



Universitat de Lleida

Disseny i avaluació d'una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples en vídeo per promoure la indagació científica a educació primària

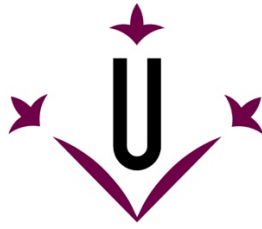
Anna Solé Llusa

<http://hdl.handle.net/10803/668715>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat de Lleida

Tesi Doctoral

Disseny i avaluació d'una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples en vídeo per promoure la indagació científica a educació primària

Anna Solé Llussà

Memòria presentada per optar al grau de Doctora
per la Universitat de Lleida

Programa de Doctorat en Tecnologia Educativa

Director

Dr. David Aguilar Camaño

Tutor

Dr. Manel Ibáñez Plana

2019

Aquest treball s'emmarca dins del Projecte Programa de Promoció de la Recerca 2016 -AUDL - Ajuts de la Universitat de Lleida.

Publicacions indexades derivades de la tesi

Solé-Llussà, A., Aguilar Camaño, D., Ibáñez Plana, M., i Coiduras Rodríguez, J. L. (2018). Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (1).

Solé-Llussà, A., Aguilar, D., i Ibáñez, M. Las ayudas en indagaciones científicas escolares mediadas por herramientas tecnológicas. Investigaciones de la última década. *Digital Education Review* (Acceptat per publicació el 28 de novembre de 2019).

Solé-Llussà, A., Aguilar, D., i Ibáñez, M. Video worked examples to support the development of elementary student' science process skills: A case study in an inquiry activity on electrical circuits. *Research in Science & Technological Education* (Article enviat el 21 de juny de 2019, primera revisió enviada el 7 d'octubre de 2019).

Solé-Llussà, A., Aguilar, D., i Ibáñez, M. (2019). Video worked examples to promote elementary students' science process skills: a fruit decomposition inquiry activity. *Journal of Biological Education*.

Publicacions no indexades derivades de la tesi

Solé-Llussà, A., Aguilar Camaño, D., Ibáñez Plana, M., i Coiduras Rodríguez, J. L. (2017). El simulador i el vídeo com ajudes per investigar els circuits elèctrics a educació primària. *Recursos de Física* 19.

Publicacions derivades de congressos

Solé-Llussà, A., Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J.L. (2017). Análisis de la indagación científica a partir de las comunicaciones realizadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de Educación Infantil y Primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 1103-1108.

Participació a congressos i seminaris

- Solé-Llussà, A.** (2017). Desarrollo e implementación de una metodología basada en el uso del vídeo como herramienta para trabajar la indagación escolar. *IV Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa (SiiTE) «La construcción del discurso teórico-práctico en los procesos de investigación educativa»*, Tarragona.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2017). Análisis de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencia escolar. *Fòrum Internacional d'Educació i Tecnologia (FIET). «Les tecnologies digitals en els nous escenaris d'aprenentatge»*, Bellaterra.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2017). Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencia dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria. *6º Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa (CIMIE). «Investigación e innovación responsable»*, Bilbao.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2017). Análisis de la indagación científica a partir de las comunicaciones realizadas en congresos de ciencia dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2017). Aprendizaje de los circuitos eléctricos en un contexto de indagación científica escolar guiada mediante vídeo: un estudio de caso. *XX Congreso Internacional Educación y Tecnología (EDUTECH)*, Santiago de Chile.
- Olivart, J., **Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2018). La video-modelización como guía en un proceso de indagación científica: un estudio de caso en educación primaria. *7º Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa (CIMIE). «La marcha de las ciencias en educación»*, Zaragoza.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2018). La indagación científica guiada a través del vídeo: un estudio de caso en educación primaria. *Fòrum Internacional d'Educació i Tecnologia (FIET). «Educació, ètica i civisme digital»*, Barcelona.
- Gil, M., **Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J. L. (2018). La competencia científica a través de la indagación mediada por vídeo-modelización en educación primaria. *XXI Congreso Internacional Educación y Tecnología (EDUTECH). «Educación con tecnología: un compromiso social»*, Lleida.
- Solé-Llussà, A.** (2019). Desarrollo e implementación de una metodología basada en el uso del vídeo como herramienta para trabajar la indagación escolar. *IV Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa (SiiTE)*, Eivissa.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., Ibáñez, M., i Mujal, A. (2019). Assessing students' science process skills: using video worked examples to support an inquiry process on fruit decomposition. *8º Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa (CIMIE)*, Lleida.
- Solé-Llussà, A.,** Aguilar, D., i Ibáñez, M. (2019). Los ejemplos de trabajo en vídeo como soporte para el desarrollo de las habilidades científicas en educación primaria. *XXII Congreso Internacional Educación y Tecnología (EDUTECH) «Tecnología e innovación para la diversidad y calidad de los aprendizajes»*, Lima.

Índexs

Índex de continguts

Resum Resumen Abstract	15
Introducció.....	23
Marc teòric.....	27
1. <i>Ensenyament i aprenentatge de les ciències a educació primària.....</i>	<i>29</i>
1.1. Ensenyament i aprenentatge de les ciències en el marc internacional	29
1.2. Ensenyament i aprenentatge de les ciències a educació primària a Catalunya. ..	30
1.3. La indagació com a metodologia en l'aprenentatge de les ciències.....	34
2. <i>Suports en l'aprenentatge de les ciències per indagació.....</i>	<i>61</i>
2.1. Diversitat a l'aula respecte a la metodologia d'indagació	61
2.2. Suports en la implementació de la metodologia d'indagació.....	64
2.3. Les eines tecnològiques com a suport en indagacions científiques a educació primària.....	67
2.4. Els exemples de treball en vídeo com a suports a l'aula d'educació primària	89
Objectius	93
Bibliografia.....	97
Metodologia.....	107
Bibliografia	119
Resultats i discussió	121
3.1. <i>Estudi 1.....</i>	<i>123</i>
3.2. <i>Estudi 2.....</i>	<i>149</i>
3.3. <i>Estudi 3.....</i>	<i>165</i>
Discussió global dels resultats.....	177
Bibliografia	185
Conclusions finals.....	189
Annex 1. Eina de validació qüestionaris.....	193
Agraïments	197

Índex de figures que no formen part de les publicacions

FIGURA 1. ESQUEMA DE LES HABILITATS CIENTÍFIQUES IMPLICADES EN EL PROCÉS D'INDAGACIÓ.	36
FIGURA 2. PROCÉS SEGUIT EN LA IMPLEMENTACIÓ DE L'ESTRATÈGIA DIDÀCTICA A L'AULA D'EDUCACIÓ PRIMÀRIA... ..	111

Índex de taules que no formen part de les publicacions

TAULA 1. TAULA- RESUM DE LES DIMENSIONS I COMPETÈNCIES EN L'ÀMBIT DE CONEIXEMENT DEL MEDI DEL CURRÍCULUM D'EDUCACIÓ PRIMÀRIA DE CATALUNYA.	32
TAULA 2. DEFINICIONS DE LES HABILITATS CIENTÍFIQUES SEGONS ELS DIVERSOS REFERENTS TEÒRICS.....	35
TAULA 3. CARACTERÍSTIQUES PRINCIPALS EN CADA NIVELL D'INDAGACIÓ. TRADUCCIÓ DE NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000).....	63
TAULA 4. ESQUEMA- RESUM DEL DISSENY PREVI DELS EXEMPLES EN VÍDEO.	112
TAULA 5. TAULA- RESUM DEL CONTINGUT DELS EXEMPLES EN VÍDEO DISSENYATS.	114
TAULA 6. COMPARACIÓ DEL DESENVOLUPAMENT DE LES HABILITATS CIENTÍFIQUES DELS ESTUDIANTS EN L'ESTUDI 1 I 2.....	181
TAULA 7. COMPARACIÓ DEL DESENVOLUPAMENT DE LES HABILITATS CIENTÍFIQUES EN ELS QÜESTIONARIS ABANS I DESPRÉS DE CADA INDAGACIÓ REALITZADA A L'AULA EN ELS DOS GRUPS D'ESTUDI: EXPERIMENTAL I CONTROL.	183

Resum

Resumen

Abstract

Resum

Les polítiques educatives nacionals i internacionals s'han orientat recentment cap un ensenyament més actiu i participatiu en tots els nivells i contextos educatius. En l'àmbit de la didàctica de les ciències, aquest canvi ha suposat introduir la indagació científica escolar com una de les metodologies que ha aportat millors resultats en el desenvolupament de les habilitats científiques de l'alumnat. Aquesta metodologia permet que l'alumnat desenvolupi el seu coneixement científic a partir de formular preguntes, realitzar investigacions i interpretar els resultats derivats de les seves recerques. Tanmateix, tot i que la seva implementació ha aportat nombrosos beneficis, alguns estudis apunten que la indagació no guiada generalment és poc eficient per promoure les habilitats científiques dels estudiants. Per vèncer aquestes dificultats, diversos estudis manifesten la necessitat de suports per guiar els processos indagadors a l'escola.

En el present treball es dissenya, s'implementa i s'avalua la introducció d'una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples de treball en vídeo com a suport del procés d'indagació a les aules d'educació primària. L'objectiu principal d'aquest suport es mostrar pas a pas la resolució d'un problema científic i ajudar als estudiants a adquirir un esquema del procés d'indagació contribuint a una sistematització de l'activitat científica. La implementació d'aquesta estratègia a l'aula d'educació primària s'ha abordat a partir de dos estudis de cas i, posteriorment, un estudi quasi-experimental. A través d'un mètode quantitatiu s'estudia si la intervenció didàctica dissenyada promou el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants d'educació primària. Per tal d'avaluar aquest nivell de desenvolupament abans i després de la implementació a l'aula es dissenyen qüestionaris de preguntes obertes.

Els resultats confirmen que la estratègia didàctica dissenyada basada en l'ús dels exemples de treball en vídeo per donar suport a les activitats indagadores contribueix a estructurar i sistematitzar el procés indagador dels estudiants. Aquestes evidències indiquen que oferir suports i instruccions durant el procés d'indagació permet posar en pràctica les diferents habilitats científiques i millorar la comprensió i aplicació de les mateixes permetent el desenvolupament d'activitats indagadores més avançades. A partir dels resultats obtinguts en els qüestionaris, els exemples de treball en vídeo promouen la transferència a altres contextos científics de les habilitats o processos científics. Els resultats de l'estudi quasi-experimental senyalen que el fet d'introduir activitats indagadores a l'aula sense el suport dels vídeos també contribueix a la progressió de les habilitats científiques dels estudiants, posant de manifest la importància de la metodologia d'indagació per reforçar la construcció de models científics.

Aquesta tesi aporta una primera aproximació en la importància d'utilitzar els exemples en vídeo per conduir activitats indagadores a l'aula d'educació primària, que es podrien adaptar altres nivells educatius. Aquest suport pot ajudar a docents, investigadors i altres professionals de l'àmbit educatiu a dissenyar, implementar i avaluar activitats indagadores a l'aula.

Paraules clau: Indagació científica, exemples de treball en vídeo, educació primària, habilitats científiques.

Resumen

Las políticas educativas nacionales e internacionales se han orientado recientemente hacia una enseñanza más activa y participativa en todos los niveles y contextos educativos. En el ámbito de la didáctica de las ciencias, este cambio supone introducir la indagación científica escolar como una de las metodologías que han aportado mejores resultados en el desarrollo de las habilidades científicas del alumnado. Esta metodología permite que el alumno desarrolle su conocimiento científico a partir de formular preguntas, realizar investigaciones e interpretar los resultados derivados de las mismas. No obstante, aunque su implementación ha aportado numerosos beneficios, algunos estudios apuntan que la indagación no guiada generalmente es poco eficiente para promover las habilidades científicas de los estudiantes. Para vencer estas dificultades, diversos estudios manifiestan la necesidad de soportes para guiar los procesos indagadores en la escuela.

En el presente trabajo se diseña, se implementa y se evalúa la introducción de una estrategia didáctica basada en el uso de los ejemplos de trabajo en vídeo como soporte del proceso de indagación en las aulas de educación primaria. El objetivo principal de este soporte es mostrar paso a paso la resolución de un problema científico y ayudar a los estudiantes a adquirir un esquema del proceso de indagación contribuyendo a una sistematización de la actividad científica. La implementación de esta estrategia en el aula de educación primaria se ha abordado a partir de dos estudios de caso y, posteriormente, un estudio cuasi-experimental. A través de un método cuantitativo se estudia si la intervención didáctica diseñada promueve el desarrollo de las habilidades científicas de los estudiantes de educación primaria. Para evaluar este nivel de desarrollo antes y después de la implementación en el aula se diseñan cuestionarios de preguntas abiertas.

Los resultados confirman que la estrategia didáctica diseñada basada en el uso de los ejemplos de trabajo en vídeo para guiar las actividades indagadoras contribuye a estructurar y sistematizar el proceso indagador de los estudiantes. Estas evidencias indican que ofrecer soportes e instrucciones durante el proceso de indagación permite poner en práctica las diferentes habilidades científicas y mejorar la comprensión y aplicación de las mismas permitiendo el desarrollo de actividades indagadoras más avanzadas. A partir de los resultados obtenidos en los cuestionarios, los ejemplos en vídeo promueven la transferencia a otros contextos científicos de las habilidades científicas. Los resultados del estudio cuasi-experimental señalan que el hecho de introducir actividades indagadoras en el aula sin el soporte de los vídeos también contribuye a la progresión de las habilidades científicas de los estudiantes, poniendo de manifiesto la importancia de la metodología de indagación para reforzar la construcción de modelos científicos.

Esta tesis aporta una primera aproximación en la importancia de utilizar los ejemplos en vídeo para conducir actividades indagadoras en el aula de educación primaria, que se podrían adaptar a otros niveles educativos. Este soporte puede ayudar a docentes, investigadores y otros profesionales del ámbito educativo a diseñar, implementar y evaluar actividades indagadoras en el aula.

Palabras clave: Indagación científica, ejemplos de trabajo en vídeo, educación primaria, habilidades científicas.

Abstract

In recent years, national and international policies have focused on more active education at all educational levels and contexts. In science educations, this change has involved the introduction of scientific inquiry as one of the methodologies that has contributed to better results in students' science process skills development. This methodology allows students to develop their scientific knowledge by asking questions, conducting research and interpreting the results derived from their investigation. Although its implementation has reported many benefits, some studies suggest that perform inquiries without guides could be inefficient to promote the students' scientific skills. To overcome these difficulties, several studies highlight the need for supports to guide inquiry processes in primary education.

In the present work the introduction of a didactic strategy based on the use of video worked examples as a support for the inquiry processes is designed, implemented and evaluated in primary schools. The main objective of this support is to illustrate step by step the resolution of a scientific problem to help students to acquire a scheme and systematization of the inquiry process. The implementation of this strategy in primary classrooms has been approached from two case studies, following by a quasi-experimental study. We study the effect of the didactic intervention in the students' science process skills development through a quantitative method. In order to evaluate this level of development before and after the classroom implementation, an open-ended questionnaire is designed.

The results confirm that the didactic strategy based on the use of video worked examples contribute to structuring and systematizing the students' inquiry process. These evidences indicate that offering supports and instructions during the inquiry process allows putting into practice the scientific abilities. Therefore, students improve the understanding and application of these abilities to develop more advanced inquiry activities. Based on the results obtained in the questionnaires, video worked examples promote the transfer of the scientific skills to another scientific context. The results from the quasi-experimental study indicate that introducing inquiry activities in the classroom without the support of videos also contributes to the progression of students' scientific skills. This demonstrates the importance of the inquiry methodology to reinforce the construction of the scientific models.

This thesis provides a first approach to the importance of using video worked examples to conduct inquiry activities in primary education, which could be adapted to other educational levels. This support can help teachers, researchers and other education professionals to design, to implement and to evaluate inquiry activities in the classroom.

Keywords: Scientific inquiry, video worked examples, primary education, scientific skills.

Introducció

El projecte d'investigació que es presenta en aquesta tesi doctoral parteix de la necessitat de trobar ajudes o suports que permetin desenvolupar activitats indagadores de forma satisfactòria a les aules d'educació primària. El context de partida d'aquesta investigació es basa en la importància que ha adoptat la metodologia d'indagació científica en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències experimentals en els últims anys. Estudis tant a nivell nacional com internacional mostren com l'aprenentatge a partir d'aquesta metodologia promou el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. Tanmateix, tot i la significació teòrica d'aquesta metodologia, és poca la incidència pràctica a les aules d'educació primària. Així doncs, per tal d'aportar recursos que contribueixin a millorar aquesta pràctica investigadora a les aules, en aquesta tesi es planteja el disseny i la posterior implementació d'una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples de treball en vídeo per tal de guiar processos indagadors a l'aula d'educació primària.

Aquest treball d'investigació es planteja com una tesi doctoral per compendi d'articles científics, fet que condiciona l'estructura tradicional d'aquest tipus d'estudis. En aquest sentit, el marc teòric es desglossa en dues parts; i) la primera, se centra en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències a educació primària des d'una vessant internacional fins a centrar-se en el marc català, el qual inclou un article científic que analitza els processos indagadors a les aules d'educació primària de Catalunya; ii) la segona, es focalitza en descriure els suports per guiar activitats indagadores i com aquests atenen a la diversitat de l'aula, centrant-se en els suports tecnològics, dels qual en deriva un article- revisió.

A partir de la importància de la tecnologia en guiar processos indagadors a l'aula d'educació primària, específicament en els exemples de treball en vídeo, es plantegen els objectius de la tesi, centrats en dissenyar una estratègia didàctica que posteriorment serà implementada i avaluada a les aules. Per tal de dur a terme aquests objectius es defineix una metodologia d'investigació que es materialitza en dos estudis de cas, cadascun descrit a partir d'un article científic (Estudi 1 i 2) i un estudi quasi-experimental (Estudi 3). Els resultats d'aquests estudis es discuteixen conjuntament en un apartat de discussió general que permet fer una síntesi dels principals resultats obtinguts al llarg de la tesi. Per últim, s'exposa la contribució de la tesi a la comunitat científica i al sistema educatiu, així com també les principals conclusions del treball i, les limitacions i futures investigacions derivades d'aquesta investigació.

Tenint en compte l'estructura del model de tesi per articles, s'han fraccionat les referències bibliogràfiques. Així doncs, cada apartat general compta amb la seva pròpia bibliografia i, a més, s'han separat les referències bibliogràfiques que conformen cadascun dels articles científics per poder facilitar la lectura.

Marc teòric

1. Ensenyament i aprenentatge de les ciències a educació primària

En el present apartat del marc teòric s'exposaran els principals referents a la literatura científica que emmarquen l'ensenyament i aprenentatge de les ciències experimentals a educació primària. En primer lloc, es repassarà la situació actual de l'aprenentatge de les ciències tenint en compte el marc europeu i internacional i, en segon lloc, es concretarà en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències a nivell de Catalunya. A continuació, es definirà en què consisteix la metodologia d'indagació científica escolar, la qual ha guiat la proposta didàctica dissenyada en aquesta tesi. Per últim, s'inclourà un article científic que analitza les principals característiques de les activitats indagadores que, actualment, es desenvolupen a les aules d'educació primària de Catalunya.

1.1. Ensenyament i aprenentatge de les ciències en el marc internacional

En els últims anys, diversos informes educatius a nivell mundial senyalen la importància de la ciència i la tecnologia en els diferents currículums educatius (Next Generation Science Standards [NGSS], 2013, National Research Council [NRC], 2012, Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2016). Aquests informes destaquen la importància de millorar l'educació científica dels estudiants per esdevenir ciutadans alfabetitzats científicament (OECD, 2016). Segons la OECD (2013) l'alfabetització científica es pot definir com:

“la capacitat d'un individu d'usar coneixement científic per identificar preguntes, per adquirir nous coneixements, per explicar fenòmens científics i per extreure evidències basades en conclusions sobre temes relacionats amb la ciència que permetin la comprensió dels trets característics de la ciència com a forma de coneixement humà i d'investigació i prendre consciència de com la ciència i la tecnologia configuren el nostre material, els entorns intel·lectuals i culturals i la voluntat d'involucrar-se en els afers científics i amb les idees de la ciència com un ciutadà reflexiu” (OECD, 2013, p. 17).

D'aquesta manera, els estudiants necessiten entendre els conceptes científics per entendre els fenòmens naturals, així com també, han de ser capaços de comprendre la naturalesa de la ciència experimentant per poder construir, millorar i validar el coneixement a través de les investigacions científiques (Chin i Osborne, 2008). I en aquest sentit, diversos estudis en l'última dècada manifesten la necessitat d'un canvi en l'aprenentatge i ensenyament de les ciències en educació primària per tal d'incrementar els nivells d'alfabetització científica que passa per la introducció d'un model basat en indagació (European Commission, 2016; Harlen i Qualter, 2009; Rönnebeck, Bernholt, i Ropohl, 2016). Particularment, a Europa l'informe Rocard (2007) senyalava la importància d'introduir activitats basades en indagació en els diferents currículums europeus (European Commission, 2007). A partir d'aquest informe s'han desenvolupat diversos projectes a nivell europeu amb la voluntat d'introduir l'aprenentatge basat en indagació a les aules d'educació. Aquests projectes destaquen que l'alfabetització científica requereix no només del coneixement

dels conceptes i les teories de la ciència sinó també del coneixement dels procediments i les habilitats científiques relacionades amb la investigació científica (European Commission, 2007; NGSS, 2013; OECD, 2016). D'aquesta manera, en els últims anys els currículums educatius de molts països han descrit els objectius de l'ensenyament i aprenentatge de les ciències introduint la pràctica de les habilitats científiques a través de processos indagadors que comportin la construcció de coneixement científic (Couso et al., 2011; Harlen, 2013; Kirschner, Sweller, i Clark, 2006).

1.2. Ensenyament i aprenentatge de les ciències a educació primària a Catalunya.

D'acord amb els estàndards europeus, al llarg de les últimes dècades s'han produït certs canvis en l'ensenyament de les ciències, considerant l'alfabetització científica de tota la població com un objectiu principal. En aquest sentit, l'alfabetització científica no només té en compte l'adquisició de coneixements científics en forma de conceptes sinó que també va acompanyada del desenvolupament d'actituds, competències o habilitats científiques i de pensament crític (Martí, 2016). D'aquesta manera, s'han produït modificacions en les orientacions metodològiques, destacant el canvi des de metodologies d'aula centrades en la transmissió de coneixement conceptual a altres més centrades en les pràctiques o habilitats científiques de l'alumne.

