

Estrategias didácticas y tecnología utilizada en la enseñanza de las ciencias. Una revisión sistemática

Didactic strategies and technology used in teaching science. A systematic review

Ramón Zárate-Moedano
Sandra Luz Canchola-Magdalenó
Jorge Suárez-Medellín

RESUMEN

El presente artículo muestra resultados de una revisión sistemática de literatura en torno a estrategias didácticas y experiencias de experimentación utilizadas en la enseñanza de las ciencias para analizar el aporte sobre la utilización de conceptos científicos modernos, el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología y la integración y solución de problemas y prácticas de laboratorio que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias, además de obtener información sobre las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes. La conformación del corpus de estudio se realizó utilizando operadores booleanos lógicos en las bases de datos Scopus y Dialnet. Los criterios de agrupación-análisis fueron estrategias didácticas y laboratorio escolar o experiencias de experimentación. Los resultados muestran que las estrategias didácticas utilizadas sí abonan al desarrollo de habilidades científicas y conceptos básicos en ciencias. Las actividades de experimentación escolar basadas o no en tecnología como laboratorios virtuales, remotos o electrónicos facilitan la experiencia de indagación científica en la escuela teniendo como área de oportunidad incluir la solución de problemas. En cuanto a características deseables que deberían considerar las herramientas tecnológicas utilizadas en la educación se concluye que falta información al respecto.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, estrategias educativas, laboratorio escolar, tecnología educacional.

ABSTRACT

This article shows the results of a systematic review of the literature on teaching strategies and experimentation experiences used in science teaching to analyze the contribution of the use of modern scientific concepts, and the development of skills in science and technology, showing as well the integration and solution of problems and laboratory practices that facilitate dialogue and the presentation of one's ideas, in addition to obtaining information on the desirable characteristics that technological tools or devices applied to education that favor the development of scientific skills in students should consider. The conformation of the study corpus was carried out using logical Boolean operators in the Scopus and Dialnet databases. The grouping-analysis criteria were teaching strategies and school laboratory or experimentation experiences. The results show that the didactic strategies used do contribute to the development of scientific skills and basic concepts in science. School experimentation activities based or not on technology such as virtual, remote, or electronic laboratories facilitate the experience of scientific inquiry at school, having problem-solving as an area of opportunity. Regarding desirable characteristics that the technological tools used in education should consider, it is concluded that there is not enough information in the previously mentioned subjects.

Keywords: Science education, educational strategies, school laboratories, educational technology.

INTRODUCCIÓN

La pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2 ha causado estragos en los sistemas de educación de los diferentes países y ha puesto de manifiesto lo necesaria que es la enseñanza de las ciencias y la tecnología, desde las edades más tempranas, con la intención de lograr que la mayor cantidad de personas en el mundo entiendan los procesos y beneficios de la investigación y desarrollo de la ciencia y la tecnología. Esto es evidente si tomamos en cuenta informes que indican que algunas personas han considerado tomar orina de vaca, jabón o cloro y hasta cocaína como tratamientos para curar el SARS-CoV-2 (Caulfield, 2020). Situaciones como estas permiten observar algunos problemas relacionados con la comunicación social de la ciencia y la divulgación científica en nuestro paso por la escuela, ocasionando que las personas no puedan distinguir entre información de buena y mala calidad y pensar soluciones a problemas complejos y abstractos (Fadel, 2008).

Algunas de las habilidades que se sugiere desarrollar son habilidades de pensamiento de orden superior, de aprendizaje y de comunicación (Abdurrahman, et al., 2019), y específicamente habilidades de lenguaje y lectura de comprensión, matemáticas, ciencias, humanidades y artes, historia y geografía (Fadel, 2008). Entre todas estas habilidades, las habilidades relacionadas con las ciencias y su enseñanza se señalan como muy importantes, entre otras cosas, debido a la necesidad de disminuir el gran distanciamiento que existe entre los avances científicos y tecnológicos actuales y lo que se enseña y se aprende en las escuelas, que es de poca o nula aplicación en el entorno cercano de los alumnos (Sañudo y Perales, 2014; Vázquez-Alonso et al., 2005). Esto ayudará a mejorar la comprensión pública de la ciencia, debido a que la

Ramón Zárate-Moedano. Profesor de tiempo completo en la Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen” en Xalapa, México. Es maestro en educación virtual y está cursando el doctorado en Innovación en Tecnologías Educativas por la Universidad de Querétaro. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Entre sus publicaciones recientes se encuentra “Laboratory, based on raspberry Pi, to facilitate scientific experimentation for secondary school students”. Correo electrónico: ramon.zarate.moedano@gmail.com. ID: <https://orcid.org/0000-0002-5225-3654>.

Sandra Luz Canchola-Magdalen. Profesora Investigadora de tiempo completo en la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Cuenta con estudios como doctora en Tecnología Avanzada por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro, del IPN, con línea terminal de Procesamiento de Imágenes. Miembro del Cuerpo Académico consolidado Innovación Educativa y Tecnología. Encargada del Laboratorio de Cómputo Paralelo. Imparte clases en licenciatura y posgrado. Sus principales líneas de investigación son el cómputo paralelo y la tecnología aplicada en la educación. Correo electrónico: sandra.canchola@uaq.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0002-7497-281X>.

Jorge Suárez-Medellín. Profesor Investigador de la Universidad Veracruzana, México. Es licenciado en Biología, maestro en Ciencias Alimentarias y doctor en Ciencias en Alimentos. Realizó una estancia de Investigación en el Instituto de Química Bioorgánica “Antonio González” de la Universidad de la Laguna (2010). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Su línea de investigación principal consiste en la bioprospección de metabolitos secundarios con efecto potencial en cáncer y enfermedades neurodegenerativas a través de metodologías *in silico* e *in vitro*. Correo electrónico: josuauez@uv.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0001-6676-5143>.

ciencia es un producto determinado histórica y socioculturalmente (Priest, 2013), de todos los individuos, quienes en un futuro se enfrentarán, como ciudadanos, a la toma de decisiones sociotécnicas (Manassero et al., 2001), lo que requiere estar preparados para satisfacer necesidades científicas, técnicas y tecnológicas para participar en democracia como ciudadanos productivos en el futuro cercano (So et al., 2018).

