Sére (2002) afirma en su estudio la importancia de poder inculcar al alumnado el saber hacer. Es decir, fomentar las prácticas laboratorio porque en estas actividades didácticas se utilizan procedimientos válidos en otras situaciones. Asimismo, la automatización de la memoria agiliza la incorporación de las tablas y gráficos dejando más tiempo para elaborar las conclusiones. Este último punto refuerza la idea de Romero y Quesada (2014), quienes concluyen en su estudio que, en general, al alumnado le cuesta interpretar los gráficos y la forma de representar los datos.

Por último, cabe destacar que la OECD (2023) replantea las competencias del ámbito científico para las pruebas PISA 2025. De las tres competencias que se presentan en el nuevo borrador, destaca la de “Construir y evaluar diseños para la investigación científica e interpretar datos y pruebas científicas de manera crítica” (p. 9). Para la adquisición de esta competencia, son imprescindibles el conocimiento teórico y procedimental. Pero lo más importante es que se propone el uso de tecnologías digitales con base matemática para el análisis y representación de los datos obtenidos y que, a su vez, faciliten la justificación de los resultados. La integración adecuada de las tecnologías digitales por parte del profesorado se realiza siguiendo el modelo TPACK (acrónimo de Technological Pedagogical Content Knowledge) de Mishra y Koehler (2006), con la intención de potenciar el conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido a desarrollar en la práctica.

Con base a lo expuesto anteriormente, el presente estudio tiene como objetivo diseñar e implementar un prototipo de memoria de prácticas de laboratorio capaz de automatizar tareas específicas del método científico y adaptable a diferentes perfiles de alumnado, con la finalidad de dar protagonismo al procedimiento de la práctica y la discusión de las conclusiones.

2. Metodología

El estudio se ha orientado a dar una solución tecnológica para mejorar la gestión del tiempo en las prácticas de laboratorio y forma parte de una investigación basada en el diseño. De acuerdo con Plomp (2010) este tipo de investigación respalda una metodología estructurada y cíclica para implementar un nuevo diseño de software (o material didáctico) que actúe sobre un proceso de enseñanza-aprendizaje. En este artículo se presenta el estudio sobre la usabilidad a la solución tecnológica del diseño del prototipo de una memoria automatizada, como parte de una investigación más amplia.

En el caso concreto de la implementación de nuevas tecnologías digitales, es importante que todos los agentes implicados (investigadores, docentes y alumnado) contribuyan en la solución. Para ello, cada colectivo aportó parte de las soluciones al prototipo a través de diferentes ciclos de evaluaciones del diseño.

Así pues, antes de obtener el prototipo funcional, se realizaron iteraciones según la secuencia descrita por De Benito y Salinas (2016) (figura 1). En la primera, se estudió la viabilidad de la tecnología digital seleccionada. A continuación, se pasó a la fase de adaptación para la práctica de laboratorio y, por último, la implementación en el aula con el alumnado. La evaluación de cada una de estas iteraciones facilitó el ajuste del diseño final.



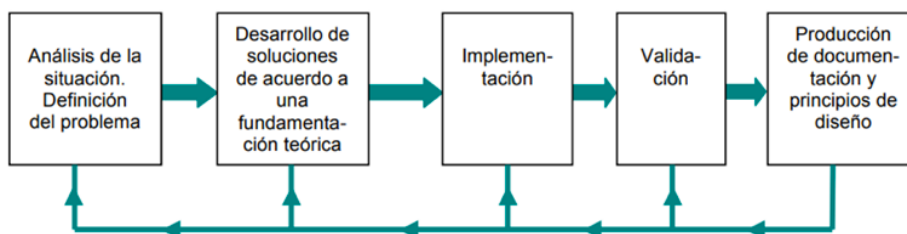


Figura 1. Proceso de implementación de la investigación basada en el diseño. Fuente: Obtenida de De Benito y Salinas (2016, p. 49).

2.1. Instrumentos

Para dar validez a los resultados del diseño e implementación de la memoria, se preparan encuestas al docente y al alumnado. Un grupo de expertos (4 mujeres y 3 hombres) en tecnología educativa de la universidad Rovira i Virgili validaron estos instrumentos.

La encuesta al docente (ver anexo I) incluye cuatro preguntas relacionadas con posibles problemas o dificultades que haya observado él durante la práctica de laboratorio llevada a cabo por el alumnado. Estas preguntas se valoraron con una escala Likert del 1 (=muy en desacuerdo) al 5 (=muy de acuerdo). Las variables son: integración, adaptación, cálculos y usabilidad. Se añaden dos preguntas más de respuesta abierta. La primera hace referencia al porcentaje de grupos que pueden acabar la práctica y la memoria en la misma sesión. La segunda permite dejar por escrito observaciones respecto al desarrollo de la sesión en la que se utiliza el prototipo de memoria.