Tots aquests canvis i, de forma coordinada amb les orientacions europees, es recullen al currículum d'educació primària de Catalunya (Decret 119/2005, de 23 de juny). D'acord amb aquestes directrius, el currículum posa èmfasi en l'adquisició de les competències bàsiques i dels aprenentatges claus per preparar els alumnes en una societat canviant i d'evolució constant. Aquest document planteja una avaluació basada en les competències que permeti identificar les dificultats durant el procés d'aprenentatge i trobar solucions i estratègies per superar-les. En aquest sentit, el Decret destaca el paper dels docents per avançar en aquest enfocament competencial i proposa un canvi en la manera de programar, en les metodologies d'aula, en l'avaluació i en la interacció amb l'alumnat.

Segons el Decret que regula els estudis d'educació primària a Catalunya (Decret 119/2005, de 23 de juny), la competència bàsica es defineix com:

“la capacitat d'una persona de resoldre problemes reals en contextos diversos integrant coneixements, habilitats pràctiques, actituds i altres components socials i de comportament que es mobilitzen conjuntament per assolir una acció eficaç i satisfactòria” (Decret 119/2005, p.14).

El Decret identifica i desenvolupa les competències bàsiques pròpies dels diferents àmbits i àrees de coneixement d'educació primària. En aquest sentit, en l'àmbit de coneixement del medi, es contemplen 13 competències agrupades en 4 dimensions (Taula 1). Aquestes dimensions es poden definir com:

- i) *dimensió del món actual*; analitza fets i fenòmens del món, formulant preguntes i utilitzant estratègies de cerca que permetin fer previsions, treure conclusions i justificar actuacions. L'alumnat ha de comprendre situacions i problemes del seu entorn a partir d'una mirada crítica.
- ii) *dimensió salut i equilibri personal*; els alumnes han de conèixer el cos des d'una perspectiva integral i aprendre a mantenir l'equilibri entre l'alimentació, l'activitat física i el descans. L'alumne ha d'assumir la seva part de responsabilitat en la prevenció de riscos que poden repercutir tant en la seva salut com en la dels altres.
- iii) *dimensió tecnologia i vida quotidiana*; l'alumnat ha de ser competent a l'hora d'adaptar-se a l'ús de les tecnologies. Han de ser capaços de valorar el paper de la tecnologia en el món actual per tenir criteri i prendre decisions.
- iv) *dimensió ciutadania*; l'alumne ha d'identificar els valors positius del sistema democràtic, a relacionar-se amb els altres amb respecte i tolerància i implicar-se progressivament en els afers públics. L'alumne s'inicia en la reclamació dels seus drets i l'exercici de les seves obligacions.

A partir de la definició de les dimensions i les competències al currículum català, es difícil trobar paral·lelismes amb la definició que en fan els estàndards europeus. Si bé, la OECD (2016) destaca la importància de les competències per tal d'explicar fenòmens científicament, avaluar i dissenyar investigacions científiques i interpretar dades i evidències científicament, només la primera competència del currículum d'educació primària de la Generalitat de Catalunya està d'acord amb aquesta definició. En aquest sentit, es pot determinar que es dona poca importància al desenvolupament de la competència indagadora al currículum de ciències que regeix els estudis d'educació primària, tal i com destaca l'estudi de Caamaño (2012).

Taula 1. Taula- resum de les dimensions i competències en l'àmbit de coneixement del medi del currículum d'educació primària de Catalunya.

DIMENSIONS	COMPETÈNCIES
Món actual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plantejar preguntes sobre el medi, utilitzar estratègies de cerca de dades i analitzar resultats per trobar respostes 2. Interpretar el present a partir de l'anàlisi de canvis al llarg del temps per comprendre la societat en què vivim. 3. Interpretar l'espai a partir dels elements del territori i de les seves representacions per situar-s'hi i desplaçar-se. 4. Analitzar paisatges i ecosistemes tenint en compte els factors socials i naturals que els configuren, per valorar les actuacions que els afecten. 5. Valorar problemes socials rellevants interpretant-ne les causes i les conseqüències per plantejar propostes de futur.
Salut i equilibri	<ol style="list-style-type: none"> 6. Adoptar hàbits sobre alimentació, activitat física i descans amb coneixements científics per aconseguir el benestar físic. 7. Prendre consciència del propi cos, de les emocions i sentiments propis i aliens, per aconseguir l'equilibri emocional i afavorir la convivència. 8. Prendre decisions sobre higiene i salut amb coneixements científics per a la prevenció i el guariment de malalties.
Tecnologia i vida quotidiana	<ol style="list-style-type: none"> 9. Utilitzar materials de manera eficient amb coneixements científics i criteris tecnològics per resoldre situacions quotidianes. 10. Dissenyar màquines simples i utilitzar aparells de la vida quotidiana de forma segura i eficient.
Ciudadana	<ol style="list-style-type: none"> 11. Adoptar hàbits sobre l'adquisició i ús de béns i serveis, amb coneixements científics i socials per esdevenir un consumidor responsable. 12. Participar en la vida col·lectiva a partir de valors democràtics, per millorar la convivència i per afavorir un entorn més just i solidari. 13. Valorar el sistema democràtic partint de coneixement dels sistemes polítics per esdevenir futurs ciutadans crítics.

Tanmateix, sí que és important destacar que existeix una menció específica al currículum respecte la metodologia d'indagació, la qual es defineix a partir d'un bloc de contingut anomenat "iniciació a l'activitat científica". Aquest bloc de contingut es contempla a tots els cicles educatius d'educació primària. D'aquesta manera, es remarca que la iniciació a l'activitat científica es desenvolupa d'una forma progressiva al llarg dels cicles educatius. I, en aquest sentit, un cop acabada l'etapa d'educació primària s'han d'haver assolit les següents habilitats científiques:

- i) Realitzar un treball d'investigació a partir del plantejament de qüestions i problemes rellevants de l'entorn, mitjançant el treball cooperatiu i a partir de l'experimentació i l'ús de diferents fonts d'informació;

- ii) Argumentar de forma oral i escrita les propostes de solució del treball d'investigació;
- iii) Utilitzar material i tècniques específiques de laboratori;
- iv) Cercar i contrastar informació en diferents suports (lectura de textos científics, imatges, gràfics...).

D'aquesta manera, aquest bloc de contingut del currículum català està d'acord amb el que proposen els estàndards europeus (OECD, 2016). Cada dimensió del currículum planteja uns continguts clau que contribueixen al desenvolupament d'aquestes competències, acompanyats dels criteris d'avaluació específics per a cada cicle educatiu.

A més a més, resulta important remarcar que des del Departament d'Ensenyament, el curs 2008-2009 es va implementar una prova d'avaluació al finalitzar el 6è curs d'educació primària, d'una forma semblant a la que fa PISA al final de l'escolarització obligatòria. La finalitat principal d'aquesta prova és que un cop l'alumnat hagi finalitzat els estudis d'educació primària ha d'haver assolit les competències i els coneixements bàsics per poder continuar els estudis de secundària. Inicialment, aquesta prova es va plantejar per avaluar les competències bàsiques lingüístiques i de matemàtiques. Tanmateix, a partir del curs 2017-2018 es va incorporar l'avaluació de la competència bàsica de l'àrea de coneixement del medi (Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu, Generalitat de Catalunya, 2017). Aquesta prova d'avaluació inclou activitats que posen en pràctica certes habilitats científiques que formen part del procés d'indagació científica escolar.

No obstant, tot i la importància de la metodologia d'indagació científica a les proves d'avaluació i al currículum, l'aplicació pràctica a educació primària està allunyada d'un ensenyament de les ciències basat en indagació (Caamaño, 2012).

1.3. La indagació com a metodologia en l'aprenentatge de les ciències

Les polítiques educatives a nivell internacional destaquen la importància d'un canvi metodològic al llarg de l'escolarització obligatòria que alhora contribueixi a l'alfabetització científica dels estudiants (European Commission, 2016; NGSS, 2013; OECD, 2002, 2016). Particularment, a Europa l'informe Rocard (2007) posa èmfasi en la importància d'introduir activitats en els diferents currículums europeus que posin en pràctica les diferents habilitats científiques per generar coneixement científic (European Commission, 2007). Tanmateix, alguns autors descriuen que les diferents habilitats científiques no es poden desenvolupar només a partir de la transmissió de la informació, sinó que necessiten metodologies actives en què l'alumnat participi en primera persona en activitats d'investigació (Caamaño, 1992; Pedrinacci, Caamaño, Cañal, i De Pro, 2012). D'aquesta manera, aquest canvi metodològic passa per la introducció de la indagació com a metodologia d'ensenyament i aprenentatge de les ciències als currículums escolars.

Tot i que la metodologia d'indagació s'ha contemplat recentment en els currículums d'educació, el seu plantejament com a metodologia en la didàctica de les ciències es pot remuntar a inicis del segle XX. L'any 1910, John Dewey va manifestar que l'ensenyament de les ciències es basava sobretot en una acumulació de continguts científics i no es prestava atenció a la ciència com una manera de pensar (Dewey, 1910). A partir d'aquí, aquesta metodologia va començar a prendre importància en la didàctica de les ciències entre els anys 1950 i 1960. Des de llavors, la metodologia d'indagació s'ha adoptat progressivament en la didàctica de les ciències i actualment es considera una de les millors estratègies d'aprenentatge per construir coneixement científic (NRC, 2000).

Segons la National Research Council (NRC, 1996, 2000) la indagació científica es defineix com:

“una activitat multifacètica que consisteix a fer observacions, plantejar preguntes, examinar llibres i altres fonts d'informació per veure què es coneix; planificar investigacions; revisar el que ja es coneix d'acord amb les proves experimentals; utilitzar les eines per recopilar, analitzar i interpretar dades; proposar respostes, explicacions i prediccions; i comunicar els resultats. La indagació requereix identificació de suposicions, ús del pensament crític i lògic i consideració d'explicacions alternatives” (NRC, 1996, p. 23).

Això comporta que en les activitats basades en indagació, els estudiants participin activament en el desenvolupament de la seva comprensió del món natural, abordant preguntes, dissenyant, realitzant i interpretant els resultats de les investigacions científiques per generar explicacions de fenòmens naturals (Bell, Smetana i Binns, 2005; Harlen, 2013; NRC, 2012).

La comprensió d'aquesta metodologia, implica el desenvolupament d'un conjunt d'habilitats científiques per part dels estudiants. En aquest sentit, diversos estudis destaquen la importància de desenvolupar aquestes habilitats en els estudiants, especialment en etapes educatives primerenques, per tal de millorar la comprensió dels continguts científics i alhora l'alfabetització científica (Coil, Wenderoth, Cunninham, i Dirks, 2010; Durmaz i Mutlu, 2016; Harlen, 2013). D'aquesta manera, realitzar processos indagadors i consegüentment, desenvolupar les habilitats científiques que hi estan implicades es considera un dels objectius en l'aprenentatge de les ciències a educació primària.

1.3.1. Les habilitats i els processos científics implicats en la indagació.

Tal i com s'ha comentat en l'apartat anterior, diversos autors destaquen la importància de la metodologia d'indagació per posar en pràctica les habilitats científiques dels estudiants per tal de desenvolupar coneixement científic. Tanmateix, una revisió recent de la literatura indica que hi ha àmplia diversitat per tal de definir i classificar les diferents habilitats científiques implicades en un procés indagador (Rönnebeck et al., 2016). Les habilitats científiques han estat descrites a partir diverses terminologies com: i) *scientific inquiry abilities* o *fundamental abilities* (National Research Council, 1996; 2000); ii) *procedural skills* (Martínez-Losada i García-Barros, 2005); o, iii) *science process skills* (OECD, 2016).

Taula 2. Definicions de les habilitats científiques segons els diversos referents teòrics.

<i>Fundamental abilities</i> (National Research Council, 2000)	<i>Procedural skills</i> (Martínez-Losada i García Barros, 2005)	<i>Science Process Skills</i> (OECD, 2016)
Identificar preguntes que puguin ser respostes a partir de la investigació científica	Observar, buscar informació, identificar característiques dels objectes	Identificar una pregunta explorada en un estudi científic donat
Dissenyar i dur a terme investigacions científiques	Establir relacions, classificar, plantejar hipòtesis	Distingir qüestions que es puguin investigar científicament
Utilitzar eines i tècniques apropiades per recopilar, analitzar i interpretar dades científiques	Planificar (controlar variables, dissenyar experiments)	Proposar una forma d'explorar científicament la pregunta donada
Desenvolupar descripcions, explicacions, prediccions i models utilitzant evidències	Organitzar la informació (descriure, identificar característiques, establir relacions, classificar).	Avaluar formes d'explorar científicament la pregunta donada
Pensar de forma lògica i crítica per trobar relacions entre les evidències i les explicacions	Interpretar fets i fenòmens	Descriure i avaluar com els científics asseguren la fiabilitat de les dades i l'objectivitat i generació de les explicacions
Reconèixer i analitzar explicacions alternatives i prediccions	Elaborar conclusions	Transformar dades d'una representació a un altra
Comunicar procediments científics i explicacions	Intercanvi d'idees, comunicació oral i escrita	Analitzar i interpretar dades i treure conclusions adequades
Utilitzar les matemàtiques al llarg de la indagació científica	Desenvolupar càlculs numèrics	

Malgrat les diferències en la terminologia, hi ha un acord considerable a la literatura sobre què inclouen les habilitats científiques en un nivell més detallat i respecte a l'objectiu que persegueixen (Harlen, 1999). Totes les definicions plantejades a la Taula 2 inclouen, d'una manera o altra, habilitats relacionades amb la identificació de preguntes investigables, la formulació de prediccions i hipòtesis, el disseny d'investigacions, l'obtenció i interpretació d'evidències i l'extracció de conclusions en relació amb les preguntes de recerca plantejades (Figura 1).

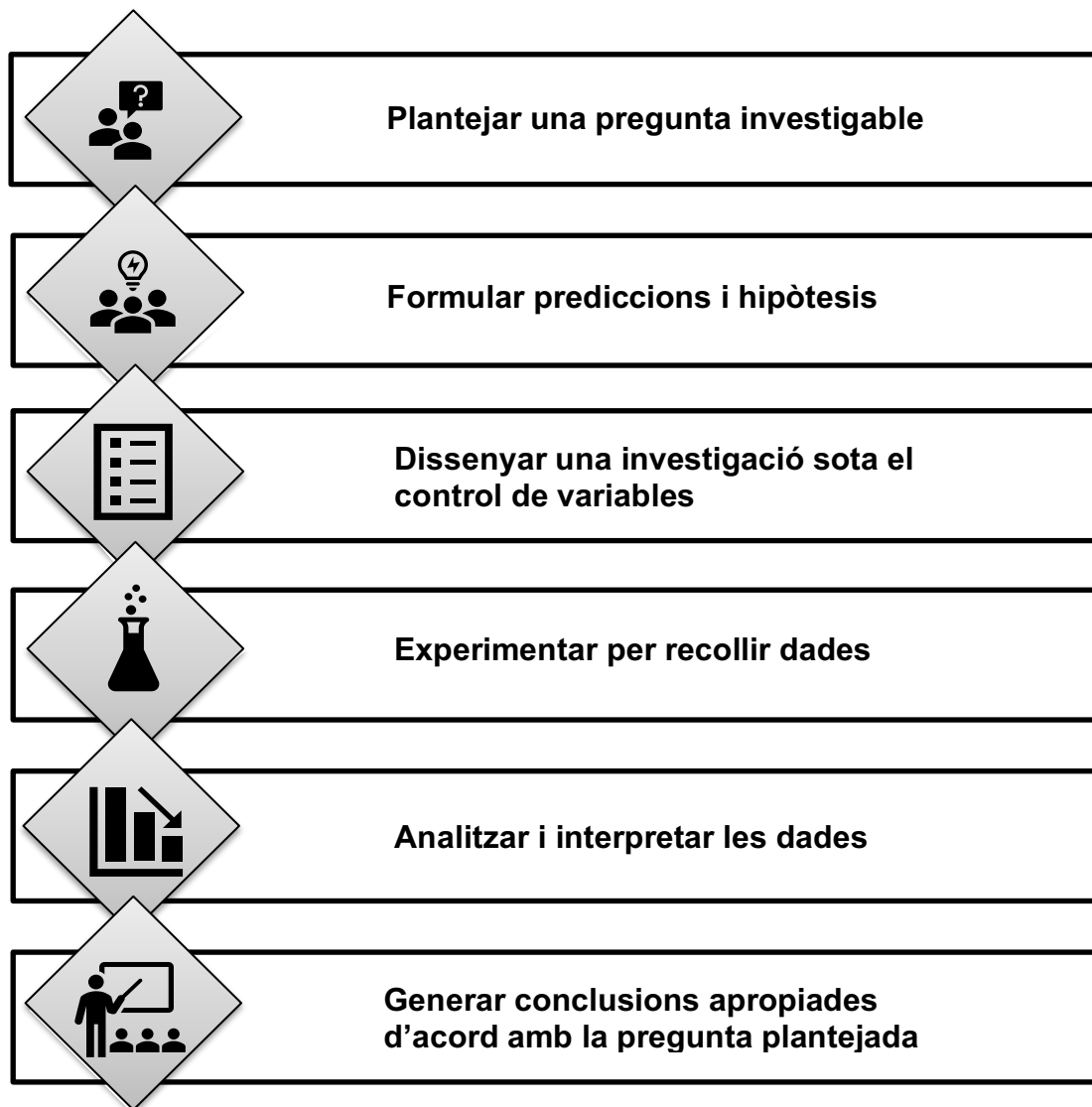


Figura 1. Esquema de les habilitats científiques implicades en el procés d'indagació.

Aquestes habilitats es poden definir, de forma general, com les activitats que els científics posen en pràctica per construir el coneixement al mateix temps que resolen problemes a partir dels resultats de la seva experimentació (Ergül et al., 2011; Lederman i Lederman, 2014; Özgelen, 2012). Al llarg d'aquesta tesi es prendrà com a referència la terminologia que marquen els estàndards europeus

per referir-nos a les habilitats o activitats científiques que reflecteixen el comportament científic (en anglès “science skills” o “science process skills”) (OECD, 2016). D’aquesta manera, al llarg d’aquesta tesi, les diferents habilitats científiques es desglossen i es detallen de la següent manera:

- i) Plantejar una pregunta investigable: és interessant destacar la importància de fer bones preguntes investigables que condueixin a investigacions científiques, és a dir, que es puguin respondre a partir de l’experimentació i proposar explicacions que siguin consistents amb les observacions i amb la pregunta investigable plantejada.
- ii) Formular prediccions i hipòtesis: a partir de les preguntes investigables, l’alumnat planteja explicacions temptatives a partir de les observacions, preguntes i evidències. De fet, quan l’alumnat planteja hipòtesis relaciona informació de coneixement i experiències passades que intenta explicar a partir de com i perquè aquell fenomen té lloc. Durant aquest procés l’alumnat mostra la direcció de la relació entre les variables.
- iii) Dissenyar una investigació sota el control de variables: és la fase en que la curiositat es plasma en una acció per poder respondre la pregunta i les hipòtesis plantejades. És una forma sistemàtica de dur a terme una investigació amb l’objectiu de trobar una relació entre les variables d’estudi, tenint en compte uns materials i uns instruments de mesura.
- iv) Experimentar per recollir dades: se centra en fer i aplicar la planificació dissenyada, tenint en compte les variables que s’han de mantenir constants i les que han de modificar-se al llarg de la investigació. A més a més s’ha de tenir en compte que per poder respondre la pregunta investigable aquestes variables han de ser mesurables per recollir dades d’una forma sistemàtica i controlada.
- v) Analitzar i interpretar les dades: a partir de les dades recollides s’ha de trobar un significat als resultats, trobar una relació entre les variables que permeti donar resposta a la pregunta investigable i a les hipòtesis plantejades. En aquest sentit, és important trobar patrons i sintetitzar la informació a mesura que es fan associacions entre les variables d’estudi i les dades obtingudes per poder trobar connexions amb les hipòtesis plantejades.
- vi) Generar conclusions apropiades d’acord amb la pregunta plantejada: un cop feta la interpretació de les dades, els estudiants han de comprovar que els resultats de la investigació donin resposta a les seves preguntes i hipòtesis inicials. A partir d’aquí, els estudiants poden presentar i comunicar els resultats i conclusions als altres per rebre un retorn.

Tanmateix, aquestes habilitats no només són necessàries pels científics, sinó també, per tots els ciutadans per poder esdevenir persones científicament alfabetes (Ergül et al., 2011; Harlen, 1999; Huppert, Lomask, i Lazarowitz, 2010). La ciència té el principal rol en desenvolupar habilitats

relacionades amb la comunicació, el pensament crític, la resolució de problemes i l'habilitat d'usar i avaluar les evidències. En aquest sentit, la població necessita l'alfabetització científica per poder integrar-se en un món on la ciència incideix en la majoria dels aspectes de la vida personal, social i global (Harlen, 1999).

Degut a la importància de les habilitats científiques, en els últims anys, diversos treballs s'han centrat en estudiar l'adquisició d'aquestes habilitats. Recentment, la revisió de la literatura que planteja Rönnebeck et al., (2016) classifica els estudis basats en indagació segons les habilitats científiques que analitza tenint en compte diferents nivells educatius. Tanmateix, tot i que diversos estudis indiquen que és important que els estudiants adquireixin aquestes habilitats en etapes primerenques de la seva escolarització, els resultats d'aquesta revisió deixen en evidència la manca de treballs realitzats a educació primària (Coil, Wenderoth, Cunningham, i Dirks, 2010; Koksai i Berberoglu, 2014; Kruit, Oostdam, Van den Berg, i Shuitema, 2018; Vartak, Ronad, i Ghanekar, 2013). Així mateix, els resultats d'aquesta revisió també indiquen que la majoria de treballs se centren en el desenvolupament d'alguna de les habilitats científiques però no de totes en el conjunt de la indagació científica.

En aquest sentit, resulta important destacar que posar en pràctica aquestes habilitats no és una tasca senzilla i requereix d'un elevat esforç cognitiu per part dels estudiants (Piekny i Maehler, 2013; Solé-Llussà, Aguilar, Ibáñez, i Coiduras, 2018). Per tal d'identificar i definir de forma acurada les demandes cognitives de cadascuna de les habilitats científiques, diversos estudis posen de manifest la consideració d'aquestes habilitats en diferents categories (Ergül et al., 2011; Kruit, Oostdam, Van den Berg, i Schuitema, 2018; Özgelen, 2012). D'una banda, es consideren habilitats científiques bàsiques, aquelles que proporcionen les bases intel·lectuals de la indagació científica com: i) observar; ii) fer prediccions; iii) mesurar i utilitzar els números; i, iv) classificar. Les habilitats científiques bàsiques s'adquireixen en els primers nivells d'educació primària (Beaumont-Walters i Soyibo, 2001; Ergül et al., 2011). D'altra banda, es consideren habilitats científiques integrades: i) la identificació i el control de variables; ii) la formulació d'hipòtesis; iii) l'experimentació a partir d'un disseny adequat per poder testar les hipòtesis i obtenir unes dades fiables; i, iv) la interpretació de les dades per obtenir conclusions. Aquestes habilitats requereixen un coneixement bàsic més avançat i d'un esforç cognitiu superior (Ergül et al., 2011; Özgelen, 2012).