Para mejorar el desarrollo de estas habilidades científicas, Sañudo (2014) sugiere que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias ponga más atención en el desarrollo de la investigación para la formación ciudadana y la integración de estrategias que favorezcan la divulgación científica, que motiven la utilización de conceptos científicos modernos, que permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología, que consideren la solución de problemas, prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias. Y, en el contexto actual, todo esto mediado por tecnología.

Este trabajo de investigación documental forma parte de una investigación más amplia que indaga sobre las características que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos que se utilizan en la enseñanza de las ciencias en contextos escolares y su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje llamada “Alfabetización científica en alumnos de secundaria: diseño y aplicación de actividades prácticas utilizando laboratorios escolares electrónicos”. Con este propósito, y siguiendo las propuestas de Sañudo sobre qué se debe de considerar en la enseñanza de las ciencias para lograr desarrollar habilidades científicas y tecnológicas básicas en los estudiantes, se busca conocer y describir las estrategias didácticas y las experiencias de experimentación y de laboratorio utilizadas en la enseñanza de las ciencias, encontradas en la literatura científica, con la intención de ofrecer una descripción detallada sobre su aporte a la utilización de conceptos científicos modernos, el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología y la integración y solución de problemas y prácticas de laboratorio que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias; además, obtener información sobre las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

La estructura de esta revisión de literatura se compone de tres apartados. El primero corresponde a la introducción, donde se expone el contexto actual y el motivo por el cual se realiza esta investigación. En el segundo apartado, metodología, se precisa la relevancia del análisis del contenido, así como las variables de análisis que se utilizaron para sistematizar y reflexionar los documentos encontrados facilitando encontrar los puntos de encuentro y desencuentro de la temática dentro del corpus de investigación. Los resultados se encuentran en el tercer apartado, respetando las variables de análisis definidas, donde encontramos estrategias didácticas, seguido de los tipos de experiencias de experimentación utilizados. Para finalizar se presenta la

discusión y conclusiones, donde se analizan los vacíos de conocimientos existentes en relación con la enseñanza de las ciencias, sus estrategias y las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación.

METODOLOGÍA

El presente trabajo es el resultado de una exhaustiva revisión bibliográfica sistemática, con el propósito de allegarse de un cúmulo teórico y metodológico estructurado de forma que sea posible evidenciar las convergencias, divergencias, tendencias, núcleos problemáticos y vacíos en el conocimiento, lo que fortalece la concreción de los objetos de estudio y devela posibles caminos en medio de la cantidad abrumadora de información que provee la literatura en cada tema (Guevara, 2016).

Siguiendo la metodología propuesta por Molina (2005), se realizó esta investigación bibliográfica en tres etapas: contextualización, clasificación y categorización. Para la contextualización, el acercamiento al objeto de estudio se hace desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias en entornos escolares o propuestos desde entornos escolares. En el proceso de clasificación, o estrategia de búsqueda, se tomaron en cuenta artículos de investigación, conferencias y libros indexados en la base de datos Scopus y tesis encontradas en Dialnet, de los últimos cinco años. La búsqueda se realizó por medio de operadores booleanos lógicos, como *AND*, *OR*, *NOT*, buscando coincidencias dentro del título y resumen de los documentos utilizando términos o descriptores que hacían referencia a la enseñanza de las ciencias, como son *activity-based learning/ teaching science*, *inquiry-oriented learning/ teaching science*, *elementary school science laboratory*, utilizando también su traducción al español. La búsqueda dio como resultado 1,012 documentos, de los cuales después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión quedó un total de 54 documentos.

Los criterios de inclusión que se utilizaron en la etapa de clasificación fueron:

1. Investigaciones empíricas difundidas por comunicaciones científicas de la disciplina.
2. Trabajos indizados en la base de datos Scopus de los últimos cinco años (2016-2020) en inglés y español.
3. Investigaciones desarrolladas en entornos escolares en donde los participantes fueran docentes o estudiantes.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Comunicaciones que estuvieran dedicadas a trabajar con participantes que tuvieran alguna discapacidad o condición especial.
2. Investigaciones que estuvieran dirigidas a personas adultas, que no fueran docentes.
3. Investigaciones documentales.

Por último, las variables de interés que se utilizaron para categorizar y analizar los documentos fueron:

- Estrategias didácticas.- En la literatura especializada encontramos varias definiciones sobre qué son las estrategias didácticas. En general, sabemos que el proceso de enseñanza implica al proceso de aprendizaje y los dos se retroalimentan en una construcción conjunta entre docentes, alumnos y contexto (Díaz y Hernández, 2002). En esta relación constructiva, la estrategia didáctica es una acción deliberada que realizan los docentes con una intención pedagógica de tal forma que ayude a lograr un propósito específico (Tobón, 2013). Son flexibles y reflexibles, lo que implica un proceso detonador de la reflexión propia de la actividad docente (Díaz y Hernández, 2002) que, además, incluye métodos, medios y técnicas enfocados en obtener los mejores resultados en los procesos educativos (Montes y Pereida, 2019).
- Laboratorio escolar.- Se considera un espacio bien equipado para llevar a cabo actividades de aprendizaje de investigación científica auténtica (Braun et al., 2018), donde se facilita a los estudiantes conocer problemas, formular hipótesis, diseñar experimentos, verificar información y encontrar soluciones a problemas planteados (Irwanto et al., 2019).

En la realidad de muchas escuelas, la falta de infraestructura obliga a los profesores a enseñar ciencias sin un espacio físico equipado como laboratorio. Sin embargo, esta realidad no disminuye la importancia que tiene enfrentar a los estudiantes a ambientes de aprendizaje que impliquen la indagación y la experimentación, ya que los estudiantes que han tenido estas experiencias en su proceso formativo tienen un desempeño significativamente mejor que los que no lo han tenido (Musili, 2015).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para esta investigación definimos los laboratorios escolares como las actividades o las herramientas utilizadas con la intención deliberada de ofrecer experiencias prácticas y de experimentación enriquecidas para el estudio de las ciencias independientemente del espacio físico en donde se realizan.