La encuesta que responde el alumnado (ver anexo II) consta de cinco preguntas con valoración según la escala Likert del 1 (=muy en desacuerdo) al 5 (=muy de acuerdo). Las cinco preguntas hacen referencia a las variables de integración, adaptación, cálculos, usabilidad y tiempo desde la perspectiva del mismo alumnado.

2.2. Contexto

El estudio se lleva a cabo en una escuela concertada de Tarragona (España). En la fase del diseño del prototipo de la memoria automatizada participó el profesor de robótica del segundo curso de educación secundaria obligatoria (ESO) quien, además, realiza el presente trabajo de investigación.

La implementación del prototipo en la sesión práctica de laboratorio se desarrolla a lo largo de una semana, involucrando a los diferentes grupos de desdoblamiento de la materia de robótica. La población objeto de estudio está constituida por estudiantes de segundo curso de la ESO, con edades comprendidas entre los 13 y los 14 años. No obstante, debido a la ausencia de seis participantes en la sesión práctica de laboratorio, la muestra final se compone de 90 alumnos, distribuidos en 42 chicas (46,67%) y 48 chicos (53,33%).

2.3. Estudio de la tecnología digital

En la fase inicial del estudio se establecieron dos criterios fundamentales que debería cumplir el diseño del prototipo de memoria. Por una parte, la funcionalidad tecnológica que hace referencia a cómo se podría adaptar y reutilizar esta tecnología en diferentes prácticas de laboratorio, ya sean de la misma materia o en otras del ámbito científico o tecnológico. Por otra parte, la funcionalidad pedagógica marcó los criterios esenciales relacionados con las metodologías y estrategias de aprendizaje, teniendo en cuenta el perfil de alumnado que lo utilizaría. En otras palabras, las tecnologías digitales debían ser fáciles de utilizar y lo más intuitivas posible. De esta manera, el alumnado solo debería preocuparse de la resolución de la práctica de laboratorio y no de los problemas tecnológicos derivados del uso de este nuevo formato de memoria.

En referencia a los criterios de funcionalidad tecnológica se plantearon diferentes opciones basadas en las tipologías de las prácticas más habituales en un entorno educativo. Así pues, en prácticas de química, biología o geología, la naturaleza y el volumen de datos con los que se suele trabajar es muy diferente a los de prácticas

de física o tecnología. En estas dos últimas disciplinas, muchas veces es necesario registrar gran cantidad de datos en breves instantes de tiempo. Para ello, en ámbitos STEM, se emplean sensores de diferentes magnitudes conectados a placas de robótica. Por consiguiente, se consideró necesario que la funcionalidad tecnológica de la memoria pudiera integrarse con estos dispositivos. De esta manera, el alumnado podría introducir manualmente los datos a la memoria (directamente de la observación) o automáticamente del entorno de trabajo con los elementos de robótica.

Respecto a la funcionalidad pedagógica, el mayor desafío fue encontrar una tecnología digital adecuada, en términos de usabilidad, al perfil de alumnado que la emplearía. En general, las memorias de las prácticas de laboratorio se entregan escritas a mano o redactadas con un editor de texto. Por consiguiente, el nuevo formato de memoria debía trabajarse en un entorno lo más similar posible a un editor de texto tradicional. Es decir, debía incorporar las herramientas de uso habitual en estos entornos de trabajo (formato y estilo de texto, inclusión de imágenes y tablas, etc.). Pero, a su vez, esta funcionalidad pedagógica debía tener en cuenta la automatización de algunas tareas y su adaptación a diferentes perfiles de alumnado (nivel académico, altas capacidades o necesidades educativas especiales).

Tras el análisis y evaluación de diferentes aplicaciones matemáticas, y teniendo en cuenta las funcionalidades descritas anteriormente, se decidió utilizar el programa SMath Solver. Este es un editor matemático que está preparado para ejecutar todo tipo de cálculos y representaciones de gráficos. Además, el aspecto y las características de edición de contenidos son muy similares a las de un editor de texto convencional. Como valor añadido, permite incluir extensiones que lo hacen más adaptativo al entorno de trabajo y necesidades de interacción con otros programas.

2.4. La práctica de conductividad del agua

La práctica de laboratorio entorno a la que se creó el diseño del prototipo de memoria es el estudio de la conductividad eléctrica del agua. Esta práctica consiste en presentar al alumnado diferentes muestras de agua (destilada, del grifo y con sal). La facilidad de cada muestra para conducir electricidad viene dada por la cantidad de sales disueltas que contenga. El instrumento de laboratorio más apropiado para esta práctica es el conductímetro. Sin embargo, al no disponer de este, su alternativa más simple es aplicar un voltaje entre dos electrodos y calcular la resistencia eléctrica del medio mediante la ley de Ohm.