1.3.2. Evidències dels beneficis de la indagació científica escolar

Tal i com s'ha comentat en els apartats anteriors, diversos treballs destaquen la importància d'introduir la metodologia d'indagació científica en els primers nivells educatius (Coil, Wenderoth, Cunningham, i Dirks, 2010; Durmaz i Mutlu, 2016; Kruit et al., 2018). Aquesta metodologia permet als estudiants construir, millorar i validar el coneixement científic alhora que contribueix a l'evolució de les seves habilitats científiques i com a conseqüència al desenvolupament de la seva alfabetització científica (Abd-El-Khalick et al., 2004; Romero-Ariza, 2018). En aquest sentit, per tal de valorar l'efectivitat de la metodologia d'indagació científica, alguns treballs comparen l'aprenentatge de les ciències a partir d'aquesta metodologia amb altres metodologies

d'aprenentatge de les ciències més tradicionals com la transmissió directa de contingut, les demostracions científiques, entre d'altres (Durmaz i Mutlu, 2016).

D'una banda, diversos estudis senyalen la contribució de la metodologia d'indagació en la millora de l'aprenentatge de l'alumnat. En primer lloc, aquesta metodologia contribueix al desenvolupament de les habilitats científiques. L'estudi de De la Blanca, Hidalgo, i Burgos (2013) destaca que aquesta metodologia promou l'observació, el contrast d'idees o la comunicació dels resultats i els aprenentatges obtinguts. Així mateix, l'estudi de Yager i Akcay (2010) destaca el desenvolupament de les habilitats creatives, com per exemple el nombre de qüestions investigables generades, el nombre de possibles hipòtesis o fins i tot les explicacions científiques. En segon lloc, la indagació científica contribueix a l'adquisició de contingut científic. En aquest sentit, el treball de Yager i Akcay (2010) senyala que quan els estudiants treballen a partir de la indagació adquireixen millors puntuacions comparat amb altres metodologies d'aprenentatge de les ciències, fet que s'atribueix a l'interès i motivació dels estudiants. En tercer lloc, destaca l'actitud i la motivació dels estudiants cap a l'aprenentatge de les ciències per indagació. L'estudi de Postigo-Fernández i Greca-Dufranc (2014) destaca que el treball a partir d'aquesta metodologia fomenta la interacció i comunicació entre l'alumnat. De la mateixa manera, el treball de Furtak, Seider, Iverson, i Briggs (2012) posa èmfasi en aquest aspecte i remarca un augment de la col·laboració en alumnat de diferents nivells cognitius (Kim i Hannafin, 2011a). Així mateix, Hofstein i Mamlok-Naaman (2007) destaquen una millora en l'actitud i motivació de l'alumnat cap a la ciència en comparació amb altres metodologies d'aprenentatge de les ciències. Per últim, l'aprenentatge de les ciències per indagació contribueix a millorar l'ús del llenguatge científic dels estudiants i contribueix a un aprenentatge més significatiu, ajudant a desenvolupar el raonament crític (Postigo-Fernández i Greca-Dufranc, 2014).

D'altra banda, la metodologia d'indagació científica també aporta uns beneficis pels docents. En aquest sentit, Dobber, Zwart, Tanis, i van Oers (2017) senyalen que a través d'aquesta metodologia hi ha una millora amb la interacció entre el docent i l'alumnat. A més, reporta que el fet que el docent sigui una guia en aquest procés i no un instructor directe, facilita la col·laboració entre el grup i promou l'aprenentatge de l'alumnat (Dobber et al., 2017). El docent mostra un canvi en l'actitud davant d'aquest procés, el qual encoratja els estudiants a actuar com a científics i guia el discurs durant l'activitat indagadora, promovent una millora en la seva actitud i motivació que condueix a una millora en l'aprenentatge. L'estudi de Choi, Klein, i Hershberger (2015) posa de manifest que el fet d'ensenyar ciències a partir de la metodologia d'indagació, fa que els docents posin en pràctica un ampli ventall d'estratègies pedagògiques. En aquest sentit, destaquen un paper més actiu del docent quan es treballa les ciències a partir d'aquesta metodologia i mostren satisfacció en veure una millora de l'aprenentatge de l'alumnat. Per últim, l'estudi de Moseley i Tamsey (2010) indica que els docents a través de la metodologia d'indagació poden establir relacions amb altres matèries escolars. I a més, se senten motivats per aquesta metodologia ja que poden establir relacions entre teoria i pràctica i així, millorar una discussió més ben argumentada (Ozdem, Ertepinar, Cakiroglu, i Erduran, 2013).

1.3.3. Dificultats d'implementació de la indagació científica a l'aula d'educació primària

La metodologia d'indagació científica escolar no és recent i ha estat contemplada als currículums educatius d'arreu. Tanmateix, la seva implementació real a les aules és molt inferior al del seu impacte teòric i curricular (Cañal, 2007; Solé-Llussà et al., 2018). Diversos autors senyalen que posar en pràctica la indagació científica pot presentar certes dificultats a diferents nivells, tant per l'alumnat com pel professorat (García- Carmona, Criado, i Cruz-Guzmán, 2017).

D'una banda, diversos autors se centren en les dificultats que pot presentar per l'alumnat la introducció de la indagació com a metodologia en l'aprenentatge de les ciències. A nivell general, les habilitats científiques implicades en un procés indagador no són clares pels estudiants, ja que no s'ensenyen de forma explícita i acompanyada (Coil et al., 2010; Durmaz i Mutlu, 2016). En aquest sentit, Ferrés- Gurt, (2017) i Roca- Tort, Márquez, i Sanmartí (2013) senyalen les dificultats que presenten els estudiants en proposar bones preguntes investigables, degut a la manca de coneixement teòric sobre alguns fenòmens científics i a la falta de criteri per determinar si la pregunta pot conduir o no a una investigació científica. Així mateix, Oh (2010) destaca els obstacles en formular hipòtesis de treball i en identificar variables que afecten a la seva investigació, la qual cosa impedeix seleccionar un disseny experimental adequat per poder donar resposta al problema que s'investiga. Diversos autors senyalen les dificultats dels estudiants en connectar el que observa a partir de les evidències recollides durant la investigació amb el coneixement científic (Peker i Wallace, 2011; Solé-Llussà et al., 2018). En aquest sentit, la majoria de les habilitats científiques implicades en el procés d'indagació no són innates i requereixen d'un elevat esforç cognitiu, el qual disminueix a mesura que les activitats indagadores són més freqüents i familiars (García-Carmona, Criado i Cruz-Guzmán, 2018; Pro, 2011).

D'altra banda, la poca incidència d'aquesta metodologia a les aules també es pot atribuir a que els docents troben que és difícil integrar-la en l'ensenyament de les ciències i que requereix més temps i dedicació en cada sessió (Cañal, Travé, i Pozuelos, 2011; Wenning, 2005). Aquesta dificultat d'implementació pot estar relacionada amb la manca de coneixement pedagògic dels docents respecte la indagació científica i la excessiva dependència dels llibres de text (Akuma i Callaghan, 2019; García-Carmona et al., 2017; Gillies i Nichols, 2015). En el nostre context, els docents no estan familiaritzats amb aquesta metodologia al llarg del grau universitari, i en molts casos, no han tingut l'oportunitat de posar-la en pràctica durant el seu període de pràctiques a l'escola (Cortés et al., 2012). Per últim, els docents en actiu manifesten el poc suport per part de l'equip directiu per implementar la indagació com a metodologia innovadora a l'aula (Gatt i Zammit, 2017).

1.3.4. Estudi de la indagació científica escolar a Catalunya

Tal i com s'ha comentat en els apartats anteriors, diversos informes manifesten la importància d'introduir activitats basades en indagació per tal de desenvolupar les habilitats científiques dels estudiants. Seguint aquesta línia, el currículum català destaca breument la introducció d'aquesta metodologia en l'ensenyament de les ciències a les aules d'educació primària. No obstant, tot i la importància de la indagació científica al currículum, alguns estudis senyalen la poca incidència d'aquesta metodologia a les aules (Caamaño, 2012; Couso et al., 2011). En aquest sentit, a continuació es presenta un estudi realitzat a partir de les comunicacions científiques presentades per escolars en congressos de ciència arreu del territori. A partir de les comunicacions presentades pels escolars, es determinarà la incidència de la metodologia d'indagació respecte les altres metodologies d'aprenentatge de les ciències. A més a més, a partir de les activitats considerades indagadores, s'analitzarà l'estructura de les mateixes tenint en compte els processos i les habilitats científiques que emergeixen d'aquestes activitats.

Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria

A. Solé- Llussà, D. Aguilar Camaño, M. Ibáñez Plana, J.L.Coiduras Rodríguez
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2018), 15(1), 1302.

Resumen

La indagación científica es una de las estrategias que mejores resultados ha aportado a la enseñanza de las ciencias experimentales. En vista de la necesidad de impulsar este tipo de metodologías, en los últimos años, se han llevado a cabo diferentes iniciativas y propuestas para fomentar y divulgar esta estrategia, destacando entre ellas los congresos escolares de ciencias. En este artículo, se seleccionan 168 comunicaciones presentadas por alumnado de educación infantil y primaria para analizar la secuencia, proceso y metodología en experiencias científicas escolares. El análisis se focaliza en los trabajos evaluados como indagadores, que representan un 40% de los seleccionados. Para ello, se ha diseñado una herramienta de análisis de los procesos y habilidades que emergen en las comunicaciones de las investigaciones. Los resultados indican que, en general, las indagaciones presentadas muestran una estructura coherente con este tipo de metodología. En particular, se observa como el alumnado incide principalmente en aquellas etapas o aspectos más descriptivos de su indagación (por ejemplo, la planificación de su investigación) y muestra mayores dificultades para presentar las ideas o explicaciones derivadas de su indagación. A la vez, queda patente la funcionalidad de los congresos escolares como estrategia para el intercambio de experiencias relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias entre alumnado y docentes.

Palabras clave: indagación científica; congresos escolares de ciencias; comunicación; educación infantil y primaria

Communication analysis of inquiry experiences presented in science conferences aimed to Preschool and Primary Education students

Abstract

Scientific inquiry is one of the strategies that has provided some of the best results to the experimental science learning. In order to propel this kind of methodologies, in recent years, different initiatives and proposals have been performed to promote and spread this strategy. Among these proposals, the science school conferences stand out. In this manuscript, we select 168 communications presented by preschool and primary education students in order to analyze the sequence, process and methodology used in school scientific experiences. The analysis focuses on the presentations considered inquiry-based, which represent the 40% of those selected. Therefore, an analysis tool has been designed to study the processes and skills that emerge in the communicated investigations. The results show that, in general, the presented investigations have a coherent structure with this kind of methodologies. In particular, it is observed that students mainly point out the stages or aspects that are considered more descriptive (such as, the planning of their investigation) and show more difficulties to present the ideas or explanations derived from their work. At the same time, it is illustrated the school conferences functionality as a tool to exchange experiences related to the learning and teaching of science between students and teachers.

Keywords: scientific inquiry, science school conferences; communication; preschool and primary education

Introducción

En los últimos años las políticas educativas a nivel europeo, estatal y autonómico se han orientado en todos los niveles y contextos educativos hacia una enseñanza más activa y participativa. En el caso de la didáctica de las ciencias experimentales, el cambio en el modelo ha supuesto la introducción de actividades indagadoras en los currículos de educación infantil y primaria (Biggs 2003; National Research Council 1996, 2000, 2012). De hecho, a día de hoy, existe un amplio consenso en el campo de la didáctica de las ciencias en relación a la indagación, considerándola una de las estrategias que mejores resultados han aportado a su enseñanza (Demir y Abell 2010; Pedaste *et al.* 2015).

El informe de la Science Education for Responsible Citizenship (Hazelkorn *et al.* 2015) define la indagación como una metodología de enseñanza que consiste en:

«un proceso complejo para dar sentido y construir modelos conceptuales coherentes donde los estudiantes formulen preguntas, investiguen para encontrar respuestas, construyan nuevas comprensiones, significados y conocimientos, comuniquen su aprendizaje a los otros y lo apliquen de forma productiva en situaciones desconocidas» (p. 68).

De manera más específica, Pedaste *et al.* (2015) plantea que dicha metodología puede estructurarse en cinco etapas diferentes: i) *Engage* (promover la curiosidad y conectar con experiencias de aprendizaje pasadas y presentes); ii) *Explore* (búsqueda de evidencias, generación de nuevas ideas, diseño y realización de una investigación preliminar); iii) *Explain* (uso de las evidencias encontradas para explicar un fenómeno científico); iv) *Elaborate* (conexión con modelos y explicaciones científicas para tener una visión más amplia de conocimiento); y v) *Evaluate* (validación de su conocimiento y habilidades científicas adquiridas).

En general, la indagación es una estrategia que permite al alumnado aprender ciencia mediante la realización de investigaciones escolares que promueve su participación, interés y motivación hacia la ciencia. El aprendizaje de las ciencias mediante la indagación requiere la movilización de numerosos contenidos científicos, a la vez que contribuye al desarrollo de un conjunto de competencias o habilidades del alumnado (Abd-El-Khalick *et al.* 2004, Demir y Abell 2010; Ferrés, Marbà y Sanmartí 2015; Romero-Ariza 2017). De hecho, en el territorio español, y aunque no existe una amplia bibliografía sobre la aplicación de esta metodología en el aula de educación infantil y primaria, recientes trabajos publicados reportan los buenos resultados de la misma. Por ejemplo, De la Blanca, Hidalgo y Burgos (2013) describen una investigación científica a partir del trabajo con semillas de flores en la etapa de educación infantil, considerando que la metodología indagadora promueve la observación, el contraste de las ideas y la comunicación del aprendizaje. Asimismo, el estudio de Fernández y Greca (2014) presenta los resultados de una indagación sobre fuerzas en educación primaria donde se observa que esta estrategia contribuye a fomentar la interacción entre el alumnado, mejorar el uso del lenguaje científico y sentar las bases científicas, en comparación con las metodologías tradicionales.

Sin embargo, todavía son evidentes ciertas dificultades durante la implementación de la indagación en las aulas. Por un lado, el alumnado puede mostrar obstáculos identificando problemas investigables, formulando hipótesis o identificando las variables que afectan a su investigación

(Ferrés *et al.* 2015). Y, por otro, el profesorado también manifiesta ciertas limitaciones debido a la falta de conocimientos científicos y de formación sobre dicho método, inseguridad para una implementación eficaz o presión para ajustarse al currículo debido a estrictas políticas educativas (Abd-el-Khalick *et al.* 2004; Cañal, Criado, García Carmona y Muñoz 2013; Kang, Orgill y Crippen 2008; Seung, Park y Jung 2014; Toma, Greca y Meneses-Villagrà 2017).

Por tanto, parece necesario seguir aportando espacios, modelos y guías que ayuden tanto al profesorado como al alumnado a desarrollar indagaciones científicas en el ámbito escolar. Por ejemplo, y con el propósito de impulsar este tipo de metodología, en los últimos años se han llevado a cabo diversas iniciativas para fomentar la comunicación y divulgación de las ciencias desarrolladas en educación infantil y primaria. Entre estas propuestas, focalizamos nuestra atención en los congresos o reuniones de ciencia escolar donde los estudiantes presentan las actividades científicas realizadas en sus aulas. Estas reuniones han permitido establecer un nuevo escenario educativo inter-escolar que ayuda a potenciar el aprendizaje de las ciencias a la vez que aportan un entorno que motiva y gratifica tanto al alumnado como al profesorado.

En particular, los congresos de ciencia fomentan especialmente el desarrollo de la comunicación, una habilidad fundamental en cualquier trabajo científico (Martí y Amat 2017). De hecho, las presentaciones realizadas por los estudiantes merecen una importante atención ya que ofrecen una oportunidad para observar las ideas, habilidades y aprendizajes adquiridos a lo largo de las actividades científicas trabajadas. En este sentido, la novedad del presente trabajo reside en analizar tales presentaciones para explorar cómo se trabajan las ciencias en el aula y, en concreto, la indagación. De este estudio pueden surgir ayudas y guías que permitan desarrollar investigaciones mejor estructuradas y coherentes en el contexto escolar, a la vez que destacamos la importancia de estas innovadoras reuniones científicas. Desde esta perspectiva, los objetivos de investigación son:

- Identificar y analizar las temáticas y los modelos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que se han llevado a cabo en aulas de educación infantil y primaria a través del estudio de las presentaciones realizadas en congresos de ciencia escolar.
- Estudiar con detalle la estructura de aquellas actividades consideradas indagadoras mediante una herramienta de análisis diseñada *ad hoc* para poder entender el modelo de investigación desempeñado en el aula.

Metodología

Contexto

El estudio se desarrolla a partir de las comunicaciones orales realizadas por alumnado de educación infantil y de educación primaria en diferentes congresos de ciencia de Catalunya. De hecho, el número de iniciativas de esta tipología se ha extendido especialmente por todo el territorio a partir del año 2014. Para facilitar el análisis de las comunicaciones y realizar un estudio amplio y coherente, se han seleccionado aquellos congresos que: i) han realizado diversas ediciones; ii) hacen pública la grabación en vídeo de la comunicación oral realizada por el alumnado; iii) facilitan el soporte gráfico que los participantes emplean durante su

presentación (Power Point, Slideshare o Prezi). Bajo estas condiciones, se estudian todas las comunicaciones presentadas en tales congresos que, en conjunto, ascienden a 168 presentaciones.

Estas reuniones científicas tienen lugar en las ciudades de Barcelona (Nou Barris-Sant Andreu), Lleida, Santa Coloma de Gramenet y Vic entre los años 2014 y 2016. Se contó con la participación de aproximadamente 7000 estudiantes, de edades comprendidas entre los 3 y 12 años, procedentes tanto de escuelas públicas como de colegios concertados (representando el 80 y 20%, respectivamente) (CESIRE 2016).

Método

En una primera fase, se realiza un estudio general sobre la participación, las temáticas y las metodologías de aprendizaje identificadas en las comunicaciones estudiadas. Para concretar este último aspecto, se clasifican las presentaciones en indagadoras y no indagadoras. Esta clasificación se realiza en base a los criterios resumidos en los siguientes puntos: i) existe la propuesta de una pregunta investigable; ii) se realiza un diseño experimental, identificando las variables y las medidas que se deben realizar para recoger un conjunto de datos que ayuden a dar respuesta a la pregunta planteada; iii) se presenta una interpretación de los datos recogidos. Consideramos que cumpliendo estos tres puntos, tales presentaciones se consideran indagadoras ya que satisfacen los aspectos principales y más generales que una investigación científica debería presentar según diferentes descripciones del modelo indagador publicadas en la bibliografía (Biggers 2017; Etkina *et al.* 2006; Forbes, Biggers y Zangori 2013). Cabe mencionar que la “comunicación”, un aspecto fundamental del proceso indagador, no ha sido considerada para la selección puesto que es un punto común en todas las presentaciones exhibidas.

En la segunda fase de este trabajo, nos centramos en el estudio de las comunicaciones que se han considerado indagadoras para poder analizar con más detalle cómo los estudiantes entienden y desarrollan esta estrategia. Para cumplir este objetivo, se construye una herramienta de análisis basada en estudios de modelos de indagación realizados previamente (Etkina *et al.* 2006; Forbes *et al.* 2013; Pedaste *et al.* 2015; Sawada *et al.* 2002) (Anexo, tabla 1). Esta herramienta se estructura en cinco criterios que abarcan las diferentes etapas y habilidades que son consideradas esenciales en el desarrollo de una indagación científica: i) orientación de la actividad; ii) ideas preliminares; iii) planificación de la indagación; iv) interpretación y modelización; y v) comunicación, discusión, conclusiones y reflexión. A su vez, estos cinco criterios están desglosados en categorías (hechos observables de los criterios) que permiten un análisis cuantitativo basado en la incidencia de las mismas en las comunicaciones analizadas. A cada categoría le acompaña una descripción o explicación breve de su significado y un ejemplo, como concreción de la acción.

Validación de la herramienta de análisis

Para la validación de esta herramienta de análisis se ha contado con la colaboración de un grupo de docentes experimentados formado por maestros y maestras en activo y profesorado investigador universitario del área de la didáctica de las ciencias experimentales. Entendemos

como docente experimentado al profesional con más de 10 años de docencia en la escuela (maestros/as) o en la universidad en el área de la didáctica de las ciencias experimentales o bien en ambos escenarios (profesorado asociado).

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la medida de la misma categoría, se ha calculado un coeficiente de concordancia medio correspondiente al cociente entre la sumatoria de las observaciones concordantes y el total de observaciones. El resultado de esta primera aproximación para la estimación de la concordancia es de 0.82. Sin embargo, sabiendo que este valor tiene la desventaja de sobreestimar el resultado, se calculó posteriormente el índice de Kappa de Cohen. Este índice incorpora en su fórmula una corrección que excluye la concordancia entre observadores que puede atribuirse al azar.

El desarrollo de la observación aportó un valor medio de Kappa de Cohen de 0.62, valor superior a 0.61, que supone una fuerza de concordancia considerable o buena, según la clasificación de Landis y Koch (1977). Desde esta perspectiva, podemos afirmar que la magnitud de la concordancia entre observadores es importante y además es estadísticamente significativa, por lo tanto, podemos considerar la fiabilidad de la herramienta de análisis como adecuada.

Recogida y análisis de datos provenientes de la segunda fase de estudio

La recogida de datos se ha realizado atendiendo a la presencia o ausencia de las categorías enumeradas en la tabla 1 del Anexo para las comunicaciones consideradas, visualizando el video de la presentación y el soporte usado por los alumnos para la misma. De esta manera, se determina la incidencia de las diferentes categorías establecidas para un proceso indagador mediante un análisis de frecuencias relativas (%). El análisis de estos resultados permite observar aquellos aspectos del proceso indagador que mayor relevancia han tenido para el alumnado y que, por lo tanto, son presentados por su trascendencia y aquellos aspectos que el alumnado o bien no tiene la necesidad de comunicar o bien no se han tenido en cuenta en el desarrollo de la actividad. El trabajo se complementa con un estudio de correlaciones entre dos categorías diferentes mediante el análisis de Chi-cuadrado de Pearson estudiado a partir del coeficiente Phi. La validación de la herramienta de análisis y el tratamiento de los datos se analizan estadísticamente con el programa IBM SPSS Statistics 24.0 software (IBM SPSS Inc. 2016).