RESULTADOS

Estrategias didácticas

En este análisis se reconocen dos grandes grupos de estrategias. El primero estrategias, que llamaremos, basadas en la indagación, como el aprendizaje basado en la indagación y el aprendizaje basado en proyectos y el segundo, estrategias, que llamaremos, basadas en la indagación en contextos complejos, como el aprendizaje basado en actividades límite (BALB por sus siglas en inglés) y la enseñanza y aprendizaje contextual (CTL, *Contextual Teaching and Learning*).

Estrategias basadas en la indagación

Tienen como propósito principal fomentar las habilidades de indagación de los estudiantes mediante la implementación de procesos auténticos de investigación científica, tal y como lo hacen los científicos al estudiar el mundo natural (Greca et al., 2017), favoreciendo entornos de aprendizaje que facilitan la transferencia de conocimientos a nuevas situaciones, desarrollando competencias cognitivas, interpersonales e intrapersonales y el dominio y conocimiento de los contenidos y la comprensión de cómo, por qué y cuándo aplicar ese conocimiento para responder preguntas más complejas y resolver problemas (Abdurrahman et al., 2019), enfatizando el uso del pensamiento crítico y científico (Irwanto et al., 2019), con lo que se logra proponer explicaciones basadas en evidencia a través del debate entre compañeros utilizando argumentos coherentes (Greca et al., 2017).

Una derivación del aprendizaje basado en la indagación es la instrucción de laboratorio basada en la indagación, cuyo escenario son los laboratorios escolares buscando mejorar las habilidades del pensamiento crítico y del proceso científico. En este caso, los participantes indagan, investigan y evalúan críticamente las cosas que los rodean y participan de la construcción de conceptos promoviendo una comprensión de la realidad más cercana a como lo hacen los científicos, desarrollando habilidades de investigación como hacer preguntas, formular hipótesis y organizar experimentos a partir de las hipótesis planteadas (Irwanto et al., 2019).

El aprendizaje basado en proyectos es un tipo particular de aprendizaje basado en la indagación, en el cual, por medio de preguntas auténticas y problemas reales, se provee el contexto de aprendizaje al alumnado que culmina con la entrega de un producto final. El objetivo es que los estudiantes aprendan los contenidos que van necesitando conforme se sumergen en las actividades interactivas requeridas por el proyecto, que incluyen, además de los contenidos, prácticas en laboratorio, investigación (Rivera et al., 2018) y todo lo necesario para situar a los estudiantes y favorecer el desarrollo de comportamientos propios de los científicos, destacando la importancia que tiene el proceso de solución, es decir, se aprende al hacer y al reflexionar sobre lo que se está haciendo (Díaz-Barriga, 2006).

Estrategias basadas en la indagación en contextos complejos

La principal diferencia entre las estrategias basadas en la indagación y las basadas en la indagación en contextos complejos es la amplitud de las situaciones que se trabajan y la diversidad de conocimientos que se requiere poner en movimiento. Mientras que las estrategias basadas en la indagación en contextos complejos implican situaciones grandes, complejas, en donde el trabajo y su solución requieren de conocimientos de diferentes áreas y campos de conocimiento que se tocan o traslapan, las estrategias basadas en la indagación utilizan situaciones más pequeñas, sencillas, que requieren una base de conocimientos menor en la que se involucra solamente un área de conocimiento para ofrecer soluciones, sin que ello implique que los conocimientos construidos son inferiores o

deficientes, simplemente están “un paso atrás” en su interconexión con otras áreas y campos de conocimiento y deberá trabajarse en otro momento para lograrla.

La estrategia más interesante y retadora utilizada para la enseñanza de las ciencias es la estrategia de aprendizaje basada en actividades límite (BALB, por sus siglas en inglés), orientada a conectar la capacidad de los alumnos para conocer con los contextos de aprendizaje a través de “objetos límite” con la intención de movilizar a los estudiantes a través de prácticas sociales y culturales auténticas, tratando de evitar con esto la fragmentación de los conocimientos (Akkerman y Bakker, 2011).

El concepto de “objetos límite” se refiere a la utilización de situaciones que requieren de cooperación entre puntos de vista divergentes y la necesidad de hallazgos para ofrecer soluciones generalizables (Sun y Looi, 2019); los alumnos tienen que pasar de una práctica de un nivel de dominio menor a otra de un nivel de dominio mayor. Esta estrategia se encuentra inscrita dentro del concepto del aprendizaje continuo, sin fronteras, o *seamless* en su traducción al inglés, que se refiere a utilizar objetos de contorno, es decir, que tocan más de un dominio de conocimientos, más de una asignatura o curso, sirviendo de puente para interrelacionar diferentes contenidos y contextos formales e informales de aprendizaje.

Por su parte, la enseñanza y el aprendizaje contextual son estrategias que descansan sobre la idea de enseñar y aprender anclado en los múltiples contextos en que se desarrollan los estudiantes con la intención de prepararlos para aprender en los ambientes complejos que encontrarán a lo largo de su vida (Selvianiresa y Prabawanto, 2017). Es una manera de pensar la enseñanza y el aprendizaje que enfatiza el interés y las experiencias de los estudiantes (Satriani et al., 2012), con el propósito de invitarlos a hacerse cargo de su aprendizaje, relacionando el conocimiento y su aplicación con los diversos contextos en los que participan, facilitando su articulación con los conocimientos y experiencias previas (Selvianiresa y Prabawanto, 2017).

La Tabla 1 muestra un resumen analítico sobre las estrategias utilizadas y las características sugeridas para mejorar la enseñanza de las ciencias.

