

Las ayudas en indagaciones científicas escolares mediadas por herramientas tecnológicas. Investigaciones de la última década.

Anna Solé-Llussà

anna.sole@didesp.udl.cat

Universitat de Lleida, España

David Aguilar Camaño

daguilard@didesp.udl.cat

Universitat de Lleida, España

Manel Ibáñez Plana

m.ibanez@macs.udl.cat

Universitat de Lleida, España

Resumen

Se presenta una revisión de las investigaciones dedicadas a lo largo de la última década al estudio de la tecnología como soporte en el aprendizaje de las ciencias por indagación en educación primaria. Analizando 44 trabajos resultantes se sintetiza la información sobre la tipología de apoyos y herramientas tecnológicas, la adecuación de la herramienta a la diversidad de las aulas y la evolución de las ayudas ofrecidas por los maestros en estos contextos. La investigación educativa en este ámbito es claramente insuficiente dada la trascendencia social de las cuestiones abiertas.

Palabras clave

Ciencias; indagación; soporte tecnológico; educación primaria

Technological tools in scaffolding inquiry-based in Primary school science. Last decade research.

Anna Solé-Llussà

anna.sole@didesp.udl.cat

Universitat de Lleida, España

David Aguilar Camaño

daguilar@didesp.udl.cat

Universitat de Lleida, España

Manel Ibáñez Plana

m.ibanez@macs.udl.cat

Universitat de Lleida, España

Abstract

This paper presents a literature review about the investigations focused on the study of technology as a support to inquiry-based science learning in primary education over the last decade. 44 studies are analyzed and it is disclosed information about the type of supports and technological tools, technology adequacy to learners needs and the evolution of teachers' guidance in these contexts. Educational research in this area is clearly insufficient given the social significance of the tackled questions.

Keywords

Science; inquiry; technological scaffolding; primary education

I. Introducción

A lo largo de los últimos años, las políticas educativas a nivel europeo, estatal y autonómico se han orientado hacia una enseñanza más activa y que promueva la colaboración y participación. En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, este modelo ha supuesto la introducción del aprendizaje basado en indagación en el currículum de educación primaria (6-12 años), considerado como una de las metodologías que mejores resultados proporciona (Dobber, Zwart, Tanis, & van Oers, 2017). La efectividad de esta estrategia de aprendizaje se suele atribuir a que los estudiantes participan activamente en procesos científicos de aula que les permiten resolver preguntas investigables sobre el mundo real mediante el registro de evidencias, el análisis y la interpretación de las mismas. De esta manera, el aprendizaje por indagación no solo permite activar el desarrollo de conocimiento sino también el de un conjunto de habilidades que ayudan a impulsar el razonamiento científico (Kim & Hannafin, 2011). En el aula, diversos autores indican que dicha metodología puede implementarse siguiendo diferentes enfoques (Dobber et al., 2017): el aprendizaje científico basado en indagación, el aprendizaje basado en la resolución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos.

Sin embargo, existen diferentes limitaciones cuando se trata de introducir la indagación científica en educación primaria. Por un lado, los docentes no suelen tener formación sobre dicho método y se muestran inseguros para una implementación eficaz; y, por otro, los estudiantes muestran dificultades para desarrollar las diferentes habilidades científicas implicadas en este proceso de aprendizaje. En concreto, dicha metodología requiere a los estudiantes encargarse simultáneamente de un amplio número de elementos de información que, en ocasiones, puede sobrepasar sus niveles cognitivos (Kant, Scheiter, & Oschatz, 2017).

Debido a este conjunto de dificultades, se ha afirmado que la indagación puede ser más efectiva si se proporcionan guías, soportes o ayudas adecuadas en los diferentes procesos implicados. Se han descrito diferentes tipos de ayudas exitosas como, por ejemplo, las instrucciones directas, las pistas experimentales o la estructuración de tareas (Kant et al., 2017). Sin embargo, a lo largo de los últimos años, los recursos educativos han experimentado importantes cambios unidos al auge de Internet, la *World Wide Web* y el desarrollo de diferentes herramientas tecnológicas, ofreciendo nuevas posibilidades que facilitan los procesos de aprendizaje en las aulas (Hill & Hannafin, 2001). En relación con las actividades indagadoras, las herramientas tecnológicas ayudan al estudiante a centrarse en aspectos esenciales del proceso investigador como la observación del fenómeno, la identificación de evidencias, la construcción de soluciones, la colaboración y la justificación, asumiendo tareas que presentan una demanda cognitiva inferior (por ejemplo, escribir, recoger evidencias, etc.) o que están fuera de las capacidades del estudiante (por ejemplo, visualizar teorías científicas complicadas). De esta manera, las herramientas digitales facilitan la búsqueda de información a través de recursos web, la organización y visualización de sus ideas en diferentes tipos de plataformas digitales, la construcción de modelos científicos a partir de la manipulación de variables en laboratorios virtuales, etc. (Kim & Hannafin, 2011). Hill & Hannafin (2001) remarcan la importancia de dichos soportes tecnológicos para focalizar los recursos cognitivos del alumnado en la información más relevante y para facilitarles un esquema general de los procesos científicos que tienen lugar durante una actividad indagadora. En concreto, en dicho trabajo se clasifican los apoyos tecnológicos en cuatro tipos diferentes según el objetivo que pretenden:

- Conceptuales: hacen referencia a la generación de significado científico, es decir, focalizan el conocimiento y comprensión de los conceptos de la materia.
- Procedimentales: se centran en los métodos y procesos indagadores (variables, recogida y organización de datos, etc.).

- Metacognitivas: hacen referencia a la articulación y reflexión sobre el proceso de indagación.
- Sociales: guían los procesos sociales del aprendizaje, impulsando la colaboración entre los estudiantes.

Un aspecto importante que considerar es la adaptación de la tecnología con los diferentes agentes participantes en el aula. Por un lado, el papel del docente es fundamental para flexibilizar el uso de la tecnología. El conocimiento que el docente tiene sobre el dominio específico, la herramienta, la didáctica específica e incluso su propia actitud influyen en las guías, instrucciones o ayudas que puede proporcionar al estudiante (Kyza, Constantinou, & Spanoudis, 2011). Y, por otro lado, el alumnado también tiende a interactuar de maneras muy diversas con el soporte tecnológico pudiendo recibir de éste ayudas diferentes según su nivel de habilidad o competencia. Diferentes autores especifican que las habilidades, capacidades y actitudes del aprendiz influyen en el uso y aprovechamiento del soporte tecnológico y, por tanto, en el rendimiento durante el proceso de indagación (de Jong & Lazonder, 2014).