Resultados

Descripción general

Se han analizado 168 comunicaciones llevadas a cabo por alumnado de educación infantil y primaria en congresos de ciencia realizados en diferentes puntos de Catalunya entre los años 2014 y 2016. Un primer análisis general muestra un incremento del 20% de la participación de los centros escolares en dichos congresos a lo largo de las tres ediciones que se han estudiado. Este es un dato relevante que refleja un creciente interés por este tipo de propuestas y, a su vez, una mayor motivación en las escuelas por el desarrollo, difusión e intercambio de trabajos científicos. Centrándonos en la temática de las actividades científicas presentadas, se observa una cierta asociación entre la edición del congreso y la existencia de eventos culturales, sociales o de actualidad como por ejemplo los Años Internacionales (Organización de las Naciones Unidas 2017), ver figura 1. Por ejemplo, el 2014 fue el Año Internacional de la Agricultura Familiar traduciéndose en un mayor número de trabajos relacionados con los seres vivos, en concreto con el crecimiento de las plantas (50.0%). En el 2015, el 48.1% de las presentaciones estuvieron centradas en la temática “materia y energía” probablemente coincidiendo con el Año Internacional de la Luz. Finalmente, en el 2016, destaca la temática “las personas y la salud” (29.2%), sobre todo vinculada con la alimentación, en consonancia con el Año Internacional de las Legumbres (Organización de las Naciones Unidas 2017).

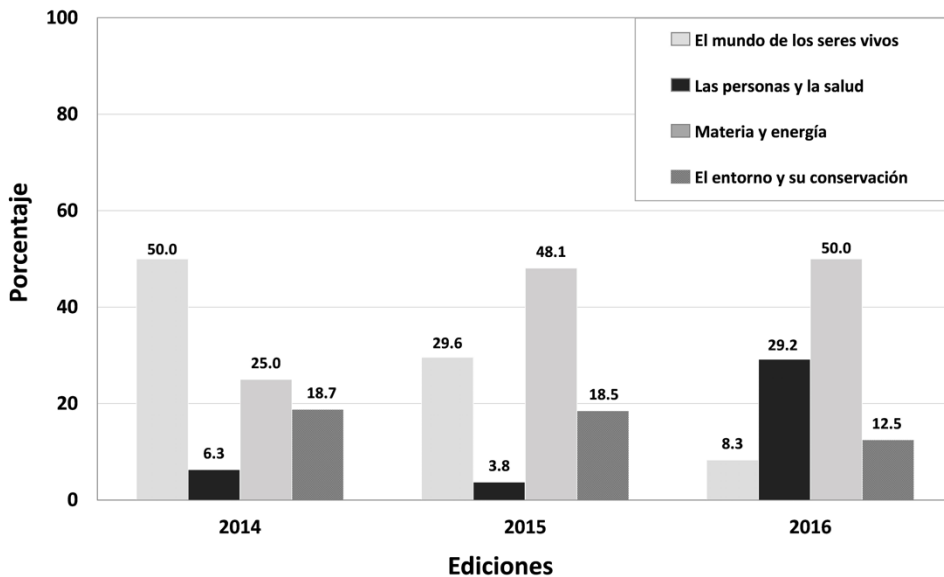


Figura 1. Relación entre la edición de los congresos y la temática.

A nivel general, si nos fijamos en las metodologías de trabajo presentadas en los congresos de ciencia escolar, y atendiendo a los criterios de selección establecidos en el apartado *Método*, se observan dos grupos principales de comunicaciones: las que provienen de trabajos no indagadores (60.1%) y las consideradas indagadoras (39.9%).

Si nos centramos brevemente en las actividades no indagadoras, en un 95% de los casos, los alumnos exponen demostraciones científicas guiadas que han desarrollado en las aulas. En estos trabajos, los estudiantes muestran principalmente experimentos que suelen ser motivadores por su espectacularidad y en los que se sigue, de forma ordenada, una secuencia de acciones para llegar a la explicación del fenómeno natural que se esté trabajando. Generalmente, en dicha metodología, los docentes son quienes proponen la experiencia a partir de contenidos teóricos, habitualmente establecidos e inmutables, y son los estudiantes quienes tratan de formular sus propias explicaciones (Amat, Martí y Grau 2016; Eick, Meadows y Balkcom 2005). El desarrollo de demostraciones científicas puede considerarse de interés en cuanto que favorecen el desarrollo de ciertas habilidades que permitirían realizar una posterior transición hacia la indagación liderada por el alumnado (Eick *et al.* 2005). Por otro lado, en el 5% restante de las actividades no indagadoras se presentan trabajos de carácter teórico basados en explicaciones reproducidas a partir de libros de texto o fuentes bibliográficas. Estas actividades se transmiten en los congresos escolares de ciencias de una forma estructurada, sin embargo, no pueden ser incluidas en esta transición hacia la indagación.

Estudio de comunicaciones derivadas de indagaciones científicas en el aula

Con respecto a las comunicaciones consideradas indagadoras, se analiza con más detalle aquellos aspectos del proceso investigador que los estudiantes consideran con suficiente relevancia para ser presentados y que nos ayudarán a visualizar el modelo o estilo de trabajo llevado a cabo.

Un primer análisis muestra que en el 73% de dichas comunicaciones aparecen representados cada uno de los criterios de la herramienta de análisis. Este dato indica que, en líneas generales, los estudiantes han explicado indagaciones que presentan una estructura coherente y habitual en este tipo de metodologías. En estas indagaciones se vislumbra la presencia de un conjunto de habilidades científicas importantes para el desarrollo de un proceso investigador (Pedaste *et al.* 2015). En concreto, el alumnado suele hacer especial énfasis al criterio de *Planificación de la indagación* etapa que acostumbra a tener un carácter descriptivo, más sistemático y, por lo tanto, fácilmente reproducible a partir de un ejemplo (Asay y Orgill 2010). Sin embargo, se observa una menor incidencia de aquellas categorías relacionadas con la reflexión de las ideas. En estos aspectos del proceso investigador, el alumnado tiene que movilizar sus conocimientos y buscar una coherencia entre lo que observa y las explicaciones que imagina, lo cual implica una movilización en el uso de las ideas y, por lo tanto, una mayor dificultad (Asay y Orgill 2010).

Centrándonos en los resultados del análisis de frecuencias relativas (figura 2), se observa que en el 69.1% de las presentaciones, los estudiantes conceden importancia a la contextualización u orientación de la actividad y tienden a relacionar su investigación con algún ámbito de su vida cotidiana (por ejemplo, una salida de campo, la lectura de un libro o una posible búsqueda

bibliográfica). De hecho, esta contextualización aparece con mayor frecuencia en aquellas comunicaciones en las que queda patente que son los propios estudiantes quienes presentan la iniciativa y deciden qué cuestión quieren investigar (70.6%, figura 2). Entendemos que, en estos casos, los estudiantes muestran una mayor motivación por la investigación y les resulta más sencillo relacionarla con su entorno más cercano (Forbes *et al.* 2013). Sin embargo, en las comunicaciones donde se explicita que el docente es quien plantea la pregunta investigable (13.2%) existe una relación inversa con la contextualización de la actividad (tabla 2b). También se observa un pequeño grupo de trabajos (16.2%) en el que la pregunta investigable no es planteada ni por el alumno ni por el docente, sino que se obtiene directamente a partir del contexto (planteada por el libro de texto, dossier de visita al museo o sugerida en el *kit* experimental).

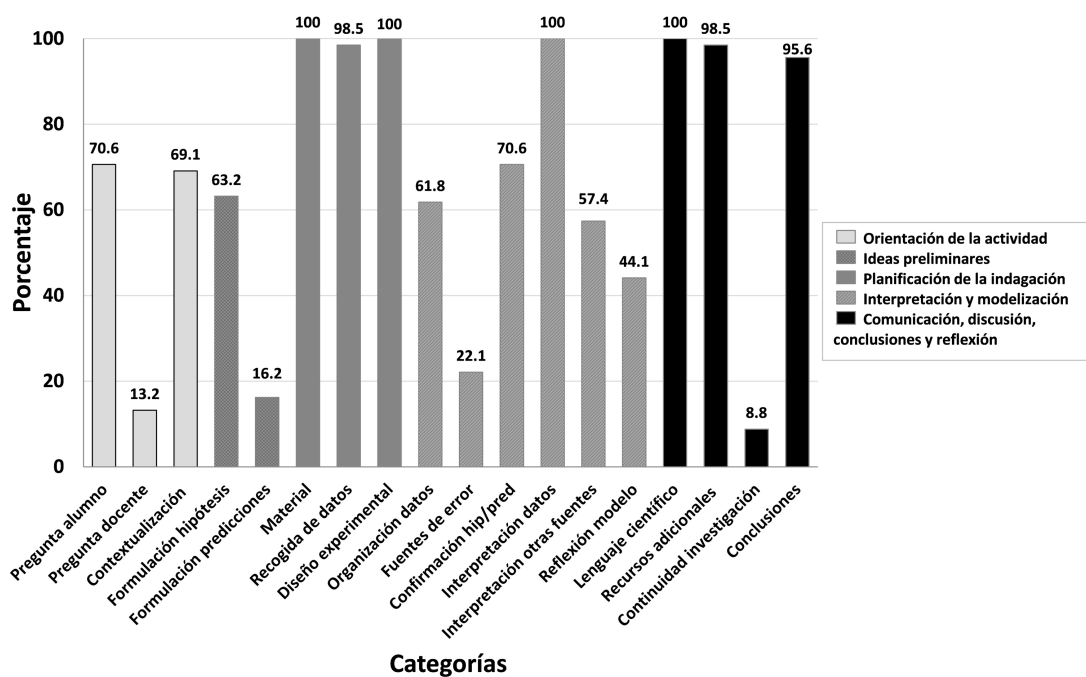


Figura 2: Análisis descriptivo porcentual de las categorías.

Tal y como hemos mencionado anteriormente, aunque la formulación de hipótesis o ideas previas implica cierta dificultad, en el presente estudio es frecuente observar la presentación de las mismas con respecto a la pregunta de investigación. De modo que, el planteamiento de hipótesis queda patente en el 63.2% de las comunicaciones mientras que, en menor frecuencia, los alumnos realizan alguna predicción (16.2%). Además, el coeficiente de correlación de Phi destaca, con una alta correlación (tabla 2a), que cuando se presentan hipótesis o predicciones, los estudiantes acostumbran a exteriorizar la correspondiente confirmación o refutación al finalizar su investigación (70.6%, figura 2). Es habitual que los estudiantes relacionen la metodología de investigación con la formulación previa de hipótesis y, de ahí, suponemos esta elevada frecuencia de aparición, en consonancia con recientes resultados publicados (García-

Carmona, Criado, Cruz-Guzmán 2016). De hecho, este dato se valora positivamente ya que resalta el esfuerzo del alumnado por trabajar las ideas científicas previas en relación al tema de investigación. El trabajo a partir de las ideas previas es fundamental, pues permite que el estudiante pueda percibir la elaboración de modelos más complejos durante el transcurso de la acción educativa y, así, valorar el entendimiento que puede alcanzar sobre el fenómeno o tema estudiado (Amat *et al.* 2016). Es importante destacar que en este trabajo solamente se considera la incidencia de esta habilidad sin llegar a valorar la calidad de las hipótesis planteadas (Ferrés *et al.* 2015).

Tabla 2. Análisis de correlación entre las categorías. a) Asociación positiva o directa entre categorías; b) Asociación negativa o inversa entre categorías.

a. Asociación positiva o directa entre categorías	Chi-cuadrado de Pearson	Coficiente Phi	p
Formulación hipótesis x Confirmación hipótesis/predicciones	33.208	0.704	<0.01
Formulación predicciones x Confirmación hipótesis-predicciones	5.209	0.279	<0.05
Formulación predicciones x Reflexión modelo	11.327	0.411	<0.01
b. Asociación negativa o inversa entre categorías	Chi-cuadrado de Pearson	Coficiente Phi	p
Pregunta promovida por el docente x Contextualización de la actividad	6.028	-0.300	<0.05
Pregunta promovida por el alumno x Pregunta promovida por el docente	17.305	-0.508	<0.01
Interpretación a partir de otras fuentes x Fuentes de error	4.916	-0.271	<0.05

Con respecto a la planificación de la indagación, destaca el gran detalle empleado en sus presentaciones, enumerando y explicando en todos los casos el material o instrumentos utilizados, así como también la secuencia ordenada de acciones que han seguido, las variables, las medidas realizadas y los datos recogidos (figura 2).

La interpretación de los datos es considerada como una fase imprescindible en el proceso indagador, entendida como una etapa de conexión entre la pregunta investigable, la formulación de hipótesis y el análisis de las evidencias recogidas fruto de la experimentación. En el presente trabajo, es habitual observar que los estudiantes que presentan interpretaciones y explicaciones más elaboradas son aquellos que también muestran una organización previa, en formato de gráfico o tabla, de los datos recogidos durante su indagación (61.6%, figura 2). También destaca que en el 57.4% de las presentaciones, los estudiantes comentan el uso de fuentes adicionales de información webgráfica o bibliográfica. La interpretación a partir de estas fuentes está relacionada inversamente con la identificación de posibles errores cometidos durante la investigación (tabla 2b). Dicha correlación inversa podría atribuirse a que cuando encuentran directamente la interpretación a partir de las fuentes bibliográficas dan por válidas sus explicaciones. De hecho, solo en el 22.1% de los trabajos se observa que se tienen en cuenta los posibles errores cometidos durante la experimentación, unos datos que concuerdan, por ejemplo, con el trabajo publicado por García-Carmona *et al.* (2016). En la educación científica básica, se aprecia una dificultad especial por parte del alumnado para encontrar

problemas o errores cometidos durante la etapa de planificación y experimentación de la indagación (Etkina *et al.* 2006).

En general, el desarrollo de las ideas científicas no es una tarea sencilla para los estudiantes. Aun así, entre las presentaciones analizadas, destaca una notable proporción de trabajos (44.1%, figura 2) en los que se tiene en cuenta una modelización científica que, en algunos casos, se puede entrever que es llevada a cabo con la ayuda del docente. En nuestro estudio, es interesante ver que esta reflexión se percibe principalmente cuando el alumnado ha trabajado previamente la formulación de hipótesis y predicciones (tabla 2a). En estos casos se intuye una modelización más avanzada, observándose expresiones del tipo: «...a diferencia de lo que pensábamos, después de realizar el experimento, hemos aprendido que...». Parece ser que cuando los alumnos vuelven atrás para constatar los resultados con las hipótesis planteadas, además de confirmarlas o refutarlas, hacen un balance final de la construcción de su conocimiento científico.

También destaca un uso adecuado del lenguaje científico, probablemente por la alta preparación exigida para la presentación en el congreso. Para mejorar y estructurar su comunicación, en el 98.5% de los casos, los estudiantes han empleado recursos adicionales como vídeos, fotografías o maquetas (figura 2). Contrariamente, solamente en algunas presentaciones (8.8%) se valora una posible continuidad de la actividad o el surgimiento de nuevas preguntas a partir de la investigación desarrollada. Este hecho podría atribuirse a que las comunicaciones en los congresos se preparan de una forma hermética, donde se focaliza el proyecto a presentar sin dar pie a una posible continuidad o al planteamiento de nuevas perspectivas *a posteriori* de la actividad realizada. Por último, se observa como la gran mayoría del alumnado considera fundamental mostrar una síntesis final de sus explicaciones a modo de conclusión. Reflexionar sobre el trabajo realizado (de manera individual y/o colectiva) y poner orden a las ideas encontradas ayuda a promover el propio entendimiento y puede marcar el final del ciclo de aprendizaje (Pedaste *et al.* 2015).

Conclusiones

En el presente artículo se ha estudiado el modelo de actividades científicas desarrolladas en las aulas a través de comunicaciones que alumnos de educación infantil y primaria han presentado en congresos escolares de ciencias. En general se ha constatado que el trabajo científico analizado se circunscribe en dos metodologías principales: la demostración científica y la indagación. Ambos procesos pueden ayudar en el aprendizaje de las ciencias experimentales, pero, sobre todo, la indagación (presente en el 39,9% de las comunicaciones analizadas) se considera como una de las estrategias que mejores resultados proporciona (Demir y Abell 2010; National Research Council 2000).

Con el objetivo de analizar en detalle el modelo de indagaciones presentadas, se ha construido una herramienta de análisis que permite estudiar la frecuencia de aparición de las diferentes etapas y habilidades que se desarrollan habitualmente en un proceso de investigación (tabla 1). En la mayoría de las comunicaciones, los estudiantes presentan una estructura general muy apropiada para este tipo de metodología: i) plantean una pregunta investigable contextualizada en un entorno próximo; ii) mediante la formulación de hipótesis, tienen en cuenta las ideas

científicas preliminares relacionadas con el tema de su investigación; iii) planifican una investigación que permite recoger datos para ser interpretados y explicados con el objetivo de dar respuesta a la cuestión inicial.

En general, el estudio realizado indica que las experiencias indagadoras comunicadas aportan valor al aprendizaje y, en concreto, resulta muy interesante observar la especial importancia que el alumnado proporciona a las etapas de planificación e interpretación de los datos provenientes de su investigación. En ambos casos, los estudiantes reconocen que estas habilidades son fundamentales en un proceso indagador, tal y como se evidencia en las comunicaciones presentadas. En concreto, la planificación es una habilidad representada de una manera muy satisfactoria; un hecho que llama la atención, pues en la literatura se han descrito las dificultades que hasta los estudiantes de profesorado de primaria suelen presentar para llevar a cabo tal etapa (García-Carmona *et al.* 2016). Entendemos que la preparación previa de la comunicación juega un papel muy importante y que, probablemente, el alumnado prefiera destacar los buenos resultados antes que los errores o dificultades encontradas. Es posible que dichas dificultades surjan durante el proceso de planificación desarrollado en el aula, pero también se ha de valorar positivamente el proceso de reflexión realizado por el alumnado para organizar y presentar la planificación adecuada y claramente en el congreso. Por otro lado, los alumnos también dejan constancia de que la interpretación de los datos es necesaria en un proceso indagador. Sin embargo, en las presentaciones es posible evidenciar una menor incidencia de la reflexión de las ideas o de la formulación de las correspondientes explicaciones científicas. Este tipo de habilidades suelen requerir de un mayor esfuerzo por parte del alumnado y mayor apoyo docente, ya que implican la búsqueda de relaciones razonables y lógicas entre lo que observan, la información y conocimientos disponibles, y la correspondiente explicación.

Con respecto al papel del docente, es ampliamente conocido que su orientación y guía es imprescindible en la realización de actividades indagadoras en el contexto escolar. Sin embargo, aunque en el presente trabajo no se ha podido determinar con detalle la incidencia del rol docente en el proceso indagador, pensamos que puede haber influido en el desarrollo de estas actividades, así como también en la preparación de las comunicaciones. La formación del profesorado en indagación es un aspecto y condición relevantes para desarrollar en el centro escolar estos procesos de forma eficaz. En este sentido, tenemos constancia de la formación de algunas maestras y maestros, previa a la realización del congreso, que puede haber contribuido a los buenos resultados observados en el presente estudio. Desde esta perspectiva, sería interesante abordar en futuros estudios cuál es el papel del docente en la realización de estos trabajos de investigación, y valorar su contribución tanto en el desarrollo de la actividad como en la preparación de la correspondiente comunicación.

En resumen, con este estudio se pretende mostrar el éxito de los congresos de ciencias como espacio de comunicación para la ciencia escolar y, en concreto, de las actividades indagadoras. De hecho, el presente análisis de indagación realizado a través de tales reuniones puede contribuir y facilitar el diseño de ambientes de aprendizaje científico, así como constituir una herramienta de soporte especial para las tareas que los docentes y estudiantes puedan realizar en sus contextos escolares.

Agradecimientos

Los autores agradecen al alumnado y a los equipos docentes su participación y disposición a compartir el material presentado en los congresos de ciencia escolar. También agradecemos a los docentes Anna Jiménez, Juan de Miguel y Adelina Ianos por sus orientaciones y participación en la validación de la herramienta de análisis.

Finalmente, este trabajo se enmarca dentro del Proyecto *Programa de Promoció de la Recerca 2016 -AUDL - Ajuts de la Universitat de Lleida*.

Referencias

- Abd-El-Khalick F., Boujaoude S., Duschl R., Lederman N. G., Mamlok, Naaman R., Hofstein A., Niaz M., Treagust D., Tuan H. L. (2004) Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education* 88 (3), 397-419.
- Amat A., Martí J., Grau V. (2016) *Investiguem la matèria*. Barcelona: Consell d'Edicions i Publicacions de l'Ajuntament de Barcelona.
- Asay L. D., Orgill M. (2010) Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education* 21(1), 57-79.
- Biggers M. (2017) Questioning Questions: Elementary Teachers' Adaptations of Investigation Questions Across the Inquiry Continuum. *Research in Science Education* 1-28, DOI: 10.1007/s11165-016-9556-4.
- Biggs J. (2003) *Teaching for quality learning at university*. Buckingham: Open University Press.
- Cañal P., Criado A. M., García-Carmona A., Muñoz G. (2013) La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de Educación Infantil y Primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela* 81, 21-42.
- CESIRE (2016) Fires i congressos (Infantil i Primària). Recuperado de: <http://srvcnpbs.xtec.cat/cdec/index.php/fires-congressos>
- De la Blanca S., Hidalgo J., Burgos C. (2013) Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. *Enseñanza de las Ciencias* N^o Extra., 979-983.
- Demir A., Abell S. K. (2010) Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (6), 716-741.
- Eick C., Meadows L., Balkcom R. (2005) Breaking into inquiry. *The Science Teacher* 72 (7), 49.
- Etkina E., Van Heuvelen A., White-Brahmia S., Brookes D. T., Gentile M., Murthy S., Rosegnant D., Warren, A. (2006) Scientific abilities and their assessment *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 2 (2), 020103.
- Fernández D. P., Greca I. M. (2014) Uso de la metodología de la indagación para la enseñanza de nociones sobre fuerzas en primer ciclo de la escuela primaria. *Revista de Enseñanza de la Física* 26 (2), 265-273.
- Ferrés C., Marbà A., Sanmartí N. (2015) Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12 (1), 22-37.
- Forbes C. T., Biggers M., Zangori L. (2013) Investigating essential characteristics of scientific practices in elementary science learning environments: The practices of science observation protocol (P-SOP). *School Science and Mathematics* 113 (4), 180-190.
- García-Carmona A., Criado A. M., Cruz-Guzmán M. (2016) Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 1-22. DOI: 10.1007/s11165-016-9536-8
- Hazelkorn, E., Charly, R., Yves, B., Constantinos, C., Ligia, D., Michel, G., ... Welzel-Breuer, M. (2015) *Science education for responsible citizenship*. Brussels: European Commission.