Tabla 1

Resumen analítico de estrategias didácticas utilizadas en la enseñanza de las ciencias

Aportes en la enseñanza de las ciencias	Estrategias basadas en la indagación	Estrategias basadas en la indagación en textos complejos
Utilización de conceptos científicos moderno	X	X
Permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología	X	X
Consideren la solución de problemas	X	X
Prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Laboratorio escolar

En los documentos analizados para esta investigación se observan con claridad diferentes experiencias de práctica y experimentación. Se distinguen desde los experimentos físicos, en los que los profesores, valiéndose de todos los medios a su alcance, generan actividades en que los estudiantes puedan manipular e interactuar con situaciones prácticas, hasta la utilización de dispositivos mucho más sofisticados que se basan en soluciones tecnológicas como laboratorios virtuales, laboratorios remotos y laboratorios electrónicos, los cuales permiten experiencias de indagación y experimentación más o menos cercanas a lo que pudiera desarrollarse en un laboratorio escolar de ciencias. Para facilitar su análisis se dividen en experimentos científicos –que son todas aquellas actividades de indagación y experimentación que se realizan dentro del salón de clases o bien en laboratorios convencionales en las escuelas– y laboratorios basados en tecnología, que pueden ser laboratorios virtuales, laboratorios remotos y laboratorios electrónicos –que son todas las experiencias realizadas a través de soluciones tecnológicas, principalmente digitales–.

Experimentos científicos

Los profesores utilizan experimentos científicos dentro del salón de clases como la principal herramienta para favorecer la enseñanza de las ciencias, atendiendo problemas o necesidades que se presentan en el camino. Bien puede ser para ayudar en la explicación de algunos fenómenos de la naturaleza (Palacios-Díaz, 2017), proveer alternativas prácticas, divertidas y de tipo *maker* o “manos a la obra” tanto para los maestros como para los alumnos (Boyle et al., 2017; Chamrat, 2019; Irwansyah et al., 2019), logrando que, aún a falta de instalaciones convencionales de laboratorio, los jóvenes se perciban como jóvenes científicos (Boyle et al., 2017) logrando mejorar su comprensión de la ciencia (Schiefer et al., 2017).

La implementación de actividades científicas lúdicas en el aula permite incrementar el interés de los alumnos y motiva a los maestros a aplicar el concepto de *aprendizaje con ciencia divertida* (Irwansyah et al., 2019) favoreciendo que, a través del juego, emerjan, con transparencia, las grandes ideas de hacer ciencia (Peppler et al., 2019). Esto permite generalizar los aprendizajes escolares hasta el entorno familiar, mejorando la actitud hacia la ciencia tanto de alumnos como de los integrantes de la comunidad (Gudiño, 2018; Palacios-Díaz, 2017), favoreciendo el desarrollo de habilidades STEM (So et al., 2018) y las competencias metodológicas relacionadas con la indagación, es decir, mejorando el entendimiento del proceso de indagación científica (Chamrat, 2019; Schellinger et al., 2017).

En este grupo se incluyen todas las actividades de experimentación que utilizan elementos de uso cotidiano, que se pueden encontrar fácilmente en casa o en la escuela. Un ejemplo es la utilización de globos, encendedores o cerillos y velas para

demostrar el comportamiento de los gases o la transferencia de energía calorífica. En general, se basan en experimentos sencillos, que tienen como propósito principal la demostración de fenómenos de la naturaleza con intenciones explicativas, y que no requieren de equipo o aditamentos especializados. Para que estas experiencias sean exitosas, se requiere que el personal que las dirige posea ciertas habilidades, tanto técnicas como científicas, y conocimientos científicos, que faciliten no solo la demostración de los fenómenos que se estén trabajando sino la incorporación de los estudiantes de manera activa para dejar de ser simples espectadores.

Laboratorios virtuales, laboratorios remotos y laboratorios electrónicos

Los laboratorios virtuales (LV) y los laboratorios remotos (LR) son herramientas interactivas con las que los estudiantes tienen la posibilidad de observar la evolución de sistemas o experimentos y modificar su funcionamiento variando los parámetros de la situación planteada (Galán, 2017). Los LV están basados completamente en aplicaciones multimedia enriquecidas con desarrollos de *software*, lo que permite tener un simulador de la realidad contenido en una computadora o una página de internet. Son herramientas que utilizan la tecnología de internet para simular experimentos de laboratorio a través de una computadora o un dispositivo móvil. Son una buena alternativa virtualizada de un laboratorio convencional, que en muchas ocasiones resulta costoso o con equipo insuficiente (Diwakar et al., 2016; Nedungadi et al., 2017), que permite simular el mundo real con el propósito de mediar el aprendizaje, proporcionando acceso a experimentos que de otra forma serían imposibles de realizar en un salón de clases (Pramono et al., 2019).

Los LV permiten la demostración de situaciones macro, como trabajar con los planetas y sus características, y micro, como las células y sus componentes, facilitando el conocimiento sobre la operación de sistemas complejos (García et al., 2019), ofreciendo más ventajas que las actividades tradicionales sin elementos visuales (Rizman et al., 2016). Además tienen beneficios intrínsecos tanto para maestros como para alumnos. Los maestros se ven beneficiados con la gran adaptabilidad de los procesos de experimentación realizados a través de los laboratorios virtuales (Diwakar et al., 2016), debido a que estas herramientas ofrecen la posibilidad de crear diferentes situaciones experimentales y compartirlas con los aprendices, haciendo posible el seguimiento al progreso de los experimentos que se estén llevando a cabo (Louhab et al., 2019), y para los alumnos, han demostrado que se favorecen las habilidades relacionadas con los procesos científicos como la inferencia, medición, comunicación y clasificación (Pramono et al., 2019).

Por su parte, los laboratorios remotos proveen a los estudiantes de una experiencia similar a la experiencia de un laboratorio convencional, ya que ofrecen el control, en tiempo real, de un experimento físico con equipamiento, aparatos y aditamentos,

todo interconectado a través de internet, con lo que se pueden realizar actividades de experimentación en vivo (Galán, 2017). Los LR resultan de un enfoque híbrido que proporciona acceso emulado o basado en internet a salas de laboratorios físicos con acceso a experimentos y a datos científicos reales (Diwakar et al., 2016) a través de la pantalla de dispositivos móviles o de computadoras conectadas a internet. La arquitectura física de estos laboratorios requiere de tres niveles: nivel de usuario –en el cual se desarrolla *software* que permita manipular el laboratorio desde un teclado y una computadora personal o un dispositivo móvil–, nivel de *hardware* –un servidor central al que se conecta tanto el laboratorio como el usuario– y nivel de laboratorio –en el cual el equipo de laboratorio e instrumentos están físicamente conectados al servidor central– (Galán, 2017).