a. Objetivos del estudio

El perfil de los estudiantes de educación primaria conlleva que las ayudas para el aprendizaje mediante indagación sean imprescindibles. Tradicionalmente estas ayudas han provenido del docente y de los compañeros de aula. Pero en la última década, la tecnología ha permitido apoyos adicionales que a su vez han transformado los primeros. En la bibliografía, existen algunos trabajos de revisión que aportan diferentes visiones sobre las oportunidades que la tecnología ofrece como soporte en la educación científica (Devolder, van Braak, & Tondeur, 2012; Suárez, Specht, Prinsen, Kalz, & Ternier, 2018). Sin embargo, hasta el momento, no existen estudios similares que traten la diversidad de apoyos tecnológicos introducidos exclusivamente en la etapa de primaria y que, además, profundicen en cómo éstos se adaptan e interactúan tanto con el docente como con los diversos perfiles de estudiantes. Este tipo de trabajos son demandados por la comunidad científica y pueden aportar un conocimiento pedagógico útil para promover la indagación científica en entornos ricos en tecnología (Kim & Hannafin, 2011). De esta manera, el propósito del estudio presente es ofrecer una revisión sistemática que analice los trabajos de investigación publicados en la última década, centrados en el aprendizaje mediante indagación en el aula de educación primaria, y que dé respuesta a las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI. 1) ¿Qué tipos de ayudas ofrecen las diferentes herramientas tecnológicas utilizadas en el aprendizaje mediante indagación en educación primaria?

PI. 2) ¿Qué ayudas ofrece la tecnología atendiendo a la diversidad de estudiantes en el aula?

PI. 3) ¿Qué cambios promueven las herramientas tecnológicas en las ayudas ofrecidas por los docentes?

II. Metodología

Para abordar el presente trabajo de revisión se han utilizado las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS) ya que ambas seleccionan las publicaciones indexadas en el Science Citation Index y el Social Citation Index. Se empleó la opción de búsqueda avanzada y se ingresaron las siguientes palabras clave: "science", "inquiry", "help" or "scaffold*", "teach*" or "learn*", "Primary" or "elementary" or "school". A continuación, se refina la búsqueda empleando la palabra "techno*"

y otras relacionadas con tipos específicos de tecnología (“mobile”, “computer”, “video”, “virtual”, “web”, “wiki”, “online”, “app”, “simulation”). La búsqueda se ha limitado a los últimos diez años (2008-2018), que coincide con la mayor integración de nuevas plataformas y herramientas tecnológicas en el aula de ciencias. La última búsqueda se realizó el 25 de junio de 2018.

La Figura 1 muestra los criterios que se han seguido para seleccionar los artículos presentes en esta revisión. Dicha selección fue llevada a cabo por dos revisores independientes; las discrepancias en aquellos trabajos que cumplían parcialmente con los criterios de selección fueron examinadas por un tercer revisor y resueltas por consenso. De esta manera, se parte de un grupo inicial de 542 artículos. En un primer filtrado, se descartan dos tipos de documentos: a) estudios que provienen de conferencias, ya que solo se han considerado los trabajos que han sido revisados por pares ciegamente; b) libros y capítulos de libro, debido a la imposibilidad de tener acceso abierto a este tipo de documentos. A continuación, se aplican los criterios de selección indicados en la Figura 1 y se obtienen 44 estudios relevantes para responder a las preguntas de investigación planteadas.

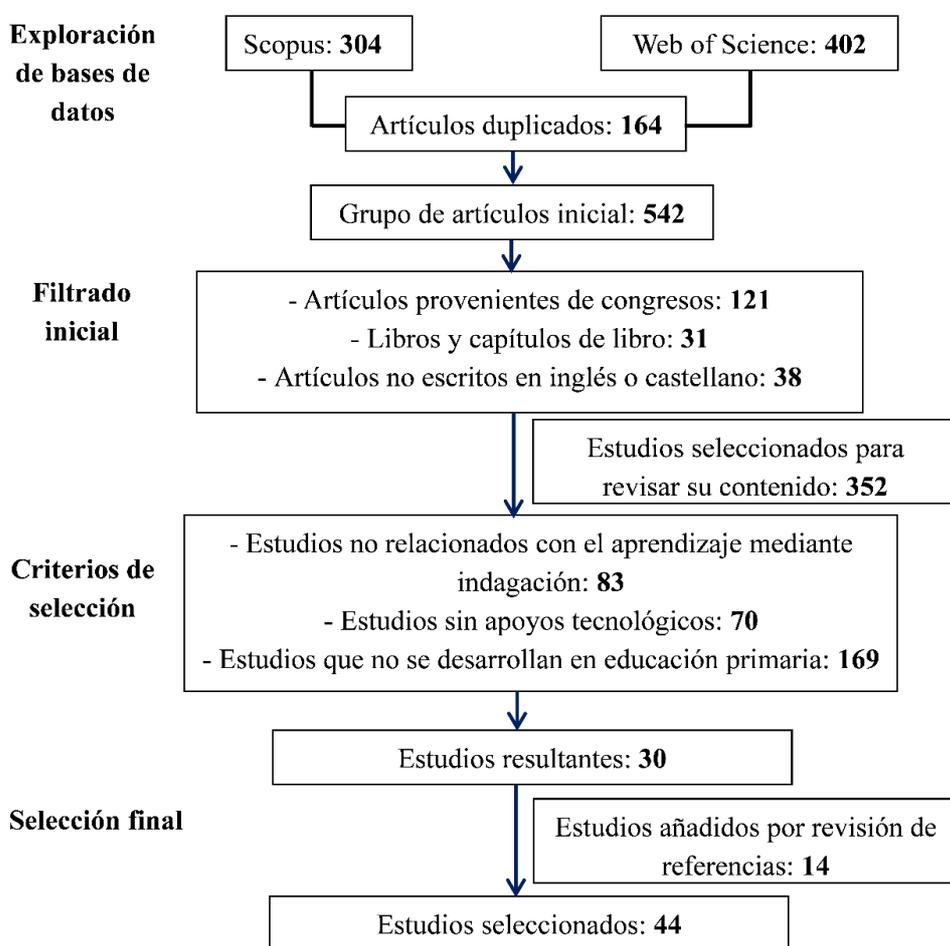


Figura 1. Proceso de selección de los artículos incluidos en la presente revisión

III. Resultados

Se ha realizado un análisis cualitativo de los artículos seleccionados para considerar los soportes tecnológicos en actividades indagadoras en educación primaria. La Tabla 1 resume las principales características de los estudios revisados atendiendo a los objetivos del trabajo presentado. En las secciones posteriores se profundiza en dichas características y se relacionan con las preguntas de investigación propuestas.

Tabla 1. Resumen de las principales características de los artículos seleccionados en los que la tecnología ayuda al desarrollo de indagaciones científicas en educación primaria.