- IBM Corp (2016) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, New York: IBM Corp.
- Kang N. H., Orgill M., Crippen K. J. (2008) Understanding teachers' conceptions of classroom inquiry with a teaching scenario survey instrument. *Journal of Science Teacher Education* 19 (4), 337-354.
- Landis J. R., Koch G. G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-174.
- Martí J., Amat A. (2017) La comunicació científica a l'educació primària. *Guix* 433, 14-18.
- National Research Council (1996) *National science education standards*. Washington, DC:National Academy Press.
- National Research Council (2000) *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2012) *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Organización de las Naciones Unidas (2017) Años Internacionales.
- Pedaste M., Mäeots M., Siiman L. A., De Jong T., Van Riesen S. A., Kamp E. T., Constantinos C.M., Zacharias C.Z., Tsourlidaki, E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* 14, 47-61.
- Romero-Ariza M. (2017) El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 286-299.
- Sawada D., Piburn M. D., Judson E., Turley J., Falconer K., Benford R., Bloom I. (2002) Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. *School Science and Mathematics* 102 (6), 245-253.
- Seung E., Park S., Jung J. (2014) Exploring preservice elementary teachers' understanding of the essential features of inquiry-based science teaching using evidence-based reflection. *Research in Science Education* 44 (4), 507-529.
- Toma R. B., Greca I. M., Meneses-Villagrà J. Á. (2017) Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 441-457.

Anexo

Herramienta de análisis de la comunicación de un proceso indagador.

CRITERIO	CATEGORIAS	DESCRIPCIÓN En la comunicación...	EJEMPLOS
Orientación de la actividad	Pregunta promovida por el alumno	...se muestra una observación previa, un interés y una curiosidad por parte del alumno	«Había una pregunta que nos generó interés: ¿cómo varían los elementos meteorológicos a lo largo del día?»
	Pregunta promovida por el docente	...se deja constancia de que el docente promueve el interés y la curiosidad de los alumnos	«La pregunta que nos hicieron los maestros antes de empezar el taller, fue: ¿por qué decimos que las plantas son seres vivos?»
	Contextualización de la actividad	...se observa que la actividad indagadora forma parte de un contexto más general	«Durante el curso fuimos de excursión a <i>Esterri d'Àneu</i> (Pirineo), donde nos planteamos nuestra investigación»
Ideas preliminares	Formulación de hipótesis	...se deja constancia de su modelo intuitivo o de su idea previa sobre el tema a investigar	«...si cuando hay más temperatura en nuestro cuerpo, hay más presión, entonces cuenta más presión atmosférica, mayor temperatura»
	Formulación de predicciones	...explican lo que se cree que sucederá en relación a la pregunta de investigación sin tener en cuenta una idea o modelo científico	«...los huesos sumergidos en agua se volverán más fuertes y aumentarán su anchura»
Planificación de la indagación	Material	...se presenta el material y / o instrumentos utilizados	«Para medir la humedad y la temperatura usamos la estación meteorológica y para medir las precipitaciones el pluviómetro»
	Recogida de datos	...se muestran los datos recogidos que tienen relación con la pregunta investigable	«Anotamos en la libreta los datos referentes a la temperatura en grados centígrados. La temperatura inicial del agua, era de 21°C, aplicamos calor y la temperatura pasó a ser 26.3°C,...»
	Diseño experimental	...los estudiantes explican detalladamente el diseño experimental, identificando las variables a tener en cuenta y mostrando una fiabilidad para que pueda ser replicado	«Primero, colocamos las manos sucias en la placa de Petri. Después, colocamos las manos limpias con agua en la segunda placa. Finalmente, colocamos las manos limpias con agua y jabón en la tercera placa de Petri»
Interpretación y modelización	Organización de los datos	...se muestra una organización de los datos en forma de tabla, gráfico, etc.	«Al final de cada mes analizamos los datos recogidos y realizamos gráficos primero a mano y después con la ayuda del Excel»
	Fuentes de error	...identificar posibles fuentes de error	«Cuando llevábamos unos cuantos lanzamientos y cada vez desde más altura, nos dimos cuenta que también teníamos que medir la profundidad del agujero y volvimos a empezar el experimento»
	Confirmación/refutación de hipótesis y/o predicciones	...se confirman o se refutan las hipótesis/predicciones formuladas inicialmente relacionadas con la actividad	«Hemos observado que cuando el clima es húmedo, la presión atmosférica aumenta. Eso contrasta con nuestra hipótesis que era incorrecta»
	Interpretación de datos	...realizan una interpretación coherente con los datos obtenidos en relación con la pregunta investigable	«Con los datos obtenidos, hemos observado que el cráter tiene el diámetro mayor si el meteorito es mayor en superficie y tiene más peso»
	Interpretación a partir de otras fuentes	...explican cómo completan las interpretaciones a partir de otras fuentes de información	«Hemos buscado información en los libros e Internet porque teníamos dudas sobre la interpretación de nuestros resultados»
	Reflexión del modelo	...reflexionan sobre su modelo o ideas iniciales a partir de las evidencias obtenidas	«Inicialmente creíamos que los alimentos estudiados, por sus características, aportaban una energía parecida. Después de la investigación, hemos aprendido que las calorías que aportan los frutos secos estudiados no son exactamente las mismas según el tipo de fruto estudiado aunque sus valores sí que son parecidos»
Comunicación, discusión, conclusiones y reflexión	Uso del lenguaje científico	...utilizan un lenguaje científico adecuado	Usan expresiones y vocabulario específico adecuado al tema que presentan: material, instrumentos, variables, unidades de medida,...
	Recursos adicionales	...los alumnos usan recursos adicionales para completar su comunicación	Usan fotografías, videos, maquetas, material de laboratorio, etc. en la presentación para mostrar cómo han realizado la actividad.
	Continuidad de la investigación	...se deja constancia de una posible continuidad de la experiencia presentada	«Todavía nos quedan muchas cosas por estudiar, por ejemplo: hay gusanos que parecen escarabajos, pero ¿qué son?»
	Conclusiones	...recogen las ideas fundamentales para resumir y concluir el proceso indagador comunicado	«Después del experimento podemos decir que el cráter se forma según: 1) la superficie del planeta donde cae el meteorito; 2) la superficie y el material del meteorito; 3) la mayoría de cráteres son diferentes porque también son diferentes los meteoritos que impactan»

2. Suports en l'aprenentatge de les ciències per indagació

En aquest segon apartat del marc teòric es farà una descripció dels diferents nivells d'indagació que es desenvolupen a les aules de primària en funció del grau de coneixement d'aquesta metodologia per part dels estudiants. D'aquesta manera, aquests nivells es classifiquen tenint en compte el nivell d'autonomia de l'alumnat i segons els suports que necessiten per dur a terme processos d'indagació a l'aula. Seguidament, es defineixen els diferents suports que es poden introduir a l'aula per guiar activitats indagadores. Aquests suports es classificaran tenint en compte el seu objectiu i la forma que poden prendre, posant el focus en la tecnologia com a forma de suport de la metodologia d'indagació a les aules d'educació primària. En aquest sentit, s'exploraran i es revisaran les potencialitats de la tecnologia i, concretament, s'incidirà en els exemples de treball en vídeo com a eines tecnològiques per donar suport als processos d'indagació a l'aula d'educació primària.

2.1. Diversitat a l'aula respecte a la metodologia d'indagació

La metodologia d'indagació científica proporciona bons resultats en l'aprenentatge de les ciències (Abd-El-Khalick et al., 2004; Demir i Abell, 2010). Tanmateix, implementar una indagació científica a l'aula per primera vegada pot resultar una tasca que, com s'ha comentat a la secció 1.3.3. presenta certes dificultats (García- Carmona et al., 2017). Involucrar-se en una tasca complexa com és la indagació representa un gran repte pels estudiants sense experiència ja que la seva capacitat cognitiva de processament de la informació és limitada (Flavell, 1992). Per aquest motiu, diversos estudis plantegen la importància d'introduir des d'activitats indagadores més guiades, sobretot pels estudiants que s'inicien amb aquesta metodologia, fins a indagacions més obertes pels estudiants amb un major nivell d'experiència (Bell, Smetana, i Binns, 2005; Sadeh i Zion, 2009).

Diferents autors classifiquen la indagació en diferents nivells segons la quantitat de suports proporcionats a l'alumnat, adaptats a les seves necessitats educatives. Per exemple, es poden trobar activitats indagadores més estructurades, amb una quantitat important de suports, o activitats més obertes, on l'alumne pren un paper més actiu i la incidència de suports és mínima (Eick, Meadows, i Balckom, 2005; National Research Council, 2000). En concret, les activitats indagadores es poden classificar en quatre nivells en funció de la quantitat de suports que s'introdueixin (Taula 3):

1. Indagació *confirmatòria* (Nivell 1); es proporciona als estudiants una pregunta i un procediment en què els resultats esperats es confirmen per avançat (NRC, 2000). Aquest nivell d'indagació treballa dues característiques importants de la indagació: treballa a partir de les qüestions científiques plantejades i respon les preguntes a partir de les evidències per poder explicar fenòmens científics prèviament treballats. Aquest enfocament contrasta amb els llibres de text tradicionals, en què les evidències exposades normalment no es mostren. El treball a partir d'aquest nivell d'indagació permet als alumnes fer un canvi des les teories mostrades als llibres de text fins a un món de dades reals que permeten donar resposta a les preguntes científiques plantejades (Eick et al., 2005).

2. Indagació *estructurada* (Nivell 2); es proporciona als estudiants una pregunta que han d'investigar a partir d'un procediment prescrit. Aquest nivell inclou una descripció pas a pas en que s'ha de respondre una pregunta investigable (NRC, 2000). Aquesta aproximació permet seguir el cicle de fer prediccions, observar i explicar. El material de suport proporciona una estructura sobre com els estudiants han de recollir o representar les dades obtingudes. Després els estudiants han de considerar els resultats i formular les seves explicacions científiques. La docent o altres suports ajuden a fer connexions entre el fenomen observat i els principis científics (Eick et al., 2005).
3. Indagació *guiada* (Nivell 3); es proporciona una pregunta investigable als estudiants i són ells mateixos els que dissenyen o bé seleccionen la metodologia a seguir (NRC, 2000). En aquest nivell, els estudiants dominen algunes característiques essencials de la indagació (avaluació, explicació i connexió amb el coneixement científic). A partir de la pregunta plantejada, els alumnes formulen hipòtesis, planifiquen com testar-les, recopilen les dades i les analitzen per acceptar o refutar les seves hipòtesis. Per desenvolupar aquest nivell es necessiten més recursos que en els nivells anteriors, però aquest nivell permet molta més autonomia de l'estudiant (Eick et al., 2005).
4. Indagació *oberta* (Nivell 4); els estudiants formulen les preguntes relacionades amb una temàtica concreta determinada pel docent o per altres suports. Els alumnes decideixen quina metodologia han de seguir per poder dur a terme les seves investigacions i comuniquen i justifiquen les seves explicacions (NRC, 2000). Amb una mínima guia, els estudiants trien el tema científic a investigar, cerquen informació bibliogràfica, planifiquen l'experimentació, analitzen les dades i representen els resultats. Les ajudes es focalitzen en guiar als estudiants en la preparació i planificar el temps per cada entrega (Eick et al., 2005).

A mesura que el nivell d'experiència augmenta, l'alumnat desenvolupa activitats indagadores on la quantitat de suports va disminuint. De fet, segons Bell, Smetana, i Binns (2005), un cop l'alumnat ha assolit els nivells d'experiència de l'1 al 3, està preparat per realitzar investigacions del nivell 4. Per poder assolir aquest nivell de màxima autonomia, els estudiants necessiten guies apropiades que facilitin el desenvolupament de totes les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació científica (Banchi i Bell, 2008; NRC, 2000). Tanmateix, és important destacar que l'estudi de Buck, Bretz, i Towns (2008), va una mica més enllà i planteja un nivell superior que anomena indagació *autèntica*. Aquest nivell superior d'indagació proposa que l'alumnat decideixi el problema a investigar sense influència prèvia en la temàtica científica, proposa un disseny experimental per abordar la pregunta investigable, analitza les evidències recollides i planteja explicacions científiques.

Aquesta escala que relaciona els nivells d'autonomia de l'alumnat respecte la indagació i la quantitat de suports que es proporcionen, es pot veure com una progressió en l'aprenentatge de les ciències per indagació (Taula 3, NRC, 2000). És a dir, els estudiants progressivament augmenten de nivell a mesura que es desenvolupen les seves habilitats indagadores i de la mateixa manera

augmenta la confiança o familiarització amb la metodologia d'indagació científica (Banchi i Bell, 2008; Bell et al., 2005). En aquest sentit, resulta important destacar que els estudiants novells, és a dir, els estudiants que s'inicien amb aquesta metodologia, és difícil que puguin realitzar les primeres indagacions escolars amb els nivells més oberts. Aquests nivells superiors requereixen d'un esforç cognitiu més elevat i del desenvolupament de raonament científic, el qual es pot assolir un cop s'ha treballat la indagació d'una forma més estructurada (NRC, 2000).

Taula 3. Característiques principals en cada nivell d'indagació. Traducció de National Research Council (2000).

Característiques principals	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Nivell 4
<i>1.L'alumnat participa en preguntes científiques</i>	Treballa a partir d'una pregunta plantejada pel docent o altres recursos	Clarifica qüestions proposades pel docent o altres recursos	Selecciona entre unes qüestions i planteja noves qüestions	Proposa una pregunta
<i>2. L'alumnat dona prioritat a l'evidència en respondre a les qüestions</i>	Es proporciona dades a l'alumne i s'explica com analitzar-les	Recull dades i planteja com analitzar-les	Recull dades concretes	Determina que és una evidència i en recull
<i>3.L'alumnat formula explicacions a partir de les evidències</i>	Es proporcionen evidències i com usar-les per formular explicacions	Planteja diferents formes d'utilitzar les evidències per formular explicacions	Guia el procés de formular explicacions a partir de les evidències	Formula explicacions després d'organitzar les evidències
<i>4.L'alumnat connecta les explicacions amb el coneixement científic</i>		Planteja possibles connexions	Examina àrees i recursos de coneixement científic	Examina independentment altres recursos i ho relaciona amb les explicacions
<i>5.L'alumnat comunica i justifica les explicacions</i>	Es proporcionen passos i procediments per la comunicació.	Proporciona directrius generals sobre l'ús de la comunicació	S'entrena en el desenvolupament de la comunicació	Planteja raonaments lògics per comunicar les explicacions

Menys.....nivell d'autonomia de l'estudiant.....Més
Més.....quantitat de suport proporcionat pel docent o el material.....Menys

D'aquesta manera, aportar guies i suports que afavoreixin el desenvolupament d'activitats indagadores a l'aula sembla un aspecte clau en estudiants que, principalment, s'introdueixen en aquesta metodologia. Pro (2011) destaca que les tasques requerides en una indagació no són innates i es requereixen ajudes per atendre la diversitat de nivells respecte la metodologia d'indagació. Així doncs, és important que els estudiants estiguin familiaritzats amb els diferents processos i habilitats implicats en aquesta manera d'aprendre. Així doncs, aportar guies durant les activitats indagadores facilita que aquestes siguin més efectives principalment durant les primeres etapes educatives (Kirschner, Sweller, i Clark, 2006).

2.2. Suports en la implementació de la metodologia d'indagació

Tal i com s'ha comentat en els apartats anteriors, la metodologia d'indagació científica presenta certes dificultats quan es tracta d'implementar-la a les aules escolars, sobretot per aquells estudiants que són novells (NRC, 2000; Pro, 2011). Aquesta metodologia requereix d'un esforç cognitiu elevat i d'un tipus de raonament i pensament crític que s'assoleixen a partir d'una base indagadora estructurada (NRC, 2000; Kirschner et al., 2006). Mayer (2004) apunta que sovint es dona llibertat a l'alumnat per treballar les activitats indagadores, aportant autonomia i facilitant els diferents ritmes d'aprenentatge. Però aquesta llibertat sense una bona estructura condueix a observar certes dificultats en l'aprenentatge basat en indagació. De fet, nombrosos estudis indiquen que la metodologia indagadora només és eficaç quan es guia adequadament en estudiants novells (Alfieri, Brooks, Aldrich, i Tenenbaum, 2011; Banchi i Bell, 2008; Bell et al., 2005; Kruit et al., 2018; Mayer, 2004).

Tanmateix, per tal de guiar adequadament les activitats indagadores a l'aula, aquesta metodologia s'ha d'adaptar a les diferents necessitats dels estudiants. En aquest sentit, l'estudi de Van Dijk, Eysink, i de Jong (2016) destaquen que els estudiants amb diferents nivells de destresa respecte el procés indagador, usaran uns tipus de suports o altres en funció de les seves necessitats. D'aquesta manera, en els últims anys s'ha dissenyat un ampli ventall d'ajudes i suports per tal de guiar un procés indagador i millorar el desenvolupament de les habilitats científiques (Koksal i Berberoglu, 2014; Lazonder i Harmsen, 2016; Van Dijk et al., 2016). D'aquesta manera, és important tenir un ampli ventall d'ajudes que puguin donar suport a les diferents necessitats dels estudiants. Concretament, per tal d'atendre la diversitat a l'aula durant un procés indagador, aquests suports es poden classificar segons: i) *l'objectiu*; ajudes centrades segons el tipus de suport que proporcionen respecte la implementació del procés d'indagació a l'aula; i, ii) *forma*; segons l'agent que proporciona l'ajuda al llarg de l'activitat indagadora.

2.2.1. Suports segons objectiu a l'aula d'educació primària

Per tal d'implementar d'una forma satisfactòria les activitats indagadores a les aules, la literatura indica que les ajudes s'han de diversificar per poder adaptar-se a la diversitat de l'aula. En el context de la indagació científica, la diversitat a l'aula pot tenir certa influència en el desenvolupament de l'activitat científica. D'aquesta manera, diversos estudis senyalen la importància d'oferir suports diferenciats per tal de satisfer les diverses necessitats dels estudiants (van Dijk et al., 2016; Vygotsky, 1986). De fet, segons van Dijk (2016), quan les ajudes s'adapten a la diversitat de l'aula, els resultats d'aprenentatge i els nivells de motivació cap a l'activitat incrementen. Per aquest motiu, resulta important ajustar el tipus de suport a les necessitats específiques de cada estudiant durant cada fase del procés indagador (Hill i Hannafin, 2001). D'aquesta manera, segons l'objectiu que persegueix l'ajuda, el tipus de suport pot ser:

- i) *conceptual*, fan referència a la generació de significat científic, aporta informació sobre el tema a indagar. Focalitzen en la comprensió dels conceptes científics de la temàtica que es treballa a partir de la indagació. Faciliten la connexió entre els conceptes

científics implicats al llarg de la indagació, per exemple, contribuint a la construcció de mapes conceptuals;

- ii) *metacognitiu*, se centra en l'articulació i la reflexió sobre el procés d'indagació. Ajuda als estudiants a organitzar el seu coneixement i a pensar i a actuar com un científic (pensament científic). Focalitza en les habilitats de pensament. Promou la cultura de la indagació, per exemple guiant el discurs de la indagació;
- iii) *social*, es focalitzen en guiar els processos socials de l'aprenentatge, impulsant la col·laboració i la interacció amb els estudiants, per exemple en establir un discurs entre l'alumnat;
- iv) *procedimental*, focalitza en els mètodes i en les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació. Permeten reduir la càrrega cognitiva dels estudiants, simplificant les tasques i permetent als estudiants centrar-se en el procés indagador. Aporten ajudes específiques per tal de posar en pràctica les habilitats científiques.

2.2.2. Suports segons la forma a l'aula d'educació primària

Durant el procés d'indagació, cada habilitat científica implicada està associada a una tasca molt concreta i detallada. Així doncs, s'han descrit diverses ajudes segons l'objectiu que persegueixen per tal de donar suport a cada activitat científica que realitzen els estudiants. Tanmateix, totes aquestes ajudes que es proporcionen a l'aula atenent un objectiu concret també s'han de considerar des del punt de vista de la forma. Un aspecte important a considerar en aquest sentit és l'agent que promou aquest suport durant l'activitat indagadora a l'aula. De fet, l'estudi de van Dijk senyala que els estudiants de nivells cognitius més avançats utilitzen els suports de forma més independent i sense influir la procedència de l'ajuda. En canvi, els estudiants de nivells més baixos necessiten ajudes més personalitzades que estimulin la motivació. D'aquesta manera, per tal de poder atendre a les necessitats específiques dels estudiants d'educació primària, Kim i Hannafin (2011a) classifiquen els suports a la indagació segons l'agent que la promou. Així doncs, aquests suports poden provenir dels companys, dels docents i de la tecnologia.

- i) Companys; el tipus de suport que aporten els companys de treball al llarg del procés d'indagació, segons Kim i Hannafin (2011a), es pot classificar en:
 - a. Demostracions, són molt freqüents a les aules i estan relacionades amb preguntar i mostrar, per exemple, com realitzar la planificació d'una investigació, com utilitzar uns instruments de mesura o com recollir i organitzar les dades.
 - b. Assistència procedimental; són força evidents quan durant el procés d'indagació intervé alguna eina tecnològica. En aquest sentit, els estudiants s'ajuden els uns als altres quan tenen problemes tècnics amb l'eina.
 - c. Validació; té lloc freqüentment quan els estudiants generen respostes durant els últims processos investigadors, per tal de comprovar les evidències obtingudes.