Para garantizar que la tecnología digital seleccionada en el diseño del prototipo de memoria era apropiada, incluso con el uso de elementos de robótica, se decidió adaptar esta práctica con placas Arduino UNO (figura 2). De esta manera, la medida y recogida de datos sería a través de dicha placa. Más aún, esta adaptación permitiría evitar errores de medida al recoger varios valores consecutivos por muestra.

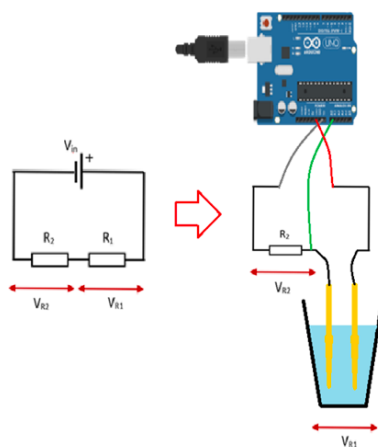


Figura 2. Esquema de adaptación del divisor de tensión a la práctica de conductividad del agua con placas Arduino UNO. Fuente: Elaboración propia.



En referencia a la funcionalidad pedagógica de la memoria automatizada, el prototipo debía ser programado a diferentes niveles. Es decir, se consideró la opción de automatizar y ajustar la cantidad de cálculos que debía resolver el alumnado facilitando, de ser posible, parte de esta tarea con los mismos datos adquiridos por ellos o con ejemplos. Esta acción se pensó, sobre todo, para el alumnado con dificultades de aprendizaje.

2.5. Evaluación de la viabilidad y funcionalidad del primer prototipo

La primera iteración del diseño del prototipo de la memoria comenzó, por tanto, por ver la viabilidad real del SMATH Solver con datos obtenidos por las placas Arduino UNO. Estas pruebas de comunicación concluyeron que la transferencia entre la placa y la memoria solo era posible si se utilizaba el programa Excel como intermediario. En otras palabras, la hoja de cálculo se convirtió en la interfaz para la recogida de datos en tiempo real y poderlos transferir, posteriormente, a la memoria. Esto fue posible gracias al complemento Data Streamer del Excel, con el cual se pudo gestionar el control total de la placa Arduino UNO desde la hoja de cálculo. Por tanto, el programa Excel pasó a ser la interfaz de trabajo durante la fase procedimental y la libreta digital donde guardar los datos de la práctica.

Una vez recogidos algunos datos en la hoja de cálculo, la transferencia de estos a la memoria de la práctica se pudo ejecutar automáticamente desde el mismo SMATH Solver. Es decir, los datos guardados en el Excel se volcaron de manera instantánea a una tabla del prototipo de memoria.

2.6. Prototipo de la memoria para la práctica de conductividad del agua

Tras esta primera iteración, el estudio pasó a la fase de diseño de la interfaz de trabajo (Excel) y del segundo prototipo de memoria para la práctica real sobre la conductividad eléctrica del agua. Para esta práctica de laboratorio se plantearon tres objetivos didácticos:

1. Medir magnitudes eléctricas, correspondientes a tres tipos de aguas distintas, por medio de un sensor conectado a una placa Arduino UNO.
2. Calcular la resistencia eléctrica de cada tipo de agua sabiendo que el sensor forma parte de un divisor de tensión.
3. Deducir, a partir de los resultados de la práctica y de los gráficos, qué tipo de agua se corresponde con cada muestra.

Por una parte, se diseñó el entorno de trabajo para la recogida de datos en tiempo real (figura 3). Esta interfaz de trabajo la conformaron el programa Excel y el complemento Data Streamer. En la hoja de cálculo se incluyó un desplegable para alternar el modo de trabajo (pausado o activo) de la placa Arduino UNO. Este elemento se pensó para pausar la ejecución del código de la placa en el momento de cambiar y limpiar el sensor de una muestra de agua a otra. Por tanto, esta interfaz se diseñó como un entorno interactivo para el alumnado. Otros elementos destacados de la interfaz de trabajo fueron los botones programados con Visual Basic for Applications (VBA) para limpiar los registros o guardarlos en su tabla correspondiente. Esta última acción añadía la fecha y la hora en que se efectuó la práctica. Para minimizar los errores derivados de la manipulación de las muestras y del sensor, se determinó que con la placa Arduino UNO se tomarían cinco lecturas consecutivas para cada muestra de agua.



Figura 3. Interfaz de trabajo del Excel para la recogida de datos. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el prototipo de memoria diseñada mediante SMath Solver que utilizó el alumnado, consta de diferentes secciones de acuerdo con los pasos a seguir según el método científico. La primera parte está destinada a la formulación de la hipótesis del experimento. La segunda, sirve para distribuir en tablas los datos obtenidos durante la fase procedimental de la práctica. Estos datos son volcados automáticamente a sus correspondientes tablas de la memoria desde la hoja de cálculo descrita anteriormente (figura 4). A continuación, está la zona donde el alumnado debe realizar los cálculos para determinar el valor de la resistencia eléctrica de las muestras. La última sección es la de las conclusiones. En ella, el alumnado compara los resultados a partir de un gráfico que se genera automáticamente y determina qué tipo de agua es cada muestra.