Año	Autores	Edad	Alumnos	Duración	Contenido	Metodología	Apoyo tecnológico			
							Tipo herramienta	Objetivo	Atención al perfil del alumnado	Participación del docente
2008	Ching & Kafai	10-11	63	3 semanas	Biología marina	Proyecto	Entornos web	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción
2008	Jaakkola & Nurmi	10-11	66	2 semanas	Circuitos eléctricos	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción
2008	Sun, Lin & Yu	10-11	132	8 semanas	Reacciones ácido-base	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción y evaluación
2008	Valanides & Angeli	11	18	5 sesiones	Luz, color, vista	Problema	Laboratorio virtual	Conceptual, procedimental	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción
2009	Hickey, Ingram-Goble & Jameson	11-12	54	18 sesiones	Ecología	Proyecto	Plataforma digital (<i>juego 3D</i>)	Conceptual, procedimental, social	-	Instrucción y evaluación
2009	Kuiper, Volman & Terwel	10-11	93	10 semanas	Comida saludable	Proyecto	Entorno web	Conceptual, procedimental, social	Diversidad en niveles cognitivos	Diseño, instrucción y evaluación
2010	Seitamaa-Hakkarainen, Viilo & Hakkarainen	9-11	31	13 meses	Movimiento, luz, características metales	Proyecto	Plataforma digital (<i>KnowledgeForum</i>)	Metacognitivo y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2011	Han & Black	11-12	220	2 semanas	Máquinas simples, fuerzas	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	-	-
2011	Herrenkohl, Tasker & White	11-12	50	3 semanas	Diverso (energía solar, poleas, geología)	Indagación	Plataforma digital (<i>Web of Inquiry</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2011	Kim & Hannafin	11-12	44	6 sesiones	Ecología	Proyecto	Plataforma digital (<i>WISE</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en perfiles indagadores y en motivación	Diseño, instrucción y evaluación
2011	Kyza, Constantinou & Spanoudis	11-12	53	6 sesiones	Ecología	Problema	Plataforma digital (<i>Stochasmos</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción y evaluación
2011	Looi et al.	9	351	21 semanas	Cuerpo humano	Proyecto	Tecnología móvil (<i>smartphone</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción
2011	Van Aalst & Truong	9-10	16	2 meses	Diverso (fuerzas, cuerpo humano, óptica)	Indagación	Plataforma digital (<i>Knowledge Forum</i>)	Metacognitivo y social	-	Evaluación
2012	Enyedy, Danish, Delacruz & Kumar	7	43	15 semanas	Fuerza, velocidad fricción	Proyecto	Realidad aumentada	Conceptual y procedimental	Diversidad en niveles cognitivos y género	Instrucción
2012	Lazonder & Kamp	11	61	1 sesión	Sonido	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	-	-

Apoyo tecnológico

Año	Autores	Edad	Alumnos	Duración	Contenido	Metodología	Tipo herramienta	Objetivo	Atención al perfil del alumnado	Participación del docente
2012	Otrell-Cass, Khoo & Cowie	11-12	60	10 semanas	Ciclo del agua	Proyecto	Vídeo	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2012	Song et al.	9-10	37	3 semanas	Ciclo vital	Proyecto	Tecnología móvil (<i>smartphone</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	Diseño, instrucción y evaluación
2012	Zhang & Quintana	11-12	16	10 sesiones	Lluvia ácida	Indagación	Entorno web	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	-
2013	Marty et al.	9-11	1818	1 curso	Entornos medioambientales	Proyecto	Tecnología móvil	Procedimental	-	-
2013	Wendell & Rogers	8-10	331	2 cursos	Diverso (animales, máquinas simples)	Problema	Robótica	Procedimental	Diversidad en niveles cognitivos y motivación	Instrucción
2014	Kukkonen, Kärkkäinen, Dillon & Keinonen	10-11	21	5 sesiones	Efecto invernadero	Indagación	Entorno web y laboratorio virtual	Conceptual, procedimental y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2014	Lazonder & Egberink	10	67	1 sesión	Sonido	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	-	-
2014	Looi et al.	8-9	1196	3 sesiones	Artefactos (materiales)	Indagación	Tecnología móvil (<i>smartphone</i>)	Conceptual, procedimental	Diversidad niveles cognitivos	Instrucción
2014	Song	11-12	28	5 sesiones	Anatomía del pez	Indagación	Tecnología móvil (<i>tablets</i> y <i>smartphones</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	-	Instrucción
2014	Varma	7-10	64	3 meses	Termodinámica	Indagación	Tecnología móvil (PC portátiles)	Conceptual, procedimental	Diversidad en niveles cognitivos	-
2015	Baek & Schwarz	10-11	24	1 semestre	Evaporación y condensación	Proyecto	Laboratorio virtual y sensores	Conceptual, procedimental	-	Instrucción
2015	Kim, Suh & Song	10-11	30	10 sesiones	Velocidad, fuerzas, energía	Proyecto	Tecnología móvil (<i>smartphones</i>)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	-	Instrucción y evaluación
2015	Visintainer & Linn	11-12	15	7 días	Cambio climático	Proyecto	Plataforma digital (<i>WISE</i>) y laboratorio virtual	Conceptual, procedimental y social	-	-

2016	Daley, Hillaire & Sutherland	11-12	126	16 semanas	Olor	Proyecto	Plataforma digital (IQWST)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	Diversidad en niveles cognitivos	Instrucción
2016	Kazmer et al.	9-11	1555	2 cursos	Entornos medioambientales	Proyecto	Tecnología móvil	Conceptual y procedimental	-	Instrucción
Apoyo tecnológico										
Año	Autores	Edad	Alumnos	Duración	Contenido	Metodología	Tipo herramienta	Objetivo	Atención al perfil del alumnado	Participación del docente
2016	Turcotte & Hamel	10-12	101	1 año	Diverso (Energía, rocas y minerales)	Proyecto	Plataforma digital (Knowledge Forum)	Metacognitivo y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2016	Van Dijk, Eysink & De Jong	11	478	1 sesión	Gravedad, resistencia del aire	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	Diversidad en niveles cognitivos y motivación	-
2017	Falloon	10-11	65	3 semanas	Energía	Indagación	Tecnología móvil (tablets)	Conceptual y procedimental	Diversidad en niveles cognitivos y motivación	Diseño, instrucción y evaluación
2017	Hong, Hwang, Tai & Tsai	11-12	152	6 semanas	Adaptaciones biológicas	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual, procedimental	Diversidad en niveles cognitivos y motivación	-
2017	Lau, Lui & Chu	11-12	37	7 semanas	Energía, máquinas simples	Proyecto	Plataforma digital (Wiki)	Conceptual, procedimental, metacognitivo	-	Evaluación
2017	Lehtinen & Viiri	9-11	28	2 sesiones	Balanzas	Indagación	Laboratorio virtual	Conceptual y procedimental	-	Diseño, instrucción y evaluación
2017	Schellinger et al.	9-11	125	13 sesiones	Entornos medioambientales	Proyecto	Tecnología móvil	Conceptual y procedimental	-	Instrucción
2017	Hsiaou et al.	9-10	123	5 semanas	La luna	Indagación	Tecnología móvil	Conceptual, procedimental y metacognitivo	Diversidad en niveles cognitivos	-
2017	Song & Wen	10-11	28	5 sesiones	Biodiversidad (Flores y semillas)	Indagación	Tecnología móvil (tablets y smartphones)	Conceptual, procedimental y social	-	Instrucción y evaluación
2017	Tansomboon, Gerard, Vitale & Linn	11-12	874	1 semana	Termodinámica	Indagación	Plataforma digital (WISE)	Conceptual, procedimental y social	Diversidad niveles cognitivos y género	Instrucción y evaluación.
2018	Efstathiou et al.	10-11	26	1 sesión	Masa, volumen, densidad,	Indagación	Laboratorio virtual, plataforma digital y vídeo	Conceptual, procedimental	-	-