- d. Intercanvi de perspectives; els suports tenen lloc quan es comparteixen comentaris sobre l'estructura, el disseny i el contingut de l'activitat investigadora. En aquest sentit hi ha un intercanvi de perspectives que mostra la capacitat d'interpretar les evidències per construir explicacions científiques.
- ii) Docent; els suports per part del docent poden ser diversos, per exemple, explicant les tasques o activitats, guiant el procés d'indagació i posant reptes per reflexionar (Lehtinen i Viiri, 2017). Aquests diversos suports segons Kim i Hannafin (2011a), es poden descriure com:
- a. Clarificar; el docent de forma rutinària aporta explicacions sobre el contingut de la indagació i també sobre aspectes logístics a partir de detectar les diverses dificultats que observa a l'aula.
 - b. Guiar; el docent controla el seguiment de l'activitat dels estudiants. En aquest sentit, s'adapta a la diversitat de l'aula i planteja qüestions als estudiants per tal de progressar en el desenvolupament de l'activitat científica a nivell individual.
 - c. Proposar reptes; proposa qüestions i comparteix recursos per tal d'encoratjar als alumnes i anar més enllà durant el procés indagador.
- iii) Tecnologia; en els últims anys s'han desenvolupat diversos suports tecnològics per tal de guiar activitats indagadores a les aules (Puntambekar i Hubscher, 2005). En aquest sentit, segons Kim i Hannafin (2011a), es distingeixen diversos suports segons l'objectiu en què es focalitzen.
- a. Context; les eines i recursos tecnològics estan dirigits a contextualitzar i emmarcar el problema.
 - b. Metacognitiu; ajuden als estudiants a centrar-se en les tasques del procés indagador com la comprensió conceptual, o les tasques de resolució de problemes.
 - c. Processament; contribueix a l'organització de la tasca d'indagació, permetent un millor accés a les activitats plantejades.
 - d. Col·laboració, diàleg i comunicació; l'eina tecnològica permet intercanviar idees entre l'alumnat i discutir sobre els resultats obtinguts a partir de la indagació científica realitzada.

2.3. Les eines tecnològiques com a suport en indagacions científiques a educació primària

Tot i la importància de la tecnologia en l'aprenentatge de les ciències per indagació, hi ha una manca de revisions que posin el focus en la tecnologia com agent de suport enfocat a les activitats indagadores. Encara que existeixin treballs de revisió que aporten diferents visions sobre les oportunitats que ofereix la tecnologia en les activitats científiques, aquestes treballs no se centren en la diversitat d'ajudes tecnològiques concretament a l'etapa d'educació primària. A més a més, els treballs que es troben a la literatura no es focalitzen en com aquestes ajudes es poden adaptar als diferents perfils d'estudiants. Conèixer quins suport tecnològics tenim a l'abast per tal de promoure la indagació científica escolar pot contribuir a minimitzar les dificultats que presenta la implementació d'aquesta metodologia a les aules d'educació primària. D'aquesta manera, a partir de la revisió que es presenta a continuació, s'analitzarà quines eines tecnològiques s'han descrit educació primària en la última dècada per tal de donar suport als processos d'indagació a l'aula. A més, en aquest estudi s'analitzarà com aquestes eines es diversifiquen per tal d'atendre la diversitat d'estudiants a les aules d'educació primària. Finalment, s'estudiarà com aquestes eines tecnològiques es relacionen amb els altres agents participants a l'aula, és a dir, amb els companys i els docents.

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

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

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

1. 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:

- i) *Conceptuales*: hacen referencia a la generación de significado científico, es decir, focalizan el conocimiento y comprensión de los conceptos de la materia.
- ii) *Procedimentales*: se centran en los métodos y procesos indagadores (variables, recogida y organización de datos, etc.).
- iii) *Metacognitivas*: hacen referencia a la articulación y reflexión sobre el proceso de indagación.
- iv) *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).

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?

2. 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.

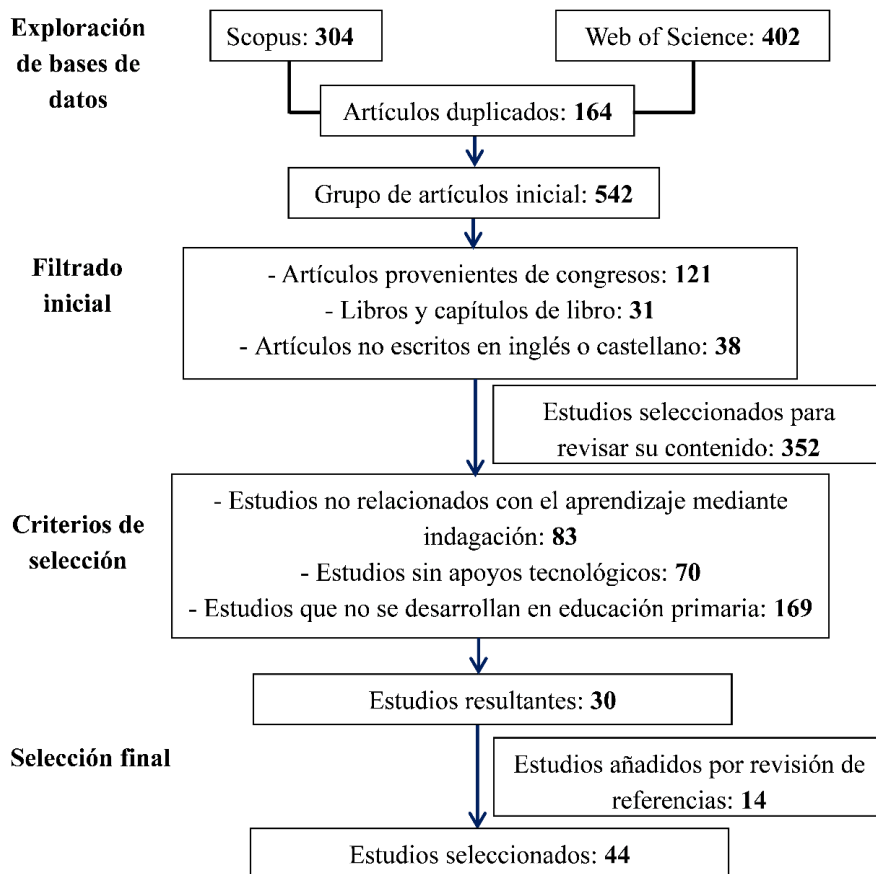


Figura 1. Proceso de selección de los artículos incluidos en la presente revisión

3. 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.

Apoyo tecnológico										
Año	Autores	Edad	Alumnos	Duración	Contenido	Metodología	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 (juego 3D)	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, Viljo & Hakkarainen	9-11	31	13 meses	Movimiento, luz, características metales	Proyecto	Plataforma digital (Knowledge Forum)	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, polens, geología)	Indagación	Plataforma digital (Web of Inquiry)	Conceptual, procedimental, metacognitivo y social	-	Diseño, instrucción y evaluación
2011	Kim & Hannafin	11-12	44	6 sesiones	Ecología	Proyecto	Plataforma digital (WISE)	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 (Stochasmos)	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 (smartphone)	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 (Knowledge Forum)	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	-	-

Año	Autores	Edad	Alumnos	Duración	Contenido	Metodología	Tipo herramienta	Apoyo tecnológico		
								Objetivo	Atención al perfil del alumnado	Participación del docente
2012	Otrel-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 (<i>QWST</i>)	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 (<i>Knowledge Forum</i>)	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 (<i>Wiki</i>)	Conceptual, procedimental y 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 (<i>WISE</i>)	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 video	Conceptual, procedimental	-	-
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

4. Discusión de los resultados

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 (Hill & Hannafin, 2001) 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:

- *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.

- *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 como el vídeo 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.

Pl. 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, Otrrel-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.

5. 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.

6. 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*.
- 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*.
- 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*.
- 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*.
- 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.

2.4.Els exemples de treball en vídeo com a suports a l'aula d'educació primària

2.4.1. El vídeo a l'aula de ciències

En els últims anys, el vídeo ha estat descrit àmpliament a la literatura com una eina tecnològica utilitzada en el món educatiu amb diferents objectius didàctics (Kay, 2012). El vídeo en educació s'ha utilitzat per transmetre conferències (Griffin, Mitchell, i Thomson, 2009); per la pràctica reflexiva dels docents (Correa, Chaubet, Collin, i Gervais, 2014); en explicacions de resolució de problemes (Crippen i Earl, 2004); i, com a material suplementari d'un curs (McGarr, 2009). Diversos autors senyalen els beneficis que les representacions audiovisuals ofereixen als estudiants com: el dinamisme i millora de les classes presencials, deixant temps als docents per aprofundir en la comprensió dels conceptes (Jarvis i Dickie, 2010); el control en la selecció de la informació (Fill i Ottewill, 2006); l'adaptació de l'eina al ritme d'aprenentatge i als diferents perfils d'estudiants (Heilesen, 2010); l'establiment de la freqüència de visualització (Wang et al., 2010); la visualització agradable i motivadora (Alpay i Gulati, 2010), la millora en l'aprenentatge (Boster et al., 2007) i la flexibilitat en el lloc i en el moment de la visualització (Kay, 2012).

Concretament, en el camp de la didàctica de les ciències, es troben les primeres evidències relacionades amb l'ús del vídeo com a suport a l'aula a partir de l'any 1950. En els seus inicis, el vídeo es va descriure com un recurs usat principalment per comunicar, és a dir, com a transmissor de continguts sense possibilitat d'interacció amb els estudiants (Kearney i Treagust, 2001; Kress, Charalampos, Jewit, i Obborn, 2006). Actualment, el vídeo destaca per la possibilitat d'explicitar les idees a partir de la presentació de la informació i, particularment, a l'aula de ciències permet il·lustrar pràctiques científiques perilloses i costoses o bé ajuda a explicar fenòmens de difícil accés. En aquest sentit, el vídeo també permet mostrar de forma repetida processos científics que poden presentar certes dificultats d'execució a l'aula, facilitant l'aturada a les seqüències que requereixin més atenció (Otrell-Cass, Khoo, i Cowie, 2012). De fet, Kearney i Treagust (2001), destaquen la importància del vídeo com a eina que permet mostrar exemples importants de la vida real a l'aula i d'aquesta manera connectar la ciència escolar amb el món exterior.

No obstant, tot i l'ample ventall d'usos del vídeo a les aules, hi ha una manca de treballs d'investigació centrats en descriure els beneficis d'aquesta eina tecnològica en el desenvolupament de processos i habilitats científiques a les aules d'educació primària (Kay, 2012; Otrell-Cass et al., 2012). Al llarg d'aquesta etapa educativa són necessàries les ajudes per tal de guiar processos indagadors, degut a la manca d'experiència dels estudiants en aquest tipus d'activitats científiques (Coil et al., 2010; Koksai i Berberoglu, 2014; Roll et al., 2018; Vartak et al., 2013). Aprofitant els múltiples avantatges que ofereix el vídeo i amb l'objectiu d'oferir una visió més explícita del desenvolupament de les habilitats científiques, en els últims anys s'han desenvolupat els exemples de treball en vídeo, fins al moment només reportats a educació secundària (Kant, Scheiter, i Oschatz, 2017; Mulder, Ladonder, i de Jong, 2014).

2.4.2. Els exemples de treball

Durant l'etapa d'educació primària les ajudes són imprescindibles per tal de guiar l'aprenentatge a partir de la metodologia d'indagació. Els estudiants s'inicien amb aquesta metodologia i és important rebre suports durant les primeres indagacions per adquirir les diferents habilitats científiques i per millorar l'actitud cap a la ciència (Coil et al., 2010; Koksai i Berberoglu, 2014; Roll et al., 2018; Vartak et al., 2013).

Entre els diferents suports que s'ofereixen per guiar un procés d'indagació, diversos estudis destaquen aquells que contribueixen a mostrar una estructura de les tasques implicades en un procés d'investigació (Kay, 2012; Lazonder i Kamp, 2012; Lazonder i Egbrink, 2014). En aquest sentit, l'estudi de Mulder et al. (2014) ressalten la importància d'oferir una visió explícita de les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació. D'aquesta manera, destaquen els suports basats en els exemples de treball per poder entendre l'objectiu i el desenvolupament de les diferents habilitats científiques a l'aula (Atkinson, Derry, i Wortham, 2000; Sweller i Cooper, 1985).

Els exemples de treball mostren pas a pas com conduir certes tasques que guien cap a la solució del problema per part d'un expert. En aquest sentit, ofereixen un suport a l'alumnat que permet estructurar i segmentar una tasca en diverses sub-tasques que resulten més fàcils de gestionar per part dels estudiants. Aquesta ajuda procedent d'un professional és molt important pels estudiants novells que necessiten aquest tipus de suport per estructurar millor una tasca degut a la seva falta d'experiència (Quintana et al., 2004). D'una banda, els exemples de treball contribueixen a millorar el desenvolupament d'un esquema de construcció de l'aprenentatge per tal de resoldre un problema reduint l'esforç mental dels estudiants. I, d'altra banda, permeten escurçar el temps de treball ja que prevenen als estudiants d'una cerca d'informació innecessària (Atkinson, Derry, Renkl, i Wortham, 2000; Sentz i Stefaniak, 2019; Sweller i Cooper, 1985; Sweller, van Merriënboer, i Paas, 1998; van Gog et al., 2004).

2.4.3. La combinació dels exemples de treball amb el vídeo per guiar un procés d'indagació

En els darrers anys, els exemples de treball s'han començat a combinar amb l'ús del vídeo (exemples de treball en vídeo, exemples en vídeo o en anglès *video worked examples*, *video examples*, *videos*) (Coppens, Hoogerheide, Snippe, Flunger, i van Gog, 2019; Crippen i Earl, 2004; Kay, 2012; Van Gog, Pass, i Van Merriënboer, 2014). D'aquesta manera, els exemples de treball en vídeo proporcionen explicacions audiovisuals sobre com resoldre problemes específics (Coppens et al., 2019; Kay, 2012). El fet d'incorporar el vídeo permet visualitzar d'una forma més clara i vivencial el procés de resolució d'un problema, arribant més enllà del que es pot aconseguir a través dels llibres de text o de les classes magistrals (Rowley-Jolivet, 2004). La combinació amb el vídeo també permet incrementar la interactivitat amb l'alumnat, els quals poden utilitzar lliurement aquests vídeo exemples abans o durant el desenvolupament de les seves tasques a l'aula (Kant et al., 2017).

A partir dels múltiples avantatges que proporciona aquesta eina tecnològica, alguns estudis mostren com els exemples de treball en vídeo han estat dissenyats com a suport en un procés indagador (Kant et al., 2017; Mulder et al., 2014). En els casos descrits a la literatura, s'observa que aquests exemples en vídeo es contextualitzen en un problema científic concret i tracten de mostrar com resoldre'l focalitzant-se en els següents aspectes: i) l'estructura i les accions habituals que són necessàries desenvolupar al llarg d'una investigació científica; ii) demostrar i exemplificar com aplicar les diferents habilitats científiques involucrades, il·lustrant també el raonament que existeix per aplicar cadascuna d'elles en una activitat indagadora (de Jong i Lazonder, 2014). A més, aquests exemples en vídeo dedicats a processos indagadors acostumen a destacar la naturalesa complexa d'una investigació científica, la qual presenta una estructura oberta i iterativa, sense ser un desenvolupament algorítmic i lineal (Mulder et al., 2014).

En primer lloc, a partir de l'explicitació del desenvolupament de les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació, els exemples en vídeo ajuden als estudiants a comprendre en què consisteixen les diferents habilitats científiques i a saber com posar-les en pràctica a l'aula. Com a conseqüència de mostrar exemples, explicacions i demostracions, aquests contribueixen a reduir l'esforç mental i ajuden als estudiants a concentrar-se en els passos necessaris per resoldre una indagació científica (Kant et al., 2017). En segon lloc, a partir de la comprensió de les diverses accions o habilitats científiques, s'espera que l'alumnat pugui aplicar aquestes habilitats en contextos científics diferents (Kant et al., 2017; Mulder et al., 2014). En aquest sentit, Mulder et al. (2014) senyala que els exemples de treball en vídeo tenen una influència positiva en la sistematització de les activitats indagadores que recau en una millora en els models científics de l'alumnat.

Involucrar-se en una tasca complexa, com poden ser els processos indagadors, és un gran repte pels estudiants sense experiència ja que la seva capacitat cognitiva de processament de la informació és limitada (Flavell, 1992). D'aquesta manera, s'espera que els estudiants siguin més eficients amb aquesta metodologia i puguin esdevenir més actius i autònoms a mesura que avança la investigació per abordar activitats d'indagació cada vegada més complexes (Bell, Smetana, i Binns, 2005).

Objectius

Aquesta tesi sorgeix de la necessitat d'introduir nous suports d'aprenentatge per enfortir el conjunt de recursos que permetin guiar i estructurar un procés indagador a les aules d'educació primària. Durant aquesta etapa, les ajudes són especialment necessàries, tenint en compte que els estudiants s'inicien amb aquesta metodologia d'aprenentatge i, a més, és el moment d'assentar les bases per realitzar bones indagacions al llarg de l'etapa educativa (Coil et al., 2010). En aquest sentit, destaquen aquelles ajudes que expliciten el desenvolupament de les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació (Kruit et al., 2018). Diversos estudis destaquen els exemples de treball, els quals mostren pas a pas la resolució d'un problema i ajuden als estudiants a adquirir un esquema del procés indagador contribuint a una sistematització de l'activitat científica (Mulder et al., 2014). En aquest sentit, quan els exemples de treball s'introdueixen a partir del format en vídeo milloren la presentació i clarificació de l'estructura de la investigació. Fins al moment, l'ús dels exemples de treball en vídeo només s'ha estudiat a educació secundària i en aquests casos, s'han centrat en el desenvolupament de certes habilitats científiques com el control de variables i la interpretació dels resultats (Kant et al. 2017; Mulder et al. 2014). D'una banda, Kant et al., (2017) indica que aquests suports ajuden a reduir l'esforç mental dels estudiants i els ajuda a concentrar-se en les passos necessaris per resoldre una activitat indagadora. D'altra banda, el treball de Mulder et al., (2014) destaca que els vídeos tenen un impacte positiu en millorar la sistematització de les investigacions alhora que contribueixen a reforçar la construcció de models científics. En ambdós estudis, els exemples en vídeo han contribuït a millorar el comportament indagador dels estudiants i a desenvolupar investigacions científiques més avançades (Kant et al., 2017; Mulder et al., 2014).

Tot i els bons resultats reportats a la literatura, aquests exemples en vídeo encara no s'han explorat a educació primària, una etapa educativa en que els suports per guiar la metodologia d'indagació científica són especialment necessaris. D'aquesta manera, la present tesi se centrarà en el desenvolupament de les habilitats científiques a educació primària a través del suport dels exemples en vídeo. Malgrat que els estudis reportats a la literatura sobre els exemples en vídeo se centren en el desenvolupament d'una habilitat científica concreta, en el present treball s'analitzarà com aquest suport contribueix a comprendre i aplicar cadascuna de les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació. D'aquesta manera, els exemples en vídeo donaran suport al desenvolupament de totes les habilitats científiques, des de la formulació d'una pregunta investigable fins a la interpretació de les dades i generació de les conclusions. En aquest sentit, el present treball aportarà idees de com acompanyar els estudiants en el desenvolupament de les habilitats científiques per tal de realitzar activitats indagadores de forma satisfactòria. D'aquesta manera, aquest treball contribueix a ampliar el cos de coneixement actual sobre l'ús del vídeo com a suport a l'aula d'educació primària. A més, pot ajudar a professionals de l'àmbit educatiu a dissenyar, implementar i avaluar activitats indagadores a les escoles.

En aquesta línia, en la present tesi es desenvoluparan diferents objectius que es treballaran al llarg dels tres estudis que conformen els resultats d'aquesta tesi. En aquesta línia, el present treball es focalitza en els següents objectius:

- 1) Dissenyar i validar una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples de treball en vídeo per guiar una activitat indagadora i promoure el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants d'educació primària.

- a. Dissenyar exemples de treball en vídeo per guiar un procés d'indagació a l'aula d'educació primària (Estudi 1 i 2).
 - b. Validar els exemples de treball en vídeo per part d'un grup d'experts (Estudi 1 i 2).
- 2) Dissenyar i validar una eina d'avaluació per a estudiar el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants a partir de l'estratègia didàctica aplicada.
- a. Dissenyar una eina d'avaluació per estudiar el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants (Estudi 1 i 2).
 - b. Validar l'eina d'avaluació per part del grup d'experts (Estudi 1 i 2).
- 3) Analitzar el desenvolupament de les habilitats científiques en una aula d'educació primària a través de la implementació de l'esmentada estratègia didàctica.
- a. Estudiar el nivell de domini de les habilitats científiques dels estudiants abans i després de realitzar una indagació científica guiada amb el suport dels exemples de treball en vídeo (Estudi 1 i 2).
 - b. Estudiar la progressió en el domini de les habilitats científiques quan s'implementen consecutivament dues indagacions científiques amb el suport dels exemples en vídeo (Estudi 3).
 - c. Avaluar l'efectivitat de l'estratègia didàctica implementada en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants a partir de la comparació dels resultats entre un grup experimental i un grup control (Estudi 3).

Bibliografía

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... i Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Akuma, F. V., i Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 619-648. <https://doi.org/10.1002/tea.21516>
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., i Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning?. *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Alpay, E., i Gulati, S. (2010). Student-led podcasting for engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 35(4), 415-427. <https://doi.org/10.1080/03043797.2010.487557>
- Arnold, J. C., Kremer, K., i Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., i Wortham D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Banchi, H., i Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bell, R., Smetana, L., i Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Boster, F. J., Meyer, G. S., Roberto, A. J., Lindsey, L., Smith, R., Inge, C., i Strom, R.E. (2007). The impact of video streaming on mathematics performance. *Communication Education*, 56(2), 134-144. <https://doi.org/10.1080/03634520601071801>
- Buck, L. B., Bretz, S. L., i Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A. (2012). La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En: *El desarrollo de la competencia científica*, 127-146. Barcelona: Graó.
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique*, 52, 9-19.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica?. *Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.
- Cañal, P., Travé, G., i Pozuelos, F. J. (2011). Análisis de obstáculos y dificultades de profesores y estudiantes en la utilización de enfoques de investigación escolar. *Investigación en la Escuela*, 73, 5-26.