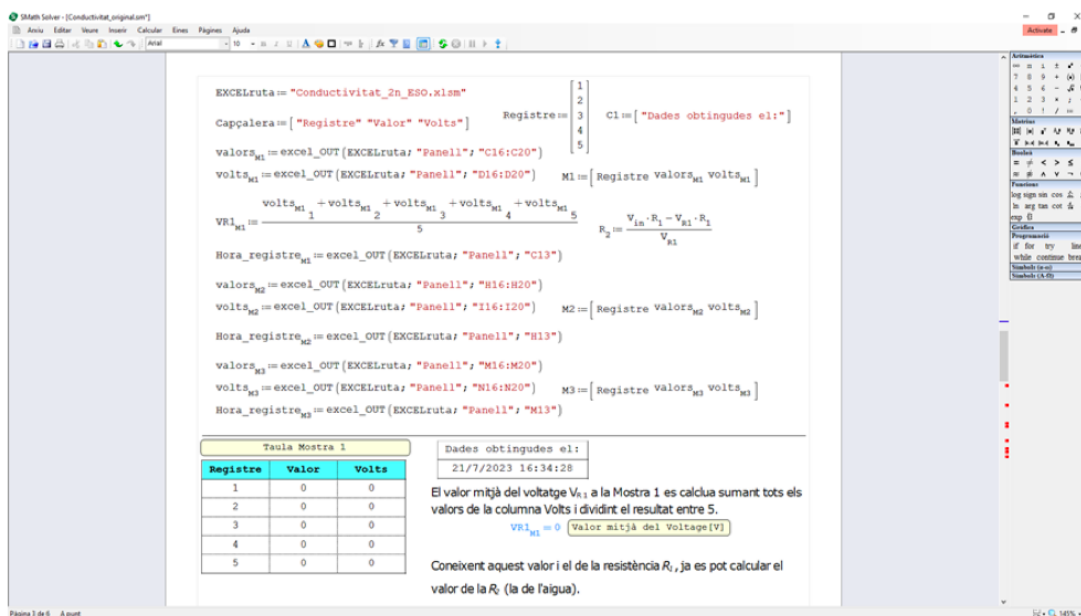


Figura 4. Programación de la memoria para el volcado de datos en las tablas (oculto para el alumnado). Fuente: Elaboración propia.

Ya que el alumnado de segundo curso de la ESO se estaba iniciando en las prácticas de laboratorio y el método científico, para desarrollar esta práctica se plantearon acciones básicas que facilitasen su desarrollo. Esto implicó algún ajuste en el diseño de la memoria:

- En el planteamiento de la hipótesis se mostraron algunas opciones mediante despleables que ayudarían

a comprender cómo se redacta una hipótesis. En futuros modelos de memorias, este sistema se substituiría por un espacio en blanco donde el alumnado deberá redactar, por sí solo, su hipótesis.

- Se incluyó un texto con las bases teóricas para facilitar la comprensión del experimento.
- Los cálculos derivados de la primera muestra de agua se ejecutaban automáticamente (a modo de ejemplo) y a partir de los mismos datos obtenidos por el alumnado. En las muestras 2 y 3 solo se mantenían las orientaciones para reforzar el proceso de cálculo que, ahora sí, debía realizar cada grupo.
- En la sección de redactado de las conclusiones, se ofrecían algunas pautas a seguir para facilitar esta acción. En las siguientes memorias, esta guía se eliminaría para que cada grupo justificase o argumentase sus propias conclusiones a partir de su experiencia.

Estas opciones descritas en los cuatro puntos anteriores son las que forman parte de la funcionalidad pedagógica de la herramienta. Con este perfil de alumnado poco experimentado en sesiones prácticas de laboratorio y frente a una tecnología nueva, se adaptó la memoria a sus necesidades.

2.7. Implementación del prototipo con el alumnado

Con este modelo de memoria, el alumnado se enfrentó a una tecnología y metodología de trabajo nuevas. Por consiguiente, se creyó conveniente realizar una sesión previa a la práctica donde se explicaba el funcionamiento del entorno de trabajo y las acciones a realizar. Esta sesión permitió que el alumnado entendiera el funcionamiento de la adquisición de datos con el Excel y la transferencia de valores a la memoria. También se enseñó a utilizar el editor para redactar los espacios destinados a las conclusiones.

Para que el alumnado se sintiera más participe en el diseño de la práctica, se les pidió que el sensor fuera de fabricación propia: dos clavos sobre una pieza de plástico o madera.