Las ayudas en indagaciones científicas escolares mediadas por herramientas tecnológicas. Investigaciones de la última década

2018	Lin & Chan	10-12	39	3 sesiones	Electricidad	Indagación	Plataforma digital (<i>Knowledge Forum</i>)	Metacognitivo y social	-	Instrucción
2018	Lin, Chiu, Hsu, Wang & Chen	11-12	55	4 semanas	Oxidación y antioxidantes	Indagación	Plataforma digital (<i>Scientific Inquiry System</i>)	Procedimental, metacognitivo y social	-	-
2018	Sung, Hwang, Wu & Lin	11-12	53	4 semanas	Rocas y minerales	Indagación	Plataforma digital (<i>Juego 3D</i>)	Conceptual, procedimental	Diversidad en niveles cognitivos	Diseño, instrucción y evaluación

IV. Discusión de resultados

a. Características generales de los trabajos revisados

En la presente revisión, 44 estudios se han seleccionado para analizar las ayudas que la tecnología puede proporcionar en el desarrollo de indagaciones científicas en educación primaria (Tabla 1). Los trabajos analizados enfatizan el carácter social del conocimiento y motivan a los estudiantes a investigar y resolver preguntas y problemas auténticos, complejos y relacionados con la vida cotidiana. En todos ellos se combina la experiencia práctica y la generación de nuevas ideas y teorías a través de la investigación de determinados temas científicos. En concreto, la mayoría de dichos estudios (55%) se centran en el ámbito de "materia y energía", seguido de temas relacionados con los "seres vivos, el entorno y su conservación" (41%). Con respecto al enfoque metodológico, principalmente, se observa el aprendizaje basado en indagación (52%) o en proyectos (41%), éste último correlacionado con actividades que demandan tiempos de desarrollo largos. Finalmente, se constata que la mayor parte de los estudios revisados se desarrollan en las últimas etapas de educación primaria (principalmente, a partir de 10 años). Este dato, probablemente, tenga relación con las habilidades cognitivas más avanzadas que el alumnado presenta al final de dicha etapa educativa, propiciando el desarrollo de actividades que combinen simultáneamente la indagación y el uso de tecnología.

A continuación, y siguiendo las preguntas de investigación planteadas, se analizará con más detalle el papel de la tecnología como soporte en los contextos de aprendizaje acabados de describir.

PI. 1) ¿Qué tipos de ayudas ofrecen las diferentes herramientas tecnológicas utilizadas en el aprendizaje mediante indagación en educación primaria?

A lo largo de la revisión, se han identificado múltiples herramientas tecnológicas introducidas con éxito como soporte en indagaciones escolares, ofreciendo diversas posibilidades a sus usuarios (Tabla 1). Para mostrar una visión organizada sobre el uso de dichas herramientas, a continuación, se presenta una clasificación de éstas en seis tipologías diferentes y se concretarán los correspondientes objetivos de los apoyos que ofrecen durante una actividad investigadora (Hill & Hannafin, 2001):

- a) Los entornos web se basan en el potencial que presenta Internet como herramienta para encontrar, recibir, procesar e intercambiar información actualizada de cualquier área de conocimiento a través de un dispositivo electrónico con conexión online como un ordenador, teléfono móvil, etc. (Zhang & Quintana, 2012). Por ejemplo, en el trabajo de Zhang & Quintana (2012) se exploran estrategias de apoyo para guiar indagaciones en línea, ofreciendo ayudas para planificar, buscar información, analizar y sintetizar. En concreto, el alumnado trata de resolver diferentes preguntas investigables utilizando la web, y en particular el motor de búsqueda Google, para obtener conceptos y explicaciones que le resulten útiles para su investigación. Para guiar este proceso de búsqueda, el alumnado responde a diferentes cuestiones que le ayuden tanto a reflexionar sobre la fiabilidad de las fuentes de información encontradas como a entender y resumir el contenido de las mismas. De esta manera, se observa cómo este tipo de entornos web proporcionan un fuerte apoyo conceptual a lo largo de procesos de indagación, permitiendo el acceso a contenido científico que el estudiante puede emplear para contextualizar sus investigaciones o como soporte para construir nuevas ideas científicas derivadas del trabajo realizado. Zhang & Quintana (2012) remarcan que, al ser tantas las posibilidades que Internet ofrece, es importante proporcionar un apoyo adicional al estudiante que conlleve búsquedas más eficientes y útiles para sus indagaciones. Además, el docente puede ampliar el apoyo de estos entornos web, facilitando la estructura del proceso de

indagación, proporcionando pistas de investigación cuando sea necesario y permitiendo la reflexión e intercambio de ideas a través de mensajes o foros online (Kuiper, Volman, & Terwel, 2009)