- Chin, C., i Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in science education*, 44(1), 1-39. <https://doi.org/10.1080/03057260701828101>
- Choi, A., Klein, V., i Hershberger, S. (2015). Success, difficulty, and instructional strategy to enact an argument-based inquiry approach: experiences of elementary teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 991-1011. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9525-1>
- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M., i Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology. *CBE—Life Sciences Education*, 9, 524-535. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0005>
- Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu. (2017). *Prova d'avaluació de sisè d'educació primària*. Generalitat de Catalunya.
- Coppens, L. C., Hoogerheide, V., Snippe, E. M., Flunger, B., i van Gog, T. (2019). Effects of problem-example and example-problem pairs on gifted and nongifted primary school students' learning. *Instructional Science*, 47(3), 279-297. <https://doi.org/10.1007/s11251-019-09484-3>
- Correa Molina, E., Chaubet, P., Collin, S., i Gervais, C. (2014). Desafíos metodológicos para el estudio de la reflexión en contexto de formación docente. *Estudios pedagógicos*, 40, 71-86. <http://doi.org/10.4067/So718-07052014>
- Cortés, A. L., Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, M., Arlegui, J. i Gil, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(3), 155-176.
- Couso, D., Jiménez, M.P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J.M. i Sanmartí, N. (2011). *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España* (ENCIENDE). Madrid: COSCE. http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf.
- Crippen, K. J., i Earl, B. L. (2004). Considering the efficacy of web-based worked examples in introductory chemistry. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 23(2), 151-167.
- Decret 119/2015, de 23 de juny, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació primària. Document Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 6900, de 26 de junio de 2015, 119-121. Recuperat de: <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/s/curriculum/curriculum-educacio-primaria.pdf>
- de Jong, T., i Lazonder, A. W. (2014). 15 *The Guided Discovery Learning Principle in Multimedia Learning*. The Cambridge handbook of multimedia learning, 371.
- De la Blanca, S., Hidalgo, J., i Burgos, C. (2013). Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 979-983.

- Demir, A., i Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716–741. <https://doi.org/10.1002/tea.20365>
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as a method. *Science*, 31 (787), 121-127.
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., i van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Durmaz, H., i Mutlu, S. (2016). The effect of an instructional intervention on elementary students' science process skills. *The Journal of Educational Research*, 110(4), 433–445. <https://doi.org/10.1080/00220671.2015.1118003>
- Eick, C., Meadows, L., i Balkcom, R. (2005). Breaking into inquiry. *The Science Teacher*, 72(7), 49-53.
- Ergül, R., Şımşekli, Y., Çalış, S., Özdilek, Z., Göçmençelebi, Ş., i Şanlı, M. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science & Education Policy*, 5(1).
- European Commission (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.
- European Comission (2008). *Flash Eurobarometer. Young people and science: Analytical report*. Recuperat de: http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_239_en.pdf
- European Comission. (2016). *Horizon 2020. Work Programme 2016-2017. 16- Science with and for society*. Recuperat de: http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-swfs_en.pdf
- Eysink, T. H., i de Jong, T. (2012). Does instructional approach matter? How elaboration plays a crucial role in multimedia learning. *Journal of the Learning Sciences*, 21(4), 583-625. <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.611776>
- Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426. <https://doi.org/10.498/19226>
- Fill, K., i Ottewill, R. (2006). Sink or swim: Taking advantage of developments in video streaming. *Innovations in Education and Teaching International*, 43(4), 397–408. <https://doi.org/10.1080/14703290600974008>
- Flavell, J. H. (1992). Cognitive development: Past, present and future. *Developmental Psychology*, 28 (6), 998.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., i Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>

- García-Carmona, A., Criado, A. M., i Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9536-8>
- García-Carmona, A., Criado, A. M., i Cruz-Guzmán, M. (2018). Prospective primary teachers' prior experiences, conceptions, and pedagogical valuations of experimental activities in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 237-253. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9773-3>
- Gatt, S., i Zammit, C. (2017). The Challenges of Implementing Inquiry Science in Primary Schools. *International trends in preparation of early childhood teachers in a changing world*, 207.
- Gillies, R. M. i Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45(2), 171– 191. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9418-x>
- Griffin, D. K., Mitchell, D., i Thompson, S. J. (2009). Podcasting by synchronizing PowerPoint and voice: What are the pedagogical benefits?. *Computers & Education*, 53(2), 532–539. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.03.011>
- Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 6, 129–144. <https://doi.org/10.1080/09695949993044>
- Harlen, W., i Qualter, A. (2009). *The teaching of science in primary schools*. Oxon, OX: Routledge.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of science, mathematics and ICT education*, 7(2), 9-33.
- Heilesen, S. B. (2010). What is the academic efficacy of podcasting?. *Computers & Education*, 55(3), 1063–1068. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.002>
- Hill, J. R., i 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. <https://doi.org/10.1007/BF02504914>
- Hofstein, A., i Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107. <https://doi.org/10.1039/B7RP90003A>
- Hsu, Y. S., Lai, T. L., i Hsu, W. H. (2015). A design model of distributed scaffolding for inquiry-based learning. *Research in Science Education*, 45(2), 241–273. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9421-2>
- Huppert, J., Lomask, S. M., i Lazarowitz, R. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 803-821. <https://doi.org/10.1080/09500690110049150>

- Jarvis, C., i Dickie, J. (2010). Podcasts in support of experiential field learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 34(2), 173–186. <https://doi.org/10.1080/03098260903093653>
- Kant, J. M., Scheiter, K., i Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 52, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Kay, R. H. (2012). Exploring the use of video podcasts in education: A comprehensive review of the literature. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 820-831. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.01.011>
- Kearney, M., i Treagust, D. F. (2001). Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics. *Australasian Journal of Educational Technology*, 17(1), 64-79. <https://doi.org/10.14742/ajet.1773>
- Kim, M. C., i Hannafin, M. J. (2011a). Scaffolding 6th graders' problem solving in technology-enhanced science classrooms: A qualitative case study. *Instructional Science*, 39(3), 255-282. <https://doi.org/10.1007/s11251-010-9127-4>
- Kim, M. C., i Hannafin, M. J. (2011b). Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice. *Computers & Education*, 56(2), 403-417. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.024>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., i Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kress, G., Charalampos, T., Jewitt, C., i Ogborn, J. (2006). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London, England: Continuum.
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., Van den Berg, E., i Schuitema, J. A. (2018). Effects of explicit instruction on the acquisition of students' science inquiry skills in grades 5 and 6 of primary education. *International Journal of Science Education*, 40(4), 421-441. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1428777>
- Koksal, E. A., i Berberoglu, G. (2014). The effect of guided-inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66–78. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.721942>
- Lazonder, A. W., i 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. <https://doi.org/10.1007/s11251-013-9284-3>
- Lazonder, A. W., i Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>

- Lazonder, A. W., i 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. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.05.005>
- Lederman, N. G., i Lederman, J. S. (2014). *Research on teaching and learning of nature of science*. In Handbook of Research on Science Education, 2, edited by S. K. Abell and N. G. Lederman, 600-620. Abingdon: Routledge.
- Lehtinen, A., i 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9672-y>
- Lim, B. R. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643. <https://doi.org/10.1111/j.0007-1013.2004.00419.x>
- Lin, T. C., Hsu, Y. S., Lin, S. S., Changlai, M. L., Yang, K. Y., i Lai, T. L. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 437-455. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9322-z>
- Martí, J. (2006). Les idees científiques dels infants i l'ensenyament de les ciències a l'escola primària. *Comunicació Educativa: revista d'ensenyament de les comarques meridionals de Catalunya*, 19, 19-26.
- Martínez-Losada, C., i García-Barros, S. (2005). Do Spanish secondary school teachers really value different sorts of procedural skills?. *International Journal of Science Education*, 27(7), 827-854. <https://doi.org/10.1080/09500690500038355>
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?. *American Psychologist*, 59(1), 14. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- McGarr, O. (2009). A review of podcasting in higher education: Its influence on the traditional lecture. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(3), 309-321. <https://doi.org/10.14742/ajet.1136>
- Moseley, C., i Ramsey, S. J. (2008). Elementary teachers' progressive understanding of inquiry through the process of reflection. *School Science and Mathematics*, 108(2), 49-57. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17804.x>
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., i de Jong, T. (2014). Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. *Learning and instruction*, 29, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001>
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560. <https://doi.org/10.1080/09500690903104457>
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2002). *Definition and selection of key competences (DeSeCo): Theoretical and conceptual foundations*. Recuperat de: <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/41529556.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2013). PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. Paris: OECD Publishing.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2016). *PISA 2015. Assessment and analytical framework: Science, Reading, mathematic and financial literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. i Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Otrell-Cass, K., Khoo, E., i Cowie, B. (2012). Scaffolding with and through videos: An example of ICT-TPACK. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 12(4), 369-390.
- Ozdem, Y., Ertepinar, H., Cakiroglu, J. i Erduran, S. (2013). The nature of pre-service science teachers' argumentation in inquiry-oriented laboratory context. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2559-2586. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.611835>
- Özgelen, S. (2012). Students' science process skills within a cognitive domain framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(4), 283-292. DOI: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2012.846a>
- Pedrinacci, E., Caamaño, A., Cañal, P. i De Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Peker, D., i Wallace, C. S. (2011). Characterizing high school students' written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education*, 41(2), 169-191. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9151-z>
- Piekny, J., i Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(2), 153-179. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.2012.02082.x>
- Postigo Fernández, D., i Greca Dufranc, I. M. (2014). Uso de la metodología de la indagación para la enseñanza de nociones sobre fuerzas en primer ciclo de la escuela primaria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, 265-273.

- Pro, A. (2011). Aprender y enseñar con experiencias...y ahora para desarrollar competencias. *Investigación en la Escuela*, 74, 5–21. <http://dx.doi.org/10.12795/IE.2011.i74.01>
- Puntambekar, S., i Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed?. *Educational Psychologist*, 40(1), 1-12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1
- Quintana, C., Reiser, B.J., Davis, E.A., Krajcik, J., Frets, E., Duncan, R.G. i Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 337-386. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4
- Roca Tort, M., Márquez, C., i Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 0095-114. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.603>
- Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walberg, H. i Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- Roll, I., Butler, D., Yee, N., Welsh, A., Perez, S., Briseno, A., ... i Bonn, D. (2018). Understanding the impact of guiding inquiry: The relationship between directive support, student attributes, and transfer of knowledge, attitudes, and behaviours in inquiry learning. *Instructional Science*, 46(1), 77-104. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9437-x>
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 286-299. <https://doi.org/10498/19218>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., i Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Rowley-Jolivet, E. (2004). Different visions, different visuals: A social semiotic analysis of field-specific visual composition in scientific conference presentations. *Visual Communication*, 3(2), 145–175. <https://doi.org/10.1177/147035704043038>
- Sadeh, I., i Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching* 46(10), 1137-1160. <https://doi.org/10.1002/tea.20310>
- Sentz, J., i Stefaniak, J. (2019). Instructional Heuristics for the Use of Worked Examples to Manage Instructional Designers' Cognitive Load while Problem-Solving. *TechTrends*, 63(2), 209-225. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0348-8>
- Smetana, L. K., i Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>
- Solé-Llussà, A., Aguilar, D., Ibáñez, M., i Coiduras, J.L. (2018). “Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria.” *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las*

- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., i Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
<https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Sweller, J., i Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and instruction*, 2(1), 59-89.
https://doi.org/10.1207/s1532690xcio201_3
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., i Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94(1), 29-47.
<https://doi.org/10.1002/sce.20366>
- Van Dijk, A. M., Eysink, T. H., i 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.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.01.008>
- Van Gog, T., Paas, F., i Van Merriënboer, J. J. (2004). Process-oriented worked examples: Improving transfer performance through enhanced understanding. *Instructional science*, 32(1-2), 83-98. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021810.70784.bo>
- Vartak, R., Ronad, A., i Ghanekar, V. (2013). Enzyme assay: An investigative approach to enhance science process skills. *Journal of Biological Education*, 47, 253-257.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2013.801871>
- Vygotsky, L.S. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, R., Mattick, K., i Dunne, E. (2010). Medical students' perceptions of video-linked lectures and video-streaming. *Research in Learning Technology*, 18(1), 19-27.
<https://doi.org/10.1080/09687761003657622>
- Wenning, C. J. (2005). Minimizing resistance to inquiry-oriented science instruction: The importance of climate setting. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 3(2), 10-15.
- Windschitl, M., Thompson, J., i Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- Yager, R. E., i Akcay, H. (2010). The advantages of an inquiry approach for science instruction in middle grades. *School Science and Mathematics*, 110(1), 5-12.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.00002.x>

Metodologia

En aquest apartat es farà una breu descripció de la metodologia emprada al llarg d'aquesta tesi, la qual es descriurà amb més detall en cadascun dels estudis presentats a continuació.

1) Mètode

Aquesta tesi es distribueix en tres estudis que presenten metodologies diverses. D'una banda, els dos primers estudis són investigacions correlacionals i descriptives que es concreten amb la modalitat d'estudis de cas (Estudi 1 i 2). Aquesta metodologia d'investigació aporta una descripció intensiva i analitza una entitat singular o un fenomen concret. Els estudis de cas incorporen múltiples fonts de dades i, l'anàlisi de les mateixes es fa de forma global i interrelacionada (Sampieri, 2018). En aquest sentit, per tal d'analitzar les dades s'aplica un mètode mixt en relació amb els objectius plantejats. Aquest disseny de la recerca combina elements qualitius i quantitius per aconseguir una millor comprensió del problema de recerca. Concretament, en aquests estudis s'empra un mètode mixt de convergència paral·lela. Segons Creswell (2014), "aquest model convergeix o fusiona dades qualitatives i quantitatives per proporcionar una anàlisi exhaustiva del problema d'investigació. Els investigadors recullen les dues formes de dades al mateix temps i després integren tota la informació per la interpretació global dels resultats". En aquest sentit, per analitzar si l'estratègia didàctica implementada contribueix al desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants, es recolliran dades quantitatives i qualitatives procedents dels qüestionaris previs i finals (més informació a l'apartat d'avaluació). A més, s'han agrupat les dades procedents dels qüestionaris amb gravacions audiovisuals per entendre amb més profunditat l'impacte de la intervenció a l'aula i per complementar els resultats procedents dels qüestionaris. Aquest mètode de recerca proporciona un avantatge a la investigació ja que aporta una perspectiva més àmplia en comptes de dependre només d'un mètode predominant (Creswell, 2014).

D'altra banda, el tercer estudi és una investigació quasi-experimental (Estudi 3). Aquest tipus d'investigació permet establir relacions de causalitat entre l'objecte d'estudi i els elements que el constitueixen. Una de les característiques d'aquest mètode d'investigació és que treballa amb dos grups naturals ja formats (experimental i control) per poder testar l'efectivitat de l'estratègia implementada (Sampieri, 2018). Aquest tipus d'investigació permet valorar uns ítems, en aquest cas les habilitats científiques dels estudiants, abans i després d'una intervenció específica. I per fer-ho s'utilitza un mètode quantitatiu analitzant les dades amb procediments estadístics, permetent comparar els resultats abans i després d'una intervenció i entre el grup experimental i el grup control (Creswell, 2014).

2) Context

La implementació de l'estratègia didàctica es du a terme al llarg de dos cursos acadèmics (2017/18 i 2018/19) (Figura 1). Durant el curs 2017/18 s'aplica l'estratègia didàctica a les aules a partir de dos estudis de cas, cadascun d'ells relacionat amb una indagació de temàtica científica concreta (Estudi 1 i 2). Cadascun d'aquests estudis compta amb la participació de 30 estudiants de cicle superior d'educació primària (5è i 6è). Al llarg del curs 2018/19 es du a terme l'Estudi 3, per poder estudiar si la implementació d'aquestes dues indagacions de temàtiques diferents de forma continuada comporta una major progressió en les habilitats científiques dels estudiants, realitzant, a més, la

comparació entre un grup experimental i un grup control. Aquest tercer estudi, compta amb un total de 44 participants, dels quals 24 estudiants formen part del grup experimental (realitzen les dues indagacions guiades pels exemples de treball en vídeo) i 20 estudiants del grup control (realitzen les dues indagacions sense suport) (Figura 2). La participació a l'estudi va ser voluntària amb l'obtenció del consentiment informat per escrit dels pares i alumnes.

Els estudiants participants no tenen experiència prèvia ni en la metodologia indagadora ni en el contingut de les activitats científiques plantejades. Les dues temàtiques científiques que s'abordan en les esmentades indagacions: i) circuits elèctrics (Bloc de contingut de Matèria i Energia); ii) descomposició de la fruita (Bloc de contingut Ésser viu). Aquestes temàtiques científiques es van escollir d'acord amb el currículum d'educació primària. Són dos temes que s'aborden al cicle superior d'educació primària i, a més, es corresponen a dos blocs de contingut allunyats entre sí que permeten abordar investigacions des de perspectives diferents dins de l'àrea de coneixement del medi natural (Decret 119/2015).

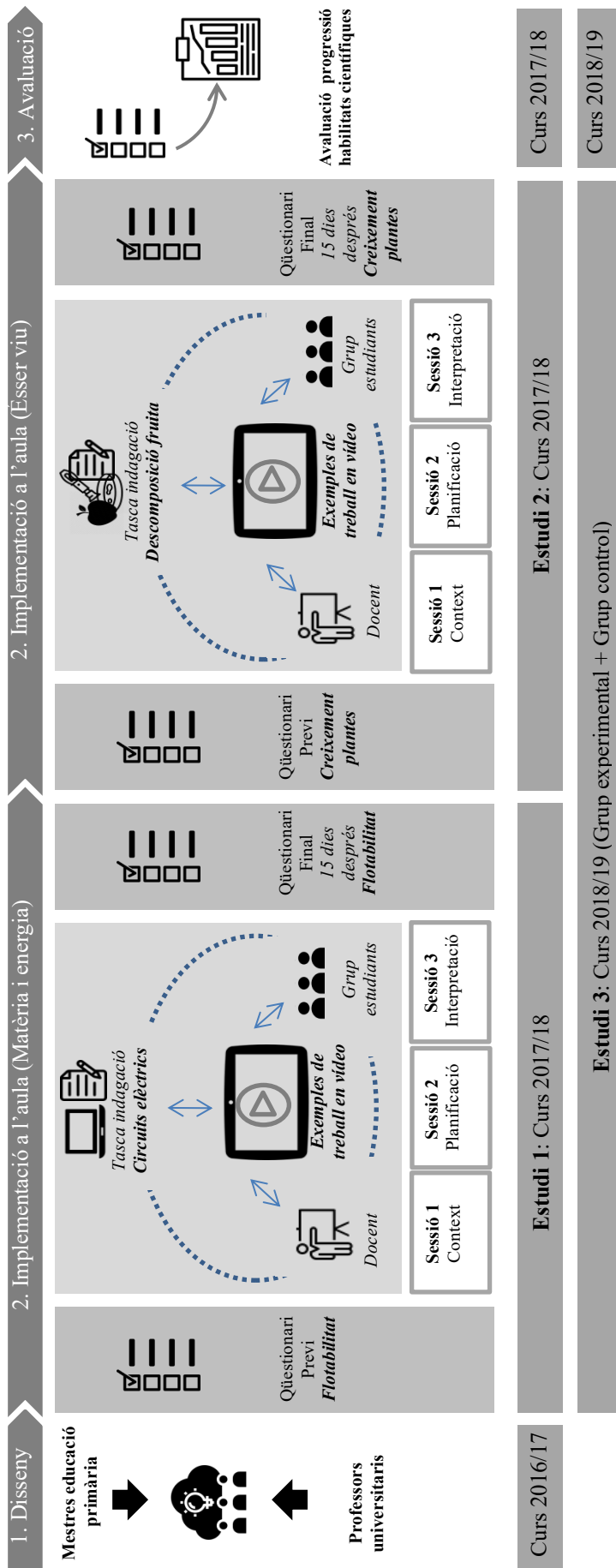


Figura 2. Procés seguit en la implementació de l'estratègia didàctica a l'aula d'educació primària.

3) Disseny i característiques de l'estratègia didàctica basada en els exemples de treball en vídeo.

Per tal d'acompanyar els estudiants novells en aquesta metodologia, es planteja una estratègia didàctica basada en l'ús dels exemples de treball en vídeo amb l'objectiu de guiar i estructurar els corresponents processos d'indagació.

El disseny d'aquesta estratègia didàctica es va dur a terme durant el curs 2016/17 (Figura 2). El disseny va comptar amb la participació d'un grup d'experts format per 3 mestres d'escola, 3 professors i investigadors universitaris i 1 professora del Centre de Recursos Pedagògics, tots amb més de deu anys d'experiència docent. Per tal de dissenyar els exemples en vídeo es va plantejar un esquema previ tenint en compte diversos aspectes o criteris: i) qualitat tècnica; ii) qualitat pedagògica; iii) adequació al nivell d'estudis; i, iv) estructura i organització, desglossats cadascun d'ells a partir de categories (Taula 4).

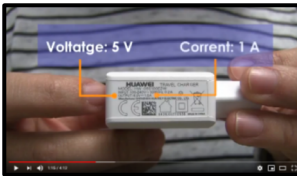

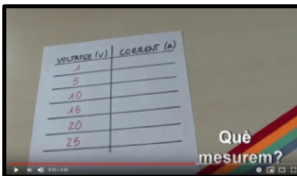

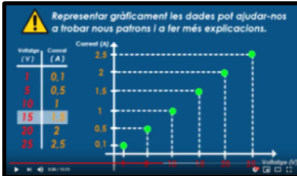

Taula 4. Esquema- resum del disseny previ dels exemples en vídeo.

CRITERI	CATEGORIA
Qualitat tècnica	Estudi de la durada de cada vídeo entre 5 i 10 minuts, que permeti centrar l'atenció en els aspectes clau i amb una selecció important de la informació
	Ús d'imatges properes als estudiants, engrescadores i motivadores (imatges recollides durant les sessions a l'aula on es mostra el treball de l'alumnat)
	Procurar la claredat en la presentació de la informació utilitzant diversos recursos gràfics
	Incorporació d'àudios explicatius que acompanyin les imatges
Qualitat pedagògica	Explicació i exemplificació del procés d'indagació, especificant el raonament de la selecció i aplicació de les diferents habilitats científiques implicades
	Incorporació d'exemples i contingut que connectin amb la realitat dels estudiants (situacions quotidianes)
	Plantejament d'activitats que fomentin el treball autònom i la participació activa de l'alumnat
Adequació al nivell dels estudiants	Introducció de diversitat de recursos audiovisuals per exemplificar els continguts (esquemes, imatges, icones,...)
	Adaptació als continguts teòrics i pràctics que es treballin al currículum d'educació primària
Estructura i organització del recurs	Utilització d'un llenguatge adequat al nivell dels estudiants
	Estudi de l'estimació de la quantitat de vídeos necessària durant la intervenció didàctica.
	Establir una continuïtat entre els diferents vídeos (per exemple, inici resumint el vídeo anterior i final donant pistes del següent vídeo).

Un cop establerts els criteris i les categories del disseny, es va produir un conjunt d'exemples de treball en vídeo amb l'objectiu de guiar els estudiants d'educació primària al llarg d'una indagació científica centrada en la temàtica dels circuits elèctrics i una altra focalitzada en la descomposició de la fruita.