3. Resultados

La implementación del prototipo de memoria automatizada se realizó en un aula STEM, con el alumnado de segundo de la ESO. Para llevar a cabo la práctica, el alumnado se organizó en grupos de tres o cuatro personas y la actividad se desarrolló en el marco de la materia de robótica, que tiene una asignación de una hora semanal.

En la primera sesión, se preguntó al alumnado si el agua es conductora o no. En ella debían formular una hipótesis y, mediante la indagación, se les pidió que buscaran las características eléctricas del agua y algún experimento relacionado con esta cualidad. En la segunda sesión se les mostró el nuevo formato de memoria, los apartados que debían completar y cómo trabajar con la interfaz del Excel para distribuir los datos obtenidos en las tablas. En la tercera sesión, el alumnado realizó la práctica de la conductividad del agua (figura 5) y completó la memoria.

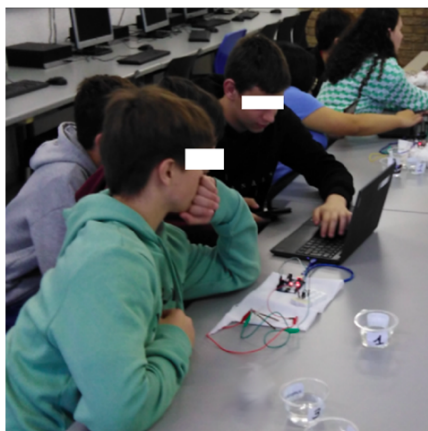


Figura 5. Grupo de alumnos obteniendo datos de una muestra de agua. Fuente: Elaboración propia.

A lo largo de la tercera sesión (práctica real de laboratorio), el alumnado trabajó de forma autónoma durante la fase procedimental. A continuación, procedieron a realizar los cálculos de la resistencia eléctrica del medio aplicando la ley de Ohm. Para ello siguieron el ejemplo de la primera muestra que proporcionaba la memoria. Finalmente, este último documento generó un gráfico con los resultados calculados por el alumnado y esto les permitió exponer sus conclusiones.

La incorporación de esta memoria automatizada y los recursos tecnológicos asociados a ella, obligaron a cambiar algunos aspectos de esta misma práctica respecto a su formato tradicional. Los cambios más importantes se describen en la tabla 1.

Modelo tradicional	Modelo con el prototipo de memoria
Como instrumento de medida se utiliza un conductímetro (o en su defecto un multímetro).	A la placa <i>Arduino</i> se conecta un sensor para la medida de la magnitud. El control de esta placa se realiza de manera interactiva a través de la interfaz del <i>Excel</i> .
El alumnado lee los valores directamente del instrumento de medida y los dicta a los compañeros de práctica, quienes los escriben manualmente en la libreta.	Los valores obtenidos se visualizan y guardan en la hoja de cálculo pulsando un botón de la interfaz de trabajo.
Si el docente lo considera, puede dar ejemplos genéricos de cómo realizar los cálculos (con valores diferentes a los obtenidos por el alumnado).	Si el docente lo considera, puede automatizar algunos cálculos, a modo de ejemplo, a partir de los mismos valores obtenidos por el alumnado.
Todos los datos de la libreta se deben pasar a la memoria final junto con los cálculos realizados y los gráficos.	Los datos del <i>Excel</i> se pasan directamente a la memoria y los gráficos asociados a los cálculos finales se generan automáticamente.
Si se ha producido un error en los cálculos, se debe volver a hacer los gráficos.	Los gráficos se actualizan automáticamente cada vez que se modifica algún resultado de los cálculos.

Tabla 1. Diferencias entre el modelo tradicional y el nuevo diseño de práctica con elementos de robótica y el prototipo de memoria.

Fuente: Elaboración propia.

Todos estos cambios han supuesto una mejora de cara al alumnado, que se ha traducido en más tiempo para que pueda llevar a cabo la fase procedimental de la práctica y escribir las conclusiones. De hecho, algunos alumnos han podido repetir la recogida de datos pues los resultados iniciales no les salieron como esperaban.

Respecto a las encuestas del docente y del alumnado (ver anexos I y II), en ambas coinciden, en términos generales, las respuestas de los agentes implicados. Los datos estadísticos de las respuestas del alumnado se pueden consultar en el la tabla 2. Tanto el docente como el alumnado consideran que no han encontrado problemas a la hora de volcar los datos registrados por el *Arduino* a la memoria. El docente resalta que sólo unos pocos grupos tuvieron dificultades para entender los cálculos que debían realizar, pese a que el ejemplo facilitado por la memoria les ayudó y fue muy bien valorado per el alumnado. Además, la cantidad de cálculos realizados fue menor que en prácticas similares. En referencia al uso del programa *SMath Solver*, muy pocos grupos tuvieron problemas para entender su funcionamiento. Así pues, la práctica y el redactado de la memoria se llevaron a cabo como estaba previsto. De los 30 grupos, 28 lograron finalizar todas las tareas en la sesión establecida. Esto representa el 93.3% de los grupos.