- b) Diferentes plataformas digitales han dado soporte a actividades y proyectos de indagación:
1. *Knowledge Forum (KF)* aparece como la plataforma más utilizada entre los estudios revisados. Se trata de un entorno colaborativo online que permite la construcción de conocimiento a partir del discurso progresivo entre el alumnado (Seitamaa-Hakkarainen, Viilo, & Hakkarainen, 2010). Entre las posibilidades que ofrece, KF destaca por facilitar la colaboración y el intercambio de ideas de manera visual, favoreciendo la metacognición al registrar la continua evolución de las ideas (Lin & Chan, 2018). Seitamaa-Hakkarainen et al. (2010) enfatiza el uso de KF para orquestar la construcción de conocimiento a lo largo de un proceso indagador, permitiendo el aporte y mejora continua de ideas. Concretamente, en este trabajo el alumnado utiliza dicha plataforma para facilitar la organización visual del proceso de diseño y análisis de diferentes artefactos (un reloj, una lámpara, etc.). A través del KF, el alumnado dispone de un espacio compartido donde pueden contribuir con teorías, imágenes, prototipos así como evaluar conjuntamente las diferentes ideas aportadas. Este tipo de procesos ayuda a transformar la cultura indagadora en el aula y favorece el respeto y la opinión de cada participante.
 2. *Web-Based Inquire Science Environment WISE* (Tansomboon, Gerard, Vitale, & Linn, 2017; Visintainer & Linn, 2015), *Web of Inquiry WOI* (Herrenkohl, Tasker, & White, 2011), *Stochasmos* (Kyza, Constantinou, & Spanoudis, 2011) y *Investigating and Questioning our World Through Science and Technology platform IQWST* (Daley, Hillaire, & Sutherland, 2016) son otras plataformas digitales identificadas. Todas ellas comparten con KF un fuerte componente social y metacognitivo y ofrecen herramientas y espacios diferentes (chats, bloc de notas, etc.) para que los estudiantes puedan comentar y compartir sus ideas con facilidad. Además, este conjunto de plataformas aporta un apoyo procedimental importante. En este sentido, ofrecen diferentes ayudas y consejos que permiten al alumnado disponer de un esquema general de las etapas clave en un proceso de indagación, incluyendo herramientas adicionales para organizar los datos, realizar gráficos o establecer relaciones entre las evidencias encontradas y las explicaciones realizadas. Kyza et al. (2011) destacan como estas plataformas ayudan al alumnado a construir explicaciones de calidad, contrastadas con las evidencias recogidas y, además, promueven la argumentación, reflexión y motivación.
- c) La tecnología móvil ha ganado un impulso especial a lo largo de los últimos años y, actualmente, se disponen de varios dispositivos (teléfonos móviles, tablets, etc.) que permiten enriquecer y expandir el aprendizaje más allá del aula, aportando autonomía y motivación (Song, Wong, & Looi, 2012). Este tipo de dispositivos permite el acceso a contenido científico en cualquier momento y en cualquier lugar, aportando un apoyo conceptual flexible al proceso investigador (Suárez et al., 2018). También se facilita la captura de momentos importantes y la recogida de evidencias en forma de fotografías, vídeos y sonidos. En este sentido, Kim, Suh, & Song (2015) describen como, con las aplicaciones adecuadas, la telefonía móvil puede actuar como sensores específicos para recoger datos útiles (por ejemplo, ángulos, distancias, tiempo). Asimismo, este conjunto de dispositivos móviles facilita la interacción entre compañeros, permitiendo la comunicación instantánea y favoreciendo la cooperación y la colaboración entre iguales a partir de espacios de discusión online (Song & Wen, 2017).

- d) Los laboratorios virtuales han incrementado su incidencia en los últimos años proporcionando un entorno experimental que aporta la misma riqueza que el método práctico tradicional con la ventaja de la reducción de costes y el aumento de la seguridad (Lehtinen & Viiri, 2017). Este tipo de herramientas permiten que el alumnado de educación primaria adquiera un rol activo en la investigación a partir de la manipulación de materiales (objetos e instrumentos) que se incluyen en simuladores o espacios virtuales (Efstathiou et al., 2018). Los simuladores presentados permiten investigar temas científicos muy diversos (circuitos eléctricos, fuerzas, sonido, etc.) pero en todos ellos queda patente la flexibilidad que ofrecen para que el estudiante interactúe con el contenido que investiga (Jaakkola & Nurmi, 2008). Así, el aprendizaje puede alterar y cambiar fácilmente propiedades y variables relacionadas con el tema que investiga y observar con inmediatez la correspondiente repercusión, facilitando la construcción de modelos y explicaciones científicas (Van Dijk, Eysink, & De Jong, 2016).
- e) La robótica ofrece nuevas herramientas a los estudiantes para que puedan afrontar y resolver problemas científicos. Entre los estudios revisados, la incidencia de esta tecnología es muy baja, sin una gran representación en la etapa de educación primaria. Wendell & Rogers (2013) valoran positivamente el uso de esta tecnología en primaria y, por ejemplo, destacan las herramientas LEGO. En dicho trabajo, el alumnado utiliza LEGO para diseñar, crear y evaluar con inmediatez y facilidad diferentes problemas de ingeniería. De esta manera, construyen modelos mecánicos para estudiar, por ejemplo, adaptaciones morfológicas de animales, propiedades de materiales y objetos, ventajas de las máquinas simples, etc. El uso de este tipo de herramientas tecnológicas promueve la motivación del alumnado y facilita la introducción de actividades de ingeniería en educación primaria.
- f) El vídeo tampoco presenta una elevada incidencia entre los estudios revisados. Otrell-Cass, Khoo, & Cowie (2012) especifican cómo el video puede aportar apoyos conceptuales (contextualizan sobre el tema científico), procedimentales (exponen herramientas y habilidades útiles en indagación) y puede promover el diálogo y la argumentación.

PI. 2) ¿Qué ayudas ofrece la tecnología atendiendo a la diversidad de estudiantes en el aula?

Una de las principales ventajas del conjunto de soportes y herramientas tecnológicas acabadas de presentar es su capacidad para adaptarse a los aprendices, no importa el agente que los procure (de Jong & Lazonder, 2014). En este sentido, no son muchos los trabajos que estudian el impacto y aprovechamiento de las herramientas tecnológicas atendiendo a la diversidad de los estudiantes. A continuación, se pretende abordar este hecho y analizar el uso de la tecnología en función de las siguientes diferencias individuales entre el alumnado:

- a) Diversidad en perfiles indagadores. Kim & Hannafin (2011) examinan los diferentes patrones que el alumnado de primaria utiliza para resolver problemas científicos y los diversos tipos de apoyos tecnológicos que emplea para abordar actividades indagadoras. Los autores especifican que, según el nivel de competencia científica, el alumnado aprovecha y utiliza de maneras diversas las ayudas que provienen de la tecnología. De esta manera, el alumnado con un marcado perfil indagador (aquel interesado por el tema de investigación y hábil en la investigación de evidencias y construcción de explicaciones científicas) prefieren el apoyo tecnológico al del docente o compañeros de aula (Van Dijk, Eysink, & De Jong, 2016). Este perfil de estudiante tiende a trabajar autónomamente y a pasar mayor tiempo con la herramienta tecnológica, hecho que le permite alcanzar una mayor competencia científica, tanto a nivel conceptual, procedimental como metacognitivo (Kim & Hannafin, 2011). Por otra

parte, el alumnado que presenta un bajo perfil indagador (con poco interés por la investigación y por las guías proporcionadas y con necesidad de una supervisión continua), distribuye sus apoyos entre el docente, los compañeros y la herramienta tecnológica. En estos casos, el apoyo tecnológico se diluye notablemente y no les aporta un soporte suficiente para mejorar sus habilidades científicas. Sin embargo, se observa que las ayudas sociales provenientes de la herramienta tecnológica (por ejemplo, un espacio chat para comunicarse) tienen un impacto similar en todo el alumnado y no se observan diferencias según el perfil indagador del estudiante (Kim & Hannafin, 2011).