El creciente desarrollo y popularización de estos laboratorios se debe a que las prácticas experimentales son necesarias para mejorar el aprendizaje, pero los laboratorios convencionales resultan costosos y requieren de equipo especializado que es poco accesible para la mayoría de las escuelas (Lustig et al., 2018). Esta es la principal razón para utilizar los LR, ya que se pueden desarrollar proyectos económicos, de bajo consumo, autónomos y con requerimientos moderados para su instalación (Cvjetkovic y Stankovic, 2017), logrando que, con la interconexión de laboratorios convencionales con los maestros y estudiantes, se obtengan los mismos resultados que cuando se utiliza tecnología más costosa (Rocha et al., 2016). Una muestra de la capacidad de estos laboratorios es el proyecto RexLab, un laboratorio convencional con equipo sofisticado, conectado a una computadora Raspberry Pi, es utilizado, a distancia, por estudiantes para la experimentación con la propagación del calor (Silva et al., 2016).

Por último, los laboratorios electrónicos (LE) se basan en la integración y uso de dispositivos electrónicos tangibles como pueden ser celulares, equipos de medición analógicos y hasta microcontroladores programables con sensores y actuadores que permiten interactuar con el entorno y fenómenos naturales. Este tipo de laboratorios resultan difíciles de definir, debido a que la palabra “electrónico” en la actualidad se utiliza para referirnos a todo lo que tiene que ver con dispositivos electrónicos, todo lo que está contenido en computadoras y todo lo referente a internet. Así podemos decir “archivo electrónico” refiriéndonos al contenido digital de una memoria USB o un disco duro, también podemos decir “página electrónica” refiriéndonos a un sitio web o bien hablar de un “dispositivo electrónico” refiriéndonos a un aparato tangible que contiene circuitos electrónicos.

A manera de definición, un “laboratorio electrónico” se refiere a un mecanismo o artificio que funciona mediante la electrónica, es decir, un dispositivo tangible que contiene circuitos electrónicos, análogos o digitales, con o sin *software* añadido, dotado de los medios necesarios para realizar actividades de indagación y experimentación

científica y que puede ser manipulado presencialmente por los usuarios. Es así que, como se decía antes, bien puede ser considerado como laboratorio electrónico un celular, que contiene alguna aplicación específica, un termómetro electrónico o un dispositivo más sofisticado como un microcontrolador programable, siendo lo importante que permitan la realización de actividades de experimentación científica.

Este tipo de laboratorios son utilizados, principalmente, para la enseñanza de las ciencias en sustitución de las prácticas en un laboratorio convencional, debido a su gran capacidad de interconectar sensores y actuadores y a que ofrecen la interfaz necesaria para desarrollar prácticas con dispositivos de bajo costo (Wang, 2018), facilitando la experimentación con situaciones y fenómenos relacionados con la naturaleza, conectando la vida real con el trabajo escolar, potenciando así aprendizajes significativos. Un ejemplo de este tipo de laboratorios es la utilización de teléfonos celulares con aplicaciones que permiten medir distancia utilizando su bocina y micrófono como sensores (Rivera et al., 2018) o bien el uso de computadoras de una sola placa como la Raspberry Pi y la Red Pitaya (Limpraptono y Nurcahyo, 2021), que facilitan el trabajo con señales análogas y digitales en sustitución de un osciloscopio.

La Tabla 2 muestra un resumen analítico sobre las experiencias de indagación y experimentación utilizadas y las características sugeridas para mejorar la enseñanza de las ciencias.

Tabla 2

Resumen analítico de tipos de experimentos utilizados en la enseñanza de las ciencias

Aportes en la enseñanza de las ciencias	Experimentos Laboratorios Laboratorios Laboratorios			
	científicos	virtuales	remotos	electrónicos
Utilización de conceptos científicos modernos	X	X	X	X
Permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología	X	-	X	X
Consideren la solución de problemas	-	-	-	-
Prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias	-	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente revisión bibliográfica buscó conocer y describir las estrategias didácticas y las experiencias de experimentación y de laboratorio utilizadas en la enseñanza de las ciencias encontradas en la literatura científica con la intención de ofrecer una descripción detallada sobre su aporte a la utilización de conceptos científicos modernos, el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología y la integración y solución de problemas y prácticas de laboratorio que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias; además, obtener información sobre las características deseables

que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

Es importante reconocer que para desarrollar habilidades de investigación, observación y experimentación y conocimientos y conceptos básicos en ciencias, el método más importante es el trabajo práctico, la experimentación científica, el cual ayuda a entender fenómenos naturales así como a descubrir principios científicos (Braun et al., 2018; Pramono et al., 2019; Rizman et al., 2016), facilitando examinar la naturaleza de las cosas, lo cual es importante para entender no solo lo que hasta el momento se sabe sino cómo se ha logrado obtener ese conocimiento (Dwikoranto et al., 2018).

En este sentido, las estrategias didácticas analizadas son del tipo “manos a la obra” y cumplen a cabalidad con las características sugeridas para mejorar la enseñanza y aprendizaje científico, como se observó en la Tabla 1. Estas estrategias logran que los estudiantes participen activamente en la construcción de sus conocimientos. Favorecen las actividades interactivas basadas en la indagación, lo que permite desarrollar conocimientos y comprensión de ideas científicas, del mismo modo que los científicos estudian el mundo natural, con el potencial de integrar grandes grupos de conocimientos, habilidades y actitudes en escenarios complejos, por lo que se proponen como estrategias atractivas para el desarrollo de las llamadas habilidades del siglo 21, STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Sin embargo, esa misma capacidad de integración de diversos campos y dominios de conocimientos representa un reto para su implementación en las escuelas, ya que depende de la habilidad de trabajo en equipo entre los diferentes actores educativos involucrados, así como de los propios conocimientos que requieren los docentes para proponer actividades que logren la integración de contextos complejos auténticos.