Frecuencias para Integración

Integración	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Muy en desacuerdo	1	1.111	1.111	1.111
En desacuerdo	1	1.111	1.111	2.222
Ni en desacuerdo, ni de acuerdo	4	4.444	4.444	6.667
De acuerdo	28	31.111	31.111	37.778
Muy de acuerdo	56	62.222	62.222	100.000
Ausente	0	0.000		
Total	90	100.000		



Frecuencias para Adaptación

Adaptación	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Muy en desacuerdo	1	1.111	1.111	1.111
Ni en desacuerdo, ni de acuerdo	11	12.222	12.222	13.333
De acuerdo	35	38.889	38.889	52.222
Muy de acuerdo	43	47.778	47.778	100.000
Ausente	0	0.000		
Total	90	100.000		

Frecuencias para Cálculos

Cálculos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Muy en desacuerdo	1	1.111	1.111	1.111
En desacuerdo	3	3.333	3.333	4.444
Ni en desacuerdo, ni de acuerdo	13	14.444	14.444	18.889
De acuerdo	42	46.667	46.667	65.556
Muy de acuerdo	31	34.444	34.444	100.000
Ausente	0	0.000		
Total	90	100.000		

Frecuencias para Usabilidad

Usabilidad	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Muy en desacuerdo	3	3.333	3.333	3.333
En desacuerdo	2	2.222	2.222	5.556
Ni en desacuerdo, ni de acuerdo	5	5.556	5.556	11.111
De acuerdo	29	32.222	32.222	43.333
Muy de acuerdo	51	56.667	56.667	100.000
Ausente	0	0.000		
Total	90	100.000		

Tabla 2. Resultados estadísticos de las variables asociadas a la encuesta del alumnado. Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

El método científico marca los pasos a seguir en una práctica de laboratorio (González, 2003). Pero en un contexto educativo, es importante que estas prácticas refuercen la competencia científica del alumnado (Osborne, 2014). Estudios como los de Garmendia y Guisasaola (2015) y Porter et al. (2010) destacan la importancia de una correcta interpretación de los datos obtenidos en la fase procedimental de una práctica de laboratorio para mejorar dicha competencia. Es más, esta interpretación debe venir acompañada de una clara comunicación de los resultados (Bjorn, 2018). No obstante, Porter et al. (2010) aconseja que la fase de comunicación de los resultados se refuerce bien con el alumnado.

En todo caso, las memorias de las prácticas de laboratorio están cambiando el formato en el que se presentan. Ya no se usa únicamente la libreta, sino que se han incorporado tecnologías digitales para el redactado de las conclusiones (Lo, 2013; Van De Heyde & Siebrits, 2020). A su vez, Hazzard (2014) y Zang et al. (2017) han hecho propuestas para automatizar algunas de las acciones necesarias en el redactado de las memorias. Sin embargo, estas son limitadas o requieren una fuerte inversión. Por ejemplo, Hazzard (2014) solo consigue automatizar la recogida de datos y para pasarlos a la memoria utiliza el método manual de captura de pantalla (imagen). No hay ningún proceso más que deba hacer el alumnado y que esté automatizado. En cambio, Zang et al. (2017) consigue automatizar la recogida de datos, los cálculos y la memoria, pero a costa de una inversión económica elevada y desarrollarlo un entorno difícil de programar para el docente. Ahora bien, las propuestas de automatización presentadas en estos dos últimos estudios tienen una ventaja: permiten reducir el tiempo de la práctica. Y es que la dificultad para gestionar correctamente la duración de las prácticas de laboratorio es un problema muy común (Awan, 2015; Wang et al. 2019). Por este motivo, la automatización de algunas acciones esenciales del método científico puede ayudar a minimizar un problema complejo como es esta gestión del tiempo.

A todo esto, la ONU (2022) propone abrir nuevas vías de trabajo para garantizar una educación de calidad que pasa por la innovación y la transformación digital. A esta propuesta se une la OECD (2023), poniendo el foco en las fases procedimentales y de comunicación de las conclusiones con la ayuda de tecnologías de base matemática para los cálculos y representaciones de gráficos. Por tanto, en esta investigación se ha propuesto diseñar e implementar un prototipo de memoria de práctica de laboratorio capaz de automatizar tareas específicas del método científico y adaptable a diferentes perfiles de alumnado, para dar protagonismo al procedimiento de la práctica y a la discusión de las conclusiones. En concreto, la interfaz gráfica del Excel permite registrar automáticamente los datos de la fase procedimental en tablas sin la necesidad de apuntarlos manualmente en una libreta de laboratorio. Posteriormente, se automatiza la copia de estas tablas a la memoria final, algunos cálculos y la representación de los resultados. Estas acciones están en concordancia con las propuestas de innovación mencionadas anteriormente.