- b) Diversidad en niveles cognitivos. Otros estudios tratan la diversidad en el aula de educación primaria desde una perspectiva menos específica y hablan de diferentes niveles cognitivos, de alumnado con habilidades y capacidades generales diversas (Van Dijk et al., 2016). Estos niveles cognitivos se correlacionan con los conocimientos previos y con la habilidad del estudiante para afrontar problemas y resolver tareas que impliquen cierta complejidad. Entre los estudios revisados, es posible encontrar resultados muy diversos. Por ejemplo, Kyza et al. (2011) y Falloon (2017) especifican que el apoyo tecnológico ha conseguido que los estudiantes de menores habilidades cognitivas obtengan logros similares a los de mayor habilidad. Sin embargo, Sung, Hwang, Wu, & Lin (2018) afirman que, mientras que el alumnado más capaz aprovecha el soporte tecnológico más eficientemente y obtiene mejores resultados de aprendizaje, la tecnología puede suponer un reto adicional para los estudiantes con capacidades medias y bajas. En concreto, algunos autores comentan que el aprendiz ha de sentir que el soporte tecnológico esté en consonancia con sus habilidades cognitivas, de lo contrario es posible que no acabe realizando la actividad indagadora programada (Varma, 2014). En este sentido, algunos de los estudios revisados enfatizan el papel del docente para ofrecer guías, estructuras y una mayor personalización de la herramienta tecnológica, permitiendo que el proceso de aprendizaje sea más eficaz, continuo, integrado, metacognitivo y motivador (Zhang & Quintana, 2012).
- c) Diversidad en motivación y actitud. Algunos de los estudios revisados analizan la relación existente entre el uso de los apoyos tecnológicos, los resultados de aprendizaje y los niveles de autoconfianza, motivación e interés del alumnado hacia las ciencias. Por ejemplo, Kim & Hannafin (2011) muestran como los estudiantes con mayor motivación y autoconfianza también son los más proclives a incorporar los apoyos ofrecidos por la plataforma digital utilizada y, en consecuencia, a mejorar los resultados de aprendizaje. Sin embargo, los aprendices con menor motivación tienden a preferir el acompañamiento del docente y de los compañeros. Van Dijk et al. (2016) indican que también es posible encontrar diferencias motivacionales en función del perfil indagador de los aprendices. Los estudiantes científicamente más competentes no muestran mejores niveles de motivación cuando se les ofrece un apoyo tecnológico pero, en cambio, estas ayudas tienen un efecto positivo en estudiantes con un perfil indagador más bajo, mejorando su motivación hacia la actividad indagadora. Falloon (2017) destaca la importancia de involucrar al equipo docente en el diseño del soporte tecnológico, incorporando ideas en el diseño y accesibilidad que contribuyan a aumentar la motivación e interés del alumnado hacia la herramienta tecnológica y la actividad investigadora.
- d) Diversidad en género. Diversos autores, como Enyedy, Danish, Delacruz, & Kumar (2012) y Tansomboon et al. (2017), hacen referencia al género como elemento de diversidad, aunque sin profundizar. En ambos trabajos, la variable género no se detecta en el apoyo tecnológico incluso cuando la propuesta está relacionada con temas o aspectos científicos que, de forma estereotipada, suelen tener mayor interés por parte de un género (Enyedy et al., 2012). Esta

igualdad de género puede atribuirse a que la propuesta presenta un contexto cercano al alumnado y a la implicación de actividades creativas y artísticas.

PI. 3) ¿Qué cambios promueven las herramientas tecnológicas en las ayudas ofrecidas por los maestros?

Uno de los mayores retos para el docente es gestionar las ayudas a los estudiantes que desarrollan actividades de indagación científica con apoyo tecnológico. De hecho, las ayudas que ofrece la tecnología han de complementar y no sustituir a las del docente y es el estudiante quien ha de beneficiarse de las sinergias y fortalezas de cada uno. Diferentes autores indican que la interacción docente-tecnología es un aspecto clave para el aprendizaje y que es necesario profundizar en este aspecto en educación primaria (Kim & Hannafin, 2011). Por este motivo, y con el objetivo de explicitar el estado del arte sobre dicho tema, se desarrolla la última de las cuestiones planteadas en esta revisión.

En primer lugar, es importante destacar que, sin la adaptabilidad del docente, la eficacia de las ayudas tecnológicas sería muy limitada. Es fundamental que el docente pueda obtener información sobre las necesidades del alumnado y lo puede conseguir mediante el uso de evidencias orales, escritas, gráficos y mensajes no verbales (de Jong & Lazonder, 2014). Esta información es útil para que el docente gestione y flexibilice el soporte tecnológico, asegurando que el acompañamiento del estudiante esté tan adaptado cómo sea posible.

Otro aspecto a destacar es la participación del docente a lo largo de las diferentes fases de las investigaciones analizadas. Por ejemplo, en Song & Wen (2017) los docentes participan en el diseño de las actividades de aprendizaje, en Sung, Hwang, Wu, & Lin (2018) el pre-test y el post-test son desarrollados por los docentes y en Otrell-Cass et al. (2012) el vídeo-análisis de las actividades es realizado conjuntamente por investigadores y docentes. En las propuestas que han incorporado la participación activa del docente, existe consenso sobre la evolución de los mismos a lo largo de los proyectos. Aunque la competencia inicial del docente sobre el dominio específico, la herramienta tecnológica y la didáctica específica puede ser adecuada, el conocimiento sobre los objetivos de apoyo tecnológico y el conocimiento didáctico de la tecnología pueden evolucionar a lo largo de las sesiones. Esta dinámica conduce a los siguientes cambios por parte del docente:

- a) Cambios en la planificación. Falloon (2017) especifica que los docentes presentan la necesidad de revisar críticamente la tecnología empleada, prestando más atención a la planificación, diseño y contenido de los apoyos conceptuales implicados y valorando su idoneidad en función de las capacidades de los estudiantes. En la misma línea, Otrell-Cass et al. (2012) enfatizan que a lo largo del proyecto los docentes implicados convergieron de forma independiente en el modelo de organización entre las diferentes formas distribuidas de ayudas vídeo y otras actividades de aula.
- b) Cambios en la instrucción. En algunos trabajos se constata una evolución de didácticas centradas en la enseñanza del maestro a didácticas centradas en el aprendizaje del alumno (Falloon, 2017). Por ejemplo, algunas evidencias de estos cambios son: Seitamaa-Hakkarainen et al. (2010) hablan de la emergencia de una nueva cultura en el aula; Looi et al. (2011) recoge 'la maestra tenía más tiempo para reflexionar sobre la actividad incluso durante la clase...esto le permitía improvisar sobre la actividad en tiempo real' (p. 279). Además, la tecnología también introduce nuevas opciones de participación del docente: Song & Wen (2017) describen el uso de una app como plataforma social que involucra docentes y estudiantes o Turcotte & Hamel (2016) destacan el uso del vídeo digital para grabar las sesiones de aula, permitiendo al docente involucrarse progresivamente en el desarrollo de las ideas del alumnado.