Sobre las experiencias de experimentación, ya sea en un laboratorio convencional o en un salón de clases utilizando cualquiera de las alternativas analizadas, el reto es la necesidad de construir experiencias de aprendizaje que permitan que los alumnos experimenten y vivan la experiencia de hacer ciencia. Como se muestra en la Tabla 2, existe un vacío general en la integración de situaciones problemáticas que den pie, a través de su solución, al aprendizaje de las ciencias tal y como lo hacen los científicos, sabiendo que después de estas experiencias se consiguen ganancias significativas en la capacidad de discutir conceptos científicos por parte de los alumnos (Peppler et al., 2019). Además es importante dejar atrás la idea, centrada en el maestro, de que las actividades experimentales y de indagación son útiles solo para que el profesor pueda demostrar conceptos o situaciones en clase (Koul y Verma, 2018).

En cuanto a las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación, se alerta que no se encontró información al respecto en los trabajos revisados, por lo que resulta importante desarrollar investigaciones cuyo objetivo sea ofrecer principios de diseño y características

específicas de implementación sobre herramientas tecnológicas que permitan mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general y en particular en entornos menos favorecidos como el 72% de las escuelas telesecundarias, en México, que no cuentan con un salón dedicado a la enseñanza de las ciencias como un laboratorio (INEE, 2017) y en donde las alternativas tecnológicas podrían ser una solución asequible.

Otro espacio para la investigación es el relacionado al impacto que tienen los diferentes dispositivos tecnológicos utilizados en las habilidades, actitudes y satisfacción de los usuarios participantes y la evaluación sobre qué tan preparados están los padres de familia y los tutores para cooperar con los docentes y las instituciones de educación para la incorporación de estas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A nivel curricular, la integración de dispositivos tecnológicos emergentes encuentra su límite en la rígida estructura del currículo en sí mismo, como de la infraestructura disponible para su aplicación. Esto abre la puerta a la investigación sobre un currículo que permita desarrollar experiencias de aprendizaje que promuevan la construcción de conocimientos, el desarrollo de habilidades y actitudes con respecto de la ciencia, favoreciendo la integración de dispositivos tecnológicos en función de sus características de construcción y utilización.

Por último, resulta interesante destacar que, a nivel de *hardware*, existe un amplio espacio para la investigación sobre principios de diseño y características propias de los dispositivos tecnológicos utilizados para la educación y su desarrollo, ya que, en general, los profesores y las instituciones educativas hacen uso de dispositivos tecnológicos que han sido desarrollados como parte del propio desarrollo tecnológico para otras áreas y que se han ido adaptando e incorporando a los procesos educativos sin que necesariamente cuenten con las especificaciones más apropiadas para propósitos pedagógicos.

Al finalizar este exhaustivo análisis de literatura, sabemos que el trabajo docente relacionado con la enseñanza de las ciencias debe ser fundamentalmente práctico, que la naturaleza de las intervenciones docentes debe intentar en todo momento favorecer una práctica educativa centrada en el alumno y que puede ser potenciada por la integración de dispositivos tecnológicos, con la intención de desarrollar, de manera integral, habilidades básicas relacionadas con las ciencias y sus procesos que permitan a las personas resolver los problemas que se les presenten y participar, democráticamente, en las decisiones colectivas que se tengan que tomar en el futuro cercano.

REFERENCIAS

Abdurrahman, Ariyani, F., Achmad, A., y Nurulsari, N. (2019). Designing an inquiry-based STEM learning strategy as a powerful alternative solution to enhance

students' 21st-century skills: A preliminary research. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155, 12087. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012087>

- Achuthan, K., y Murali, S. S. (2017). Virtual lab: An adequate multi-modality learning channel for enhancing students' perception in chemistry. *Cybernetics and Mathematics Applications in Intelligent Systems*, 419-433. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57264-2>
- Akkerman, S. F., y Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169. <https://doi.org/10.3102/0034654311404435>
- Arabacioglu, S., y Unver, A. O. (2016). Supporting inquiry based with mobile learning to enhance students' process skills in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 216-231.
- Ariesta, F. W., Suwarno, y Rombot, O. (2019). Enhancing science learning outcomes through Moodle-based e-learning in elementary schools. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(10), 2183-2187.
- Boyle, T. J., Sears, J. M., Hernandez-Sanchez, B. A., Casillas, M. R., y Nguyen, T. H. (2017). Chemistry science investigation: Dognapping Workshop, an outreach program designed to introduce students to science through a hands-on mystery. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1425-1434. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00114>
- Braun, M., Kirkup, L., y Chadwick, S. (2018). The impact of inquiry orientation and other elements of cultural framework on student engagement in first year laboratory programs. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(4), 30-48. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/12508>
- Caulfield, T. (2020). Pseudoscience and COVID-19 – we've had enough already. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01266-z>
- Chamrat, S. (2019). Teachers as makers: The key provision of teacher preparations for STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340, 12085. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012085>
- Chang, R., y Chung, L. (2018). Integrating augmented reality technology into subject teaching: The implementation of an elementary Science curriculum. En Y. N. Yen y J. C. Hung (eds.), *Frontier computing. Theory, technologies and applications FC 2016. Lecture notes in electrical engineering* (vol. 422, pp. 187-195). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3187-8_20
- Cheng, X., Guo, Y., y Li, Y. (2017). Empirical study on Google Earth (GE)-Integrated science lessons: Cases from two Chinese elementary schools. En S. K. S. Cheung, K. Lam-for, W. W. K. Ma, L. Lap-Kei, y H. Yang (eds.), *Blended learning. New challenges and innovative practices* (vol. 10309, pp. 273-283). https://doi.org/10.1007/978-3-319-59360-9_24
- Cvijetkovic, V. M., y Stankovic, U. (2017). Arduino based Physics and Engineering remote laboratory. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 13(01), 87. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v13i01.6375>
- Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. McGraw-Hill Interamericana.
- Díaz, F., y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo* (2a ed.).
- Diwakar, S., Kumar, D., Radhamani, R., Sasidharakurup, H., Nizar, N., Achuthan, K., Nedungadi, P., Raman, R., y Nair, B. (2016). Complementing education via virtual labs: Implementation and deployment of remote laboratories and usage analysis in South Indian villages. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 12(3), 8-15. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i03.5391>
- Dwikoranto, W., Surasmi, A., Suparto, A., Tresnaningsih, S., Sambada, D., Setyowati, T., Faqih, A., y Setiani, R. (2018). Designing laboratory activities in elementary school oriented to scientific approach for teachers SD-Kreatif Bojonegoro. *Journal of Physics: Conference Series*, 997(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/997/1/012041>
- Fadel, C. (2008). 21st century skills: How can you prepare students for the new prepare global economy? *OECD/CERI International Conference, Learning in the 21st Century: Research, Innovation and Policy*. <https://www.oecd.org/site/educeri21st/40756908.pdf>
- Galán, V. (2017). *Towards the open experimentation with interactive laboratories* (Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia). Repositorio Universitario. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd-Pplaza/PLAZA_MERINO_Pedro_Tesis.pdf
- García, C. A., Caiza, G., Naranjo, J. E., Ortiz, A., y García, M. V. (2019). An approach of training virtual environment for teaching electro-pneumatic systems. *IFAC-Papers:OnLine*, 52(9), 278-284. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.221>

- Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. A., y Ojeda, M. D. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 231-256. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_4_ex1068.pdf
- Gudiño Paredes, S. (2018). Innovating science teaching with a transformative learning model. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 107-111. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1422619>
- Guevara, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Revista Folios*, (44), 165-179. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345945922011>
- Hammang, C., Gough, P., Liu, W., Jiang, E., Ross, P., Cook, J., y Poronnik, P. (2018). Life sciences in virtual reality: First-year students learning as creators. *SIGGRAPH Asia 2018 Posters*, 1-2. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3283289.3283328>
- Hapsari, A. S., Hanif, M., Gunarhadi, y Roemintoyo. (2019). Motion graphic animation videos to improve the learning outcomes of elementary school students. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1245-1255. <https://doi.org/10.12973/eu-er.8.4.1245>
- Hendawati, Y., Pratomo, S., Suhaedah, S., Lestari, N. A., Ridwan, T., y Majid, N. W. A. (2019). Contextual teaching and learning of Physics at elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012130>
- INEE [Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación] (2017). *Infraestructura escolar en las primarias y secundarias de México*. INEE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/infarestructuracompletoa.pdf>
- Irwansyah, F. S., Yusuf, Y. M., Sugilar, H., Nasrudin, D., Ramdhani, M. A., y Salamah, U. (2019). Implementation of fun science learning to increase elementary school students' skill in science and technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318, 012063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012063>
- Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., y Prodjosantoso, A. K. (2019). Using inquiry-based laboratory instruction to improve critical thinking and scientific process skills among preservice elementary teachers. *Eurasian Journal of Educational Research*, 80, 151-170. <https://doi.org/10.14689/ejer.2019.80.8>
- Jampel, I. N., Fahrurrozi, Artawan, G., Widiana, I. W., Parmiti, D. P., y Hellman, J. (2018). Studying natural science in elementary school using nos-oriented cooperative learning model with the NHT type. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(2), 138-146. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i2.9863>
- Julià, C., y Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303-327. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9441-8>
- Kasinathan, V., Mustapha, A., Hasibuan, M. A., y Abidin, A. Z. Z. (2018). First discovery: Augmented reality for learning Solar systems. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(6), 149-154. <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.06.021>
- Kirikaya, E. B., y Basaran, B. (2019). Investigation of the effect of the integration of Arduino to electrical experiments on students' attitudes towards technology and ICT by the mixed method. *European Journal of Educational Research*, 8(1), 31-48. <https://doi.org/10.12973/eu-er.8.1.31>
- Koul, A., y Verma, R. (2018). Science kits as resource: Issues and challenges. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(2), 6. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1227849>
- Laherto, A., y Laherto, J. (2018). Video-mediated Physics instruction from preservice teachers to elementary students: Experiences and reflections. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(2), 103-114. <https://doi.org/10.1080/21532974.2017.1416712>
- Limpraptono, F. Y., y Nurcahyo, E. (2021). The development of electronics telecommunication remote laboratory architecture based on mobile devices. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 17(3), 26-36. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i03.20179>
- Lin, Y. W., y Wang, T. I. (2017). The design of a STEM-oriented project-based course for the higher grades of elementary schools. En *Emerging technologies for education. SETE 2017. Lecture notes in computer science* (vol. 10676, pp. 137-143). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71084-6_15

- Louhab, F. E., Khiat, A., Bahnasse, A., Bensalah, F., Khiat, Y., y Talea, M. (2019). Towards an e-lab solution for network assisted learning. *Procedia Computer Science*, 155, 386-393. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.054>
- Lu, S. J., Liu, Y. C., Chen, P. J., y Hsieh, M. R. (2018). Evaluation of AR embedded physical puzzle game on students' learning achievement and motivation on elementary natural science. *Interactive Learning Environments*, 4820. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1541908>
- Lustig, F., Brom, P., Kuriscak, P., y Dvorak, J. (2018). "Hands-on-remote" laboratories. En M. E. Auer y R. Langmann (eds.), *Smart industry & smart education. REV 2018. Lecture notes in networks and systems* (vol. 47, pp. 118-127). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7_13
- Maharaj-Sharma, R., Sharma, A. S. A., y Sharma, A. (2017). Using ICT-based instructional technologies to teach science: Perspectives from teachers in Trinidad and Tobago. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(10), 23-35. <https://doi.org/10.14221/ajte.2017v42n10.2>
- Manassero, M. A., Vázquez, Á., y Acevedo, J. A. (2001). *La evaluación de las actitudes CTS*. <http://formacionib.org/noticias/?La-evaluacion-de-las-actitudes-CTS>
- Matarrita, C. A., y Beatriz Concari, S. (2016). Remote laboratories used in physics teaching: A state of the art. *Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2016 (June 2018)*, 385-390. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.7444509>
- Molina, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, (5), 73. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Montes, D., y Pereida, M. A. (2019). *Estrategias didácticas digitales*. United Academic Journals.
- Musili, O. (2015). Effects of laboratory learning environment on students' learning outcomes in secondary school chemistry. *International Journal of Arts and Sciences*, 8(2), 507-525. <http://www.universitypublications.net/ijas/0802/html/T4N145.xml>
- Nasrudin, D., Irwansyah, F. S., Sugilar, H., Ramdhani, M. A., y Aulawi, H. (2019). Packaging science and local wisdom in digital devices for primary school students: Challenges and obstacles. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012033>
- Nedungadi, P., Prabhakaran, M., y Raman, R. (2017). Benefits of activity based learning pedagogy with online labs (OLabs). *2017 5th IEEE International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*, 52-56. <https://doi.org/10.1109/MITE.2017.00015>
- Palacios-Díaz, R. (2017). *Aprendizaje de propiedades elementales de la materia: volumen, masa y densidad, en estudiantes de ESO* (Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla). <https://idus.us.es/handle/11441/70860>
- Peppler, K., Wohlwend, K., Thompson, N., Tan, V., y Thomas, A. M. (2019). Squishing circuits: Circuitry learning with electronics and playdough in early childhood. *Journal of Science Education and Technology*, 28(2), 118-132. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9752-2>
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., y Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory. *Proceedings of 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching, TAE 2016 (June 2016)*. <https://doi.org/10.1109/TAE.2016.7528376>
- Polishuk, A., y Verner, I. (2018). An elementary Science class with a robot teacher. En W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, y D. Obdržálek (eds.), *Robotics in Education. RiE 2017. Advances in intelligent systems and computing* (vol. 630, pp. 263-273). https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_24
- Pramono, S. E., Prajanti, S. D. W., y Wibawanto, W. (2019). Virtual laboratory for elementary students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387, 012113. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012113>
- Priest, S. (2013). Critical science literacy: What citizens and journalists need to know to make sense of science. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 33(5-6), 138-145. <https://doi.org/10.1177/0270467614529707>
- Qistina, M., Hermita, N., Alpusari, M., Noviana, E., Antosa, Z., Witri, G., Munjiatun, M, e Indarni, A. (2019). Improving science learning outcomes of elementary students by using interactive multimedia on human order materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351, 012075. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012075>