Las iteraciones del diseño inicial marcan las funcionalidades tecnológicas y pedagógicas que deberá cumplir la memoria final de la práctica. Se establece como base de desarrollo para el prototipo de memoria la práctica de laboratorio correspondiente al estudio de la conductividad eléctrica del agua con elementos de robótica. Ahora bien, cumplir con este objetivo requiere utilizar el programa SMath Solver y crear una interfaz de trabajo con el Excel y el complemento Data Streamer. Esta decisión queda reforzada con la propuesta de la OECD (2023) de utilizar tecnologías de base matemática. Por consiguiente, todos estos entornos se han programado para facilitar el trabajo de manera que el alumnado se pueda centrar en la fase procedimental, la recogida de datos y el redactado de las conclusiones como también sugiere dicho organismo. En cambio, la fase de cálculos se automatiza teniendo en cuenta el perfil del alumnado. Así pues, el editor matemático SMath Solver se encarga de transferir los datos desde la hoja de cálculo a la memoria, distribuirlos en tablas y generar los gráficos.

En base a los datos obtenidos durante la fase de diseño del prototipo de la memoria y su posterior implementación en el aula, se puede afirmar que el objetivo principal de esta investigación se ha cumplido. Los resultados de la encuesta al alumnado y las aportaciones del docente respaldan el uso de esta tecnología digital para el diseño de memorias de prácticas de laboratorio.

En este estudio se presenta un prototipo de memoria automatizada para una práctica de laboratorio concreta. Al tratarse de un prototipo hay que seguir haciendo más pruebas para analizar su viabilidad en otro contexto educativo. No obstante, en su diseño se ha tenido en cuenta el uso de elementos de robótica para la recogida de datos durante la fase procedimental de la práctica. Por consiguiente, se ha aplicado en uno de los casos más complicados. Si bien en el caso particular de la conductividad eléctrica del agua, las medidas que ha hecho el alumnado durante la fase procedimental no son muchas, en otro tipo de prácticas con elementos de robótica (caída libre de objetos, cambios bruscos de temperatura, etc.), el volumen de datos puede llegar a ser elevado en breves instantes de tiempo. Por consiguiente, se deberá hacer más pruebas con un volumen mayor de datos.

La automatización también ha permitido realizar los cálculos a partir de los datos reales de la práctica. De igual manera que esto puede beneficiar a diferentes perfiles de alumnados, se puede aprovechar para autocorregir la práctica. Se propone, por tanto, continuar con el estudio para ver si también puede llegar a ser una mejora en la gestión del tiempo para la tarea de corrección del docente.

Debido a que es la primera vez que se utiliza este tipo de memoria y que el alumnado tiene escasa experiencia en prácticas de laboratorio y en la aplicación del método científico, se han incluido ciertos elementos de apoyo. En futuras prácticas de laboratorio, estas ayudas se irán reduciendo gradualmente, de manera que el mismo alumnado formule la hipótesis, deduzca cómo hacer los cálculos necesarios y elabore las conclusiones de forma autónoma, sin ayuda ni orientaciones. Sin embargo, es necesario mantener estas ayudas para el alumnado con necesidades educativas especiales. La disminución progresiva de esta ayuda tiene como objetivo fomentar una mayor autonomía y empoderamiento en el alumnado.



Por último, desde el punto de vista del docente y siguiendo el modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006), cabe destacar que la incorporación de la tecnología digital necesaria para el prototipo de la memoria automatizada hace replantear las estrategias educativas con la finalidad de mantener el equilibrio entre los contenidos, la pedagogía y la misma tecnología.

Agradecimientos

La autora Cristina Valls es profesor/a lector/a dentro del programa Serra Hunter.

Financiación

Esta investigación no recibió financiación externa.

Anexo I

Encuesta al docente que realizó la práctica de la conductividad del agua con el alumnado.

Integración:

1. Los alumnos han tenido problemas para pasar los datos medidos por Arduino a la memoria

Adaptación:

2. Los alumnos han entendido el procedimiento de los cálculos a partir del ejemplo que genera la memoria.

Cálculos:

3. ¿Han tenido que realizar menos cálculos de lo habitual para obtener los resultados finales en comparación con la memoria tradicional que se hacía antes?

Usabilidad:

4. ¿Los alumnos han tenido muchos problemas para entender el funcionamiento del programa SMath Solver?
5. ¿Qué porcentaje de grupos han logrado terminar la práctica y la memoria en esta misma sesión? Escriba su respuesta:
6. En esta parte se pueden escribir comentarios y observaciones que se quieran realizar sobre el desarrollo de la sesión. Escriba su respuesta:

Anexo II

Con esta encuesta se quiso saber el grado de aceptación del nuevo modelo de memoria, por parte del alumnado, y si se cumplieron los objetivos del diseño.