- c) Cambios en el seguimiento y evaluación formativa. Kim et al. (2015) destacan que son necesarias nuevas estrategias de evaluación para entornos de enseñanza y aprendizaje complejos y dinámicos y, de hecho, en algunos de los trabajos revisados, se observa como la tecnología ha colaborado en este sentido: grabación de vídeos por parte de los estudiantes (Falloon, 2017), uso de herramientas web (van Aalst & Truong, 2011) o app para desarrollar mapas conceptuales (Song & Wen, 2017). Estas herramientas permiten al alumnado compartir su conocimiento y al docente recoger evidencias útiles (notas, fotos, vídeos) que le ayuden a guiar las indagaciones y a evaluar la evolución del alumnado de una forma que no sería posible sin la tecnología.
- d) Cambios en la actitud. Looi et al. (2011) destacan como la tecnología puede hacer cambiar la disposición del docente a trabajar la indagación científica. También la motivación, participación y autonomía del alumnado son importantes para elevar la confianza de los docentes en la tecnología (Looi et al., 2014). Por ejemplo, en Lau, Lui, & Chu (2017), se observa la actitud positiva que el docente adquiere hacia la tecnología debido al entusiasmo del alumnado y a la disminución de las situaciones conflictivas en el aula. De todas maneras, las propias creencias y actitudes de los docentes sobre la relevancia de la tecnología en educación son las que tienen el mayor impacto en su éxito o fracaso.

V. Conclusiones

En la etapa de educación primaria se construyen las bases para los buenos científicos del futuro. Entre las estrategias para conseguirlo, el aprendizaje basado por indagación es considerado como una de las metodologías que mejores resultados proporciona ya que posibilita el desarrollo de habilidades que ayudan a impulsar el razonamiento científico. El perfil del alumnado de primaria implica que las ayudas para abordar el aprendizaje por indagación sean imprescindibles y, en este sentido, la tecnología proporciona múltiples posibilidades. El presente trabajo revisa la diversidad de apoyos tecnológicos introducidos en indagaciones escolares durante el periodo 2008-2018 y trata de profundizar en la relación y adaptación de estos soportes con el docente y la diversidad de alumnos que existe en el aula.

En primer lugar, se constata la introducción de una amplia variedad de herramientas tecnológicas para mediar procesos de indagación en primaria. La selección de la herramienta no depende del tema científico a investigar, sino más bien del objetivo del apoyo que se quiera proporcionar. Así, por ejemplo, se encuentran entornos web que facilitan el acceso a contenido científico, laboratorios virtuales para ayudar en el diseño de investigaciones y recogida de evidencias o plataformas digitales para promocionar la reflexión, argumentación y construcción conjunta de ideas.

También se identifica cómo el soporte tecnológico puede atender a la diversidad de estudiantes en el aula. Entre los pocos trabajos que abordan este tema, se observan estudios que tratan la adaptación de las herramientas tecnológicas al alumnado en función de sus capacidades o habilidades. En este sentido, se encuentran resultados dispersos y, mientras que algunos autores afirman que la tecnología es capaz de adaptarse con éxito a estudiantes con diferentes niveles cognitivos, otros indican que la tecnología puede suponer un reto adicional a estudiantes con menores capacidades. Estos resultados sugieren que se ha de plantear más a fondo la investigación en los apoyos distribuidos ofrecidos por la tecnología en primaria. De forma intuitiva, parece que una posible solución pasa por ofrecer un abanico de apoyos redundantes donde el estudiante seleccione el más adecuado según su estilo y nivel cognitivo.

Con respecto al docente, en la presente revisión se observa que la tecnología no facilita su tarea, sino que la complementa y transforma. El rol del docente en actividades centradas en el estudiante

es más complejo, imprescindible y le supone un reto el tener que adaptar los apoyos al estudiante. Sin duda, la interacción docente-herramienta es clave en el proceso de aprendizaje pero son pocas las investigaciones que prestan atención a las ayudas personalizadas del docente al estudiante. Estos estudios centran su interés en cómo la tecnología permite evolucionar el rol del docente, participando más activamente a lo largo de diferentes etapas del proceso de aprendizaje y formando parte de una nueva cultura en cuanto a las ayudas mediadas por herramientas tecnológicas.

Por tanto, el estudio presente concluye que la investigación educativa sobre cómo se acompaña a los indagadores escolares mediante artefactos tecnológicos es todavía insuficiente dada la trascendencia social de las cuestiones planteadas. Todavía existe falta de estudio sobre la adaptación a la diversidad (especialmente en relación con la motivación, aspecto muy sensible en esta etapa escolar), hecho que sigue siendo un reto para los desarrolladores de herramientas dirigidas a educación primaria.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto Programa de Promoción de la Recerca 2016 -AUDL - Ajuts de la Universitat de Lleida.

Referencias

- Baek, H., & Schwarz, C. V. (2015). The Influence of Curriculum, Instruction, Technology, and Social Interactions on Two Fifth-Grade Students' Epistemologies in Modeling Throughout a Model-Based Curriculum Unit. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 216-233.
- Ching, C. C., & Kafai, Y. B. (2008). Peer Pedagogy: Student Collaboration and Reflection in a Learning-Through-Design Project. *Teachers College Record*, 110(12), 2601-2632.
- Daley, S. G., Hillaire, G., & Sutherland, L. M. (2016). Beyond performance data: Improving student help seeking by collecting and displaying influential data in an online middle-school science curriculum. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 121-134.
- de Jong, T., & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery learning principle in multimedia learning. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition* (pp. 371-390).
- Devolder, A., van Braak, J., & Tondeur, J. (2012). Supporting self-regulated learning in computer-based learning environments: Systematic review of effects of scaffolding in the domain of science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 557-573.
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214.
- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N. A., Zacharia, Z. C., DeJong, T., Anjewierden, A., & van Riesen, S. A. N. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: the case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767-791.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347-378.
- Falloon, G. (2017). Mobile Devices and Apps as Scaffolds to Science Learning in the Primary Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 26(6), 613-628.
- Han, I., & Black, J. B. (2011). Incorporating haptic feedback in simulation for learning physics. *Computers and Education*, 57(4), 2281-2290.
- Herrenkohl, L. R., Tasker, T., & White, B. (2011). Pedagogical practices to support classroom cultures of