- Rivera, S., Banavar, M. K., y Barry, D. (2018). Mobile apps for incorporating science and engineering practices in K-12 STEM labs. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-5. IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659105>
- Rizman Herga, N., Èagran, B., y Dinevski, D. (2016). Virtual laboratory in the role of dynamic visualisation for better understanding of chemistry in primary school. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(3), 593-608. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a>
- Rocha, M., Cardoso, J. P., Rochadel, W., Bento, J., y Scharodosim, J. (2016). Remote experimentation in basic education using an architecture with Raspberry Pi. *exp.at 2015 - 3rd Experiment International Conference: Online Experimentation*, 75-78. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2015.7463218>
- Román, F., Delgado, R., Ubilluz, C., y Bedón, C. (2019). ICT integration in the teaching/learning process of natural sciences for seventh grade elementary students'. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 918, 814-822. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_76
- Saeng-Xuto, V. (2019). Local wisdom related to STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1), 12091. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012091>
- Santos, R. C. M., y Mackedanz, L. F. (2019). Physics teaching for children: A bibliographic review. *Acta Scientiae*, 21(3), 213-230. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v21iss3id4628>
- Sañudo Guerra, M. I., y Perales Ponce, R. (2014). Aprender ciencia para el bien común. *Perfiles Educativos*, 36(143), 29-38. <http://www.iiisue.unam.mx/perfiles/articulo/2014-143-retos-de-la-reforma-de-la-educacion-basica.pdf>
- Satriani, I., Emilia, E., y Gunawan, H. (2012). Contextual teaching and learning approach to teaching writing. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.17509/ijal.v2i1.70>
- Schellinger, J., Mendenhall, A., Alemanne, N. D., Southerland, S. A., Sampson, V., Douglas, I., Kazmer, M. M., Marty, P. F. (2017). "Doing science" in elementary school: Using digital technology to foster the development of elementary students' understandings of scientific inquiry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4635-4649. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00955a>
- Schiefer, J., Golle, J., Tibus, M., Trautwein, U., y Oschatz, K. (2017). Elementary school children's understanding of science: The implementation of an extracurricular science intervention. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 447-463. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.011>
- Selvianiresa, D., y Prabawanto, S. (2017). Contextual teaching and learning approach of Mathematics in primary schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012171. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012171>
- Silva, J. B. da, Simão, J. P. S., Cristiano, M. A. da S., Nicolete, P. C., Heck, C., y Coelho, K. D. S. (2016). A DC electric panel remote lab. *International Journal of Online Engineering (ijOE)*, 12(04), 30. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i04.5096>
- So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F., y Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM activities in primary students' science projects in an informal learning environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1003-1023. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9828-0>
- Sun, D., y Looi, C.-K. (2019). Crossing border: Mobile technologies integrating into STEM activity in and out of classroom. *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education*, 2, 203-207. <https://repository.eduhk.hk/en/publications/crossing-border-mobile-technologies-integrating-into-stem-activit>
- Syarah, E. S., Yetti, E., Fridani, L., Yufiarti, Hapidin, y Pupala, B. (2019). Electronic comics in elementary school science learning for marine conservation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 500-511. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.19377>
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (4a. ed.). ECOE.
- Toma, R. B., Greca, I. M., y Meneses-Villagrác, J. Á. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka*, 14(2), 442-457. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11

- Vázquez-Alonso, Á., Acevedo-Díaz, J. A., y Manassero Mas, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-30. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf
- Verner, I. M., Polishuk, A., y Krayner, N. (2016). Science class with RoboThespian: Using a robot teacher to make science fun and engage students. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 74-80. <https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2515018>
- Wang, C. (2018). Applying interactive devices to an elementary nature science course. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(3), 531-542. <https://doi.org/10.1002/cae.21905>
- Yuliati, Y., Saputra, D. S., Rachmadtullah, R., Rasmitadila, y Iasha, V. (2019). The application of guided inquiry model helpful Macromedia Flash in increasing understanding in natural science learning for fifth grader of primary school. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(10), 2574-2576.

Cómo citar este artículo:

Zárate-Moedano, R., Canchola-Magdaleno, S. L., y Suárez-Medellín, J. (2022). Estrategias didácticas y tecnología utilizada en la enseñanza de las ciencias. Una revisión sistemática. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 13, e1396. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1396.



Todos los contenidos de *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.