Integración:

1. Me ha resultado fácil pasar los datos medidos por Arduino a la memoria

Adaptación:

2. ¿Te resulta útil que el programa te dé algún ejemplo de cálculo con tus propios valores del experimento?

Cálculos:

3. He tenido que realizar pocos cálculos antes de escribir la conclusión del resultado del experimento

Usabilidad:

4. Considero que me ha resultado fácil completar la memoria con el programa SMath Studio

Tiempo:

5. En general, ¿consideras que con esta tecnología se reduce el tiempo para elaborar la memoria de la práctica?

Cómo citar este artículo / How to cite this paper

Gavaldà-Bernal, J.; Esteve-González, V.; Valls, C. (2026). Gestión del tiempo en las prácticas de laboratorio: diseño de memoria automatizada. *Campus Virtuales*, 15(1), 147-160. <https://doi.org/10.54988/cv.2026.1.1675>

Referencias

- Awan, M. N. (2015). Physical conditions of science laboratories and problems faced by science teachers in conducting practicals in Punjab. *Bulletin of Education and Research*, 37(1), 47-54.
- Bjorn, G. (2018). Love the lab, hate the lab report? *The Science Teacher*, 85(4), 22-26. (<http://www.jstor.org/stable/44843600>).
- Chekour, M., Zaoui, Y., Anouar, M., & Hafid, M. (2022). Blended Learning and Simulation for Teaching Electrical Concepts to High School Pupils. *Journal of Turkish Science Education* 19(4), 1119-1134. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.165>.
- De Benito, B., & Salinas, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 44-59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>.
- Garmendia Mujika, M., & Guisasola Aranzabal, J. (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: El Proyecto Zientzia Live. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 12(2), 294-310. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.05.
- González, M. E. (2003). ¿Existe un método científico? *Sigma: Revista de Matemáticas*, 23, 127-132. (<https://bit.ly/44rfKAm>).
- Hazzard, E. (2014). A new take on student lab reports. *The Science Teacher*, 81(3), 57-61. (<http://www.jstor.org/stable/43683671>).
- Kluge, A. (2019). Learning science with an interactive simulator: negotiating the practice-theory barrier. *International Journal of Science Education*, 41(8), 1071-1095. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1590881>.
- Lo, H. C. (2013). Design of Online Report Writing Based on Constructive and Cooperative Learning for a Course on Traditional General Physics Experiments. *Educational Technology & Society*, 16(1), 380-391.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Nurul, A., & Siew, W. (2018). The Development of an Innovative Resonance Experiment Using Smartphones with Free Mobile Software Applications for Tertiary Education. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 14(1), 164-176. (<http://ijedict.dec.uwi.edu/viewarticle.php?id=2373>).
- OECD. (Ed.). (2023). PISA 2025 Science framework (draft) [Pdf]. (<https://bit.ly/41qosyN>).
- ONU. (2022). Cumbre sobre la transformación de la educación: vías de acción. (<https://www.un.org/es/transforming-education-summit/action-tracks>).
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>.
- Plomp, T. (2010). Educational Design Research: An Introduction. In T. Plomp y N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Design Research* (pp. 9-35). SLO - Netherlands institute for curriculum development.
- Porter, R., Guarienti, K., Brydon, B., Robb, J., Ann Royston, Painter, H., Sutherland, A., Passmore, C., & Smith, M. H. (2010). Writing Better Lab Reports: A teacher research project to improve the quality of students' writing. *The Science Teacher*, 77(1), 43-48. (<http://www.jstor.org/stable/24145056>).
- Romero, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(1), 101-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>.
- Science Buddies. (s.f.). Scientific method: steps of the scientific method. (<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-fair/steps-of-the-scientific-method>)
- Séré, 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 Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 357-368. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3953>.
- Van de Heyde, V. & Siebrits, A. (2020). Digital laboratory report writing, assessment and feedback in the 21st century for an extended curriculum programme for physics. *Research in Science & Technological Education*, 40(1), 21-52. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1775571>.
- Vieyra, R., Vieyra, C., Jeanjacquot, P., Marti, A., & Monteiro, M. (s.f.). Five challenges that use mobile devices to collect and analyze data in physics [Pdf]. (<https://bit.ly/3OVZ6TT>).
- Voit, E. O. (2019). Perspective: Dimensions of the scientific method. *PLOS Computational Biology*, 15(9), e1007279. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007279>.
- Wang, T., Kao, C., & Dai, Y. (2019). Developing a web-based multimedia assessment system for facilitating science laboratory instruction. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35, 529-539. <https://doi.org/10.1111/jcal.12357>.
- Zhang, Q., Brode, L., Cao, T., & Thompson, J. E. (2017). Learning Laboratory Chemistry through Electronic Sensors, a Microprocessor, and Student Enabling Software: A Preliminary Demonstration. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1562-1566. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00172>.