- scientific inquiry. *Cognition and Instruction*, 29(1), 1–44.
- Hickey, D. T., Ingram-Goble, A. A., & Jameson, E. M. (2009). Designing assessments and assessing designs in virtual educational environments. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 187–208.
- Hill, J. R., & Hannafin, M. J. (2001). Teaching and learning in digital environments: The resurgence of resource-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 49(3), 37–52.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tai, K. H., & Tsai, C. R. (2017). An Exploration of Students' Science Learning Interest Related to Their Cognitive Anxiety, Cognitive Load, Self-Confidence and Learning Progress Using Inquiry-Based Learning With an iPad. *Research in Science Education*, 47(6), 1193–1212.
- Hsiao, H.-S., Chen, J.-C., Hong, J.-C., Chen, P.-H., Lu, C.-C., & Chen, S. Y. (2017). A Five-Stage Prediction-Observation-Explanation Inquiry-Based Learning Model to Improve Students' Learning Performance in Science Courses. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3393–3416.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities: Original article. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 271–283.
- Kant, J. M., Scheiter, K., & Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 52, 46–58.
- Kazmer, M. M., Alemanne, N. D., Mendenhall, A., Marty, P. F., Southerland, S. A., Sampson, V., ... Schellinger, J. (2016). "A good day to see a bobcat": Elementary students' online journal entries during a structured observation visit to a wildlife center. *First Monday*, 20(3).
- Kim, M. C., & Hannafin, M. J. (2011). Scaffolding 6th graders' problem solving in technology-enhanced science classrooms: A qualitative case study. *Instructional Science*, 39(3), 255–282.
- Kim, P., Suh, E., & Song, D. (2015). Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom. *Educational Technology Research and Development*, 63(4), 575–602.
- Kuiper, E., Volman, M., & Terwel, J. (2009). Developing Web literacy in collaborative inquiry activities. *Computers and Education*, 52(3), 668–680.
- Kukkonen, J. E., Kärkkäinen, S., Dillon, P., & Keinonen, T. (2014). The Effects of Scaffolded Simulation-Based Inquiry Learning on Fifth-Graders' Representations of the Greenhouse Effect. *International Journal of Science Education*, 36(3), 406–424.
- Kyza, E. A., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G. (2011). Sixth Graders' Co-construction of Explanations of a Disturbance in an Ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489–2525.
- Lau, W. W. F., Lui, V., & Chu, S. K. W. (2017). The use of wikis in a science inquiry-based project in a primary school. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 533–553.
- Lazonder, A. W., & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42(2), 291–304.
- Lazonder, A. W., & Kamp, E. (2012). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 22(6), 458–464.
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2017). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: a Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 193–206.
- Lin, F., & Chan, C. K. K. (2018). Promoting elementary students' epistemology of science through computer-supported knowledge-building discourse and epistemic reflection. *International Journal of Science Education*, 40(6), 668–687.
- Lin, C. H., Chiu, C. H., Hsu, C. C., Wang, T. I., & Chen, C. H. (2018). The effects of computerized inquiry-stage-dependent argumentation assistance on elementary students' science process and argument construction skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(3), 279–292.

- Looi, C. K., Sun, D., Wu, L., Seow, P., Chia, G., Wong, L. H., ... Norris, C. (2014). Implementing mobile learning curricula in a grade level: Empirical study of learning effectiveness at scale. *Computers and Education*, 77, 101–115.
- Looi, C. K., Zhang, B., Chen, W., Seow, P., Chia, G., Norris, C., & Soloway, E. (2011). 1:1 mobile inquiry learning experience for primary science students: A study of learning effectiveness. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(3), 269–287.
- Marty, P. F., Alemanne, N. D., Mendenhall, A., Maurya, M., Southerland, S. A., Sampson, V., ... Schellinger, J. (2013). Scientific inquiry, digital literacy, and mobile computing in informal learning environments. *Learning, Media and Technology*, 38(4), 407–428.
- Otrell-Cass, K., Khoo, E., & Cowie, B. (2012). Scaffolding With and Through Videos : An Example of ICT-TPACK. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 12(4), 369–390.
- Seitamaa-Hakkarainen, P., Viilo, M., & Hakkarainen, K. (2010). Learning by collaborative designing: Technology-enhanced knowledge practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(2), 109–136.
- Schellinger, J., Mendenhall, A., Alemanne, N. D., Southerland, S. A., Sampson, V., Douglas, I., ... 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.
- Song, Y. (2014). "Bring Your Own Device (BYOD)" for seamless science inquiry in a primary school. *Computers and Education*, 74, 50–60.
- Song, Y., & Wen, Y. (2017). Integrating Various Apps on BYOD (Bring Your Own Device) into Seamless Inquiry-Based Learning to Enhance Primary Students' Science Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 27(2), 165–176.
- Song, Y., Wong, L.-H., & Looi, C.-K. (2012). Fostering personalized learning in science inquiry supported by mobile technologies. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 679–701.
- Suárez, Á., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers and Education*, 118(November 2017), 38–55.
- Sun, K., Lin, Y., & Yu, C. (2008). A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. *Computers & Education*, 50, 1411–1422.
- Sung, H. Y., Hwang, G. J., Wu, P. H., & Lin, D. Q. (2018). Facilitating deep-strategy behaviors and positive learning performances in science inquiry activities with a 3D experiential gaming approach. *Interactive Learning Environments*, 26(8), 1053–1073.
- Tansomboon, C., Gerard, L. F., Vitale, J. M., & Linn, M. C. (2017). Designing Automated Guidance to Promote Productive Revision of Science Explanations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(4), 729–757.
- Turcotte, S., & Hamel, C. (2016). Using Scaffold Supports to Improve Student Practice and Understanding of an Authentic Inquiry Process in Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(1), 77–91.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309–336.
- Van Aalst, J., & Truong, M. S. (2011). Promoting knowledge creation discourse in an asian primary five classroom: Results from an inquiry into life cycles. *International Journal of Science Education*, 33(4), 487–515.
- Van Dijk, A. M., Eysink, T. H. S., & De Jong, T. (2016). Ability-related differences in performance of an inquiry task: The added value of prompts. *Learning and Individual Differences*, 47, 145–155.
- Varma, K. (2014). Supporting Scientific Experimentation and Reasoning in Young Elementary School Students. *Journal of Science Education and Technology*, 23(3), 381–397.

- Visintainer, T., & Linn, M. (2015). Sixth-Grade Students' Progress in Understanding the Mechanisms of Global Climate Change. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2-3), 287-310.
- Wendell, K., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540.
- Zhang, M., & Quintana, C. (2012). Scaffolding strategies for supporting middle school students' online inquiry processes. *Computers and Education*, 58(1), 181-196.