Tenint en compte que la indagació científica és una metodologia que presenta un repte pels estudiants, el grup d'experts va decidir segmentar el procés d'indagació en diferents parts per tal de facilitar l'organització. Aquesta segmentació ajuda a l'alumnat a clarificar l'estructura i el desenvolupament de les diferents habilitats científiques involucrades en un procés d'indagació. D'aquesta manera, per cadascuna de les indagacions científiques, es dissenyen tres vídeos, cadascun centrat en una etapa clau del procés d'indagació; i) *contextualització*, presenta el context d'investigació i planteja una pregunta investigable; ii) *planificació*, exemplifica com planificar la investigació seguint un control de variables; iii) *interpretació*, exemplifica com interpretar els resultats i construir explicacions científiques (Pedaste et al., 2015). Encara que la indagació científica no és un procés lineal, les activitats plantejades als vídeos a partir d'una estructura ajuda als estudiants a reconèixer com es pot organitzar un procés d'indagació, la qual cosa resulta important en els aprenents que s'inicien amb aquesta metodologia. En aquest sentit, l'objectiu de cadascun dels vídeos és estructurar, guiar i exemplificar com resoldre aquestes investigacions (Mulder, Lazonder, i de Jong, 2014). D'aquesta manera, aquestes dues indagacions guiades es podrien considerar indagacions estructurades, segons la classificació de la National Research Council (2000). L'objectiu principal d'aquesta intervenció és que els participants adquireixin un esquema i estructura dels procés indagador que alhora contribueixi al desenvolupament de les seves habilitats científiques i com a conseqüència a l'augment de la seva competència indagadora. L'adquisició de les habilitats científiques a partir d'una indagació estructurada pot contribuir a una autonomia indagadora per part de l'alumnat que permetrà desenvolupar activitats científiques més obertes. La Taula 5 detalla l'estructura i el contingut específic de cadascun dels vídeos que formen part de les dues indagacions guiades (una indagació dedicada als circuits elèctrics i, una altra a la descomposició de la fruita).

Taula 5. Taula- resum del contingut dels exemples en vídeo dissenyats.

	Circuits elèctrics (Estudi 1)	Descripció de l'estructura dels vídeos	Descomposició fruita (Estudi 2)
CONTEXT		<p>Introdueixen el tema a investigar</p> <p>Contextualitzen el tema a la vida quotidiana dels estudiants</p> <p>Introdueixen conceptes per donar suport al context</p> <p>Proposen una pregunta investigable</p>	
PLANIFICACIÓ		<p>Presenten com planificar la indagació</p> <p>Exemplifiquen prediccions i hipòtesis</p> <p>Introdueixen el concepte de variable</p> <p>Presenten el material i instruments necessaris per dur a terme la indagació</p> <p>Mostren com recollir i ordenar les dades</p>	
INTERPRETACIÓ		<p>Mostren com construir gràfics</p> <p>Ajuden a trobar patrons entre les dades</p> <p>Expliquen com construir explicacions</p> <p>Comparen resultats amb les idees inicials</p> <p>Resumeixen la investigació</p>	

4) Intervenció didàctica

La intervenció didàctica es du a terme durant dos cursos acadèmics 2017/18 i 2018/19:

- Durant el primer curs, es realitzen dos estudis preliminars (Estudi 1 i 2), cadascun d'ells dedicats a una indagació de temàtica científica específica. Cada investigació científica realitzada està guiada per la trilogia de vídeos concreta d'acord amb el contingut científic especificat anteriorment (Taula 2).
- Durant el segon curs, s'estudia la implementació de les dues indagacions científiques de manera progressiva (Estudi 3) per observar si a partir de dues iteracions es produeix un major desenvolupament de les habilitats científiques de l'alumnat. A més, en aquest mateix estudi també es realitza la comparació entre un grup experimental (els estudiants tenen a l'abast el suport dels exemples en vídeo per guiar les indagacions) i un grup control (el grup d'estudiants realitzen les mateixes indagacions però sense el suport dels exemples en vídeo) per tal d'estudiar l'impacte de l'esmentat suport tecnològic entre els estudiants participants. Excepte els exemples en vídeo, tant el grup control com l'experimental, disposen dels

mateixos materials i instruments per poder dur a terme les indagacions científiques proposades. En ambdós casos, les sessions han estat conduïdes per la mateixa mestra que, en el cas del grup control, ha estat la guia predominant.

Les indagacions científiques realitzades es duen a terme durant tres sessions de treball de 75 minuts. Cada sessió està focalitzada a una etapa clau del procés d'indagació (context, planificació i interpretació). Els exemples en vídeo s'introdueixen de manera consecutiva a cadascuna de les sessions. Aquestes sessions presenten una estructura semblant: i) visualització conjunta dels exemples en vídeo (10 minuts); ii) diàleg breu entre la docent i els estudiants (10 minuts); iii) treball autònom per part dels estudiants col·laborant amb els companys de treball (45 minuts) i, v) diàleg i resum de la tasca entre la docent i els estudiants (10 minuts). Durant la part de treball autònom, els estudiants treballen en grups de dos o tres alumnes. En aquest moment, els estudiants disposen d'un accés continu als exemples en vídeo per poder guiar el seu procés d'investigació. Per facilitar aquesta tasca, es proporciona a cada grup d'alumnes una Tablet PC amb els corresponents exemples de treball en vídeo. Amb aquesta eina, els participants poden visualitzar tantes vegades com necessitin els vídeos, seguint les corresponents explicacions i els exemples mostrats per tal d'aplicar les diferents habilitats científiques necessàries durant la resolució de la corresponent investigació. A més, els estudiants disposen d'una llibreta de laboratori on recullen les dades més importants derivades de la seva investigació.

Les dues indagacions guiades pels exemples en vídeo que es proposen en aquest treball presenten una estructura i manera d'implementar-se molt semblant a l'aula però existeixen unes certes diferències, atribuïdes a la temàtica científica tractada, que són necessàries destacar:

- Durant la primera indagació científica, dedicada als circuits elèctrics, cada grup d'alumnes disposa d'un ordinador per accedir a un laboratori virtual sobre circuits elèctrics a través del qual poden experimentar i extraure dades de manera immediata (Estudi 1).
- A la segona indagació, els estudiants realitzen una investigació basada en la descomposició de la fruita. En aquest cas, els participants disposen d'eines i instruments científics reals que poden manipular durant la seva investigació: balança digital, refractòmetre, etc. (Estudi 2). En aquest cas, la recollida de dades no es fa de forma immediata, sinó que aquesta té lloc al llarg d'una setmana, mentre dura el procés de descomposició de la fruita.

A més, és important destacar el rol del docent durant aquestes sessions. D'una banda, al llarg del treball autònom, el docent aporta suports complementaris derivats de l'ús dels exemples en vídeo (Estudi 1 i 2). Per exemple, el docent matisa els conceptes i habilitats presentats als vídeos i proporciona ajudes redundants sobre els procediments que s'exemplifiquen. A més, fomenta la col·laboració i el treball en grup, resol problemes tècnics, etc. Aquest tipus d'ajudes complementàries es poden adreçar a un grup específic o de forma més oberta a tots els participants a l'aula. Al final de cada sessió, el professor obre un breu diàleg per resumir les dificultats i els èxits aconseguits. D'altra banda, resulta interessant destacar que a l'Estudi 3 de la present tesi, el docent

té un rol molt important en el desenvolupament de l'activitat científica dels estudiants. En aquest estudi, el grup control no té a l'abast els exemples en vídeo com a suports del procés d'indagació i és el docent qui guia exclusivament l'activitat d'indagació a l'aula. Tanmateix, el paper del professor està fora de l'objectiu del present treball i es desenvoluparà més endavant en un estudi futur.

5) Avaluació

a) Disseny de l'eina d'avaluació

Per avaluar la progressió en el desenvolupament de les habilitats científiques a partir de la intervenció didàctica explicada, es dissenyen qüestionaris competencials on es demana als estudiants que expliquin com resolarien tasques concretes d'un procés indagador específic. En concret, es dissenyen dos qüestionaris diferents, cadascun dels quals contextualitzat en una temàtica científica diferent. El primer se centra en el tema de la flotabilitat (model de matèria i energia, Decret 119/2015) i el segon en el creixement de les plantes (model d'ésser viu, Decret 119/2015). Segons la indagació que els estudiants realitzen a l'aula, els estudiants s'avaluen amb un o l'altre qüestionari. En el cas de la indagació sobre circuits elèctrics, s'aplica el qüestionari sobre flotabilitat (Estudi 1). En el cas de la indagació sobre la descomposició de la fruita, s'aplica el qüestionari sobre el creixement de les plantes (Estudi 2). Els qüestionaris es contextualitzen en temàtiques científiques diferents a les treballades a l'aula però que resulten familiars pels estudiants. D'aquesta manera es pot estudiar el l'aplicació de l'aprenentatge de les diferents habilitats científiques en contextos científics diferents.

Els estudiants realitzen el qüestionari abans de cada indagació (qüestionari previ) i quinze dies després de la finalització de cada indagació (qüestionari final) (Figura 1). Cadascun dels qüestionaris conté sis preguntes obertes, focalitzades cadascuna d'elles en una de les habilitats científiques que es volen estudiar: i) identificació de possibles qüestions a investigar; ii) formulació de prediccions i hipòtesis relacionades amb les preguntes; iii) identificació de les variables d'estudi necessàries per abordar les hipòtesis plantejades, iv) descripció del disseny experimental per obtenir evidències que permetin testar les hipòtesis; v) aplicar el disseny experimental per recollir dades que permetin donar resposta a la pregunta plantejada; i, vi) a partir dels resultats proposar explicacions científiques relacionades amb les idees prèvies (Qüestionari flotabilitat: <https://annasole535911.typeform.com/to/Zrv9yF>; qüestionari creixement plantes: <https://inquiry991331.typeform.com/to/injrX3>). El disseny d'aquest qüestionari està basat en altres instruments d'avaluació publicats a la literatura (Kant, Scheiter, i Oschatz, 2017; Shahali, Halim, Treagust, Won, i Chandrasegaran, 2015, Kapici, Akcay, i de Jong, 2019) i d'acord amb la prova de competències bàsiques de 6è de primària proposada per la Generalitat de Catalunya (Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu, 2017). A continuació, els qüestionaris es validen a partir d'una eina basada en estudis publicats a la literatura (Carrera, Vaquero, i Balsells, 2011). A partir del mateix grup d'experts seguint els següents criteris: i) univocitat, és a dir, si la pregunta es pot comprendre i interpretar d'una única manera; i, ii) pertinença, per la comprensió de les qüestions; i, ii) pertinença, és a dir, si la pregunta és susceptible de ser adequada d'acord amb els objectius plantejats i el col·lectiu a la qual va dirigida (Annex 1). Després de diverses iteracions, els qüestionaris es validen amb un 80% d'acord entre els experts.

b) Anàlisi de les dades

Les respostes dels qüestionaris s'analitzen aplicant una rúbrica d'anàlisi, adaptada a cadascun dels estudis desenvolupats (veure taula adjunta als Estudis 1-3). El disseny d'aquesta rúbrica d'avaluació està basat en treballs previs publicats (Ferrés, Marbà, i Sanmartí, 2015; Tamir, Nussinovitz, i Friedler, 1982). Aquestes rúbriques permeten l'avaluació de les diferents habilitats científiques implicades en el procés d'indagació. Cada habilitat científica, relacionada amb cadascuna de les preguntes del qüestionari, s'avalua a partir d'una escala numèrica ascendent (de 0 a 4), segons el nivell de destresa dels alumnes en cada habilitat. El procés d'avaluació dels qüestionaris es va dur a terme de forma independent per part de dos investigadors. Un cop obtinguts els resultats de l'avaluació, es van discutir les discrepàncies per tal d'obtenir un consens i arribar a un acord final.

Un cop avaluats els qüestionaris, i en els tres estudis, es va realitzar el test de Wilcoxon per tal de determinar si hi havia diferències estadísticament significatives entre els nivells de destresa per a cada habilitat científica abans i després de la intervenció didàctica. Aquest mateix test estadístic, també es va utilitzar en el tercer estudi per tal d'avaluar les diferències en el grup control. Les dades van ser analitzades estadísticament a partir del programa IBM SPSS Statistics 24.0 (IBM SPSS Inc., 2016) amb un nivell de significació de $p < 0.05$.

Finalment, als Estudis 1 i 2, i per tal de complementar les dades quantitatives, es van recollir gravacions d'àudio i de vídeo durant la implementació de l'estratègia didàctica a l'aula. Tot i que aquestes dades no són objecte d'estudi, aquestes evidències recollides han contribuït a millorar la discussió dels resultats en ambdós estudis (per exemple, afegint exemples o detalls de la implementació que s'han recollit als qüestionaris d'avaluació).

Bibliografia

- Carrera, F. X., Vaquero, E., i Balsells, M. A. (2011). Instrumento de evaluación de competencias digitales para adolescentes en riesgo social. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 35, 1-25. <https://doi.org/10.21556/edutec.2011.35.410>
- Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu. (2017). *Prova d'avaluació de sisè d'educació primària*. Generalitat de Catalunya.
- Creswell, J. W. (2014). *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications.
- Decret 119/2015, de 23 de juny, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació primària*. Document Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 6900, de 26 de juny de 2015, 119–121. Recuperat de: <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/curriculum/curriculum-educacio-primaria.pdf>
- Ferrés, C., Marbà, A., i Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
- IBM Corp (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, New York: IBM Corp.
- Kant, J. M., Scheiter, K., i Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 52, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Kapici, H. O., Akcay, H., i de Jong, T. (2019). Using Hands-On and Virtual Laboratories Alone or Together—Which Works Better for Acquiring Knowledge and Skills?. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231-250. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9762-0>
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., i de Jong, T. (2014). Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. *Learning and Instruction*, 29, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001>
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nowak, K. H., Nehring, A., Tiemann, R., i Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47(3), 182–188. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.822747>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Mexico.
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Treagust, D. F., Won, M., i Chandrasegaran, A. L. (2015). Primary school teachers' understanding of science process skills in relation to their teaching qualifications and teaching experience. *Research in Science Education*, 47(2), 257-281. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9500-z>

Tamir, P., Nussinovitz, R., i Friedler, Y. (1982). The design and use of a practical tests assessment inventory. *Journal of Biological Education*, 16(1), 42-50.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1982.9654417>

Resultats i discussió

3.1. Estudi 1

Video worked examples to support the development of elementary students' science process skills: A case study in an inquiry activity on electrical circuits

Abstract

Background: Scientific inquiry is a widely accepted methodology to promote science process skills. In inquiry activities, students develop their understanding by addressing questions, performing scientific research and interpreting results derived from their research. Developing these science skills to perform scientific inquiries is considered a learning objective in primary science education. Although this methodology yields good results, it can be too cognitively demanding for inexperienced students. Guides are therefore needed to support the development of novel inquirer activities.

Purpose: In the present work, a didactic strategy based on video worked examples is proposed for guiding the inquiry process in an elementary education classroom.

Sample: This study included 30 elementary school students in the fifth and sixth grade from one rural school in Catalonia (eastern Spain).

Design and method: The present work is a case study in which a quantitative method is applied to achieve the research objectives. Six open-ended questions were used to analyse the performance of the different science process skills.

Results: Results confirm that the strategy based on the use of video worked examples to support an inquiry activity provides students with a structure for the inquiry process, and in particular, improve their questioning, collection, processing and analysing skills. These data reinforce the idea that offering supports and instructions renders an opportunity to practise science process skills and improve the students' understanding and application of these abilities. Moreover, video worked examples supported transferring scientific skills to other scientific contexts.

Conclusions: The use of video worked examples as a didactic strategy has a positive impact on the students' inquiry behavior. This strategy promoted positive classroom dynamics reflected in improved students' autonomy, collaborative work and motivation when performing an inquiry activity.

Keywords: Electric circuits; elementary education; inquiry; process skills; video worked examples.

Introduction

Contemporary frameworks for science education highlight the fact that one of the main goals for students is to become scientifically literate citizens (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] 2016). Scientific literacy can be defined as the capacity to use scientific knowledge to identify questions, explain scientific phenomena and draw evidence-based conclusions to understand the natural world and the changes made to it through humans' activity (OECD 2016). This means that students need to understand scientific concepts to account for everyday natural phenomena as well as to understand the nature of science by experiencing how knowledge can be built, enhanced and validated through scientific investigation (Chin and Osborne 2008). Thus, and as highlighted by previous studies on science teaching and learning during the last decade, there has been a change in the science teaching paradigm in primary education towards an inquiry-based model (Harlen and Qualter 2009; Rönnebeck, Bernholt, and Ropohl 2016). Thus, in Europe, several projects, e.g. Fibonacci (www.fibonacciproject.eu), Pollen (www.pollen-europa.net) or Sinus-Transfer (www.sinus-transfer.eu), have been designed to spread inquiry learning at schools.

Moreover, The European Commission Rocard Report underlines the importance of including new forms of learning, particularly of introducing inquiry-based activities in educational curricula throughout European countries (European Commission 2007). Learning science by inquiry in primary classrooms encourages students to, not only learn concepts, but also develop scientific skills by performing authentic scientific tasks (Harlen and Qualter 2009; Harlen 2013; Kirschner, Sweller, and Clark 2006). This entails that, in inquiry-based activities, children actively participate in developing their understanding by addressing questions, designing, performing and interpreting results of scientific investigations (Bell, Smetana, and Binns 2005; Harlen 2013; National Research Council [NRC] 2012).

Science skills play a key role in performing scientific inquiries and, consequently, developing these skills is often considered as a learning objective in primary science education (Durmaz and Mutlu 2016; Kruit et al., “Effects of explicit instruction,” 2018). Many studies emphasize the importance of learning science skills at an early stage in order to enhance the student’s understanding of science contents and general science literacy (Coil, Wenderoth, Cunninham, and Dirks 2010; Durmaz and Mutlu 2016). In the present study, the concept “science skills” (or “science process skills”) is based on activities that reflect scientists’ behaviour. Therefore, these skills address the implementation of rules and principles needed to design and perform scientific research and interpret results (Harlen and Qualter 2009, Lederman and Lederman 2014; NRC 2012). A recent literature review shows that there is some diversity when defining and classifying the different specific scientific skills carried out during an inquiry process (Rönnebeck et al. 2016). However, despite the differences in the generic title of the different skills, there is considerable agreement about their objective (Harlen 1999). All of these definitions include, one way or another, skills related to *identifying research questions, formulating predictions and hypotheses, designing investigations, obtaining and interpreting evidence* and *drawing appropriate conclusions* in relation to the posed questions (Coil et al. 2010; Durmaz and Mutlu 2016; Harlen 1999; Rönnebeck et al. 2016).

Support for introducing inquiry-based activities in science primary classrooms. The case of video-worked examples

Introducing inquiry-based activities in primary classrooms is a challenging issue. Although some studies indicate that science skills can only be acquired through learning by doing (Dean and Kuhn 2007), recent research highlights the importance of providing students with instruction-assisted support and skills during inquiry for more effective learning (Durmaz and Mutlu 2016; Kruit et al., “Effects of explicit instruction,” 2018; Lazonder and Harmsen 2016). Primary education students usually lack experience, strategies and knowledge of the different science skills for performing effective scientific investigation. Moreover, children also present limited cognitive information-processing capacity that hinders the performance of a complex task such as an inquiry process (D’Costa and Schlueter 2013; Flavell 1992; Solé-Llussà et al. 2018). Thus, some authors emphasize that science process skills should be taught to students in an explicit and scaffolded way in that it provides them with assistance as well as further opportunities for mastering these abilities with the goal of improving student success in science classes (Klahr and Nigam 2004). In particular, many of the researches that study the use of supports and instructions when learning how to apply a control of variables strategy. For instance, Lazonder and Egberink (2014) and Chen and Klahr (2013) show

how students improved on the implementation of this skill when providing them with guides and supports.

Among the different supports that can be offered to guide an investigation process, some studies give prominence to those that structure the investigation task and decompose it into several more manageable subtasks for students (Lazonder and Kamp 2012; Lazonder and Egberink 2014). Mulder, Lazonder, and de Jong (2014) also argue that it is not only important to facilitate order and structure for the inquiry task, but it is also essential to offer a very explicit vision of the skills included in that process. Understanding the aim of the different scientific skills and how they should be performed can lead to an improvement in the learning outcomes. Such support can come from the use of *worked examples* (Atkinson, Derry, Renkl, and Wortham 2000; Sweller and Cooper 1985).

Worked examples show a step-by-step expert solution to a problem. They are usually introduced in video format (hence and hereafter, video worked examples, video examples or videos), taking advantage of multiple visual resources that improve the presentation and clarification of the included content. When applied in an inquiry environment, video examples explain the structure of an investigation, or part of it, and demonstrate how to apply and perform the different abilities or skills usually involved in the corresponding process. Furthermore, since these examples intend to highlight the complex nature of scientific inquiry, they make special emphasis on the open and iterative structure of an investigation which does not exactly follow an algorithmic development. Worked examples not only exemplify an action sequence such as the generation of a hypothesis, experimental design or data collection, but also illustrate the reasoning underlying the choice and application of these abilities. This support helps to clarify processes related to a scientific inquiry in a way that textbooks and oral explanations cannot achieve (Rowley-Jolivet 2004). When learners are introduced into an inquiry, it is designed to provide them with specific instructions at each stage, leading to a predetermined discovery (e.g. providing a problem to investigate, the procedure to follow, the materials needed, etc.) (Kruit et al., "Effects of explicit instruction," 2018). From this point, as the students become more proficient with the approach, they learn to be more active and autonomous along the investigation process and can tackle increasingly complex inquiry activities. Thus, worked examples provide visual instructions, descriptions and embedded expert guidance which can be particularly helpful for novice learners who may need this kind of support to better structure and attune their inquiry activities according to their level of expertise and domain knowledge. In class, students can use these examples for support before or during the development of a training inquiry task on their own. The purpose is that students can transfer the inquiry outcomes provided by these worked examples to the solution of other scientific investigations (Kant, Sheiter, and Oschatz 2017; Mulder et al. 2014).

The present study and objectives

To date, the use of video examples as support for inquiry learning activities has only been studied on secondary school students and has mainly focused on specific science skills such as control of variables and interpretation of results. In these studies, video examples have contributed to improving their inquiry behaviour. Kant et al. (2017) indicated that this support reduced the learners' mental effort and helped them concentrate on the necessary steps to solve the inquiry task. Results by Mulder et al. (2014) suggested that video worked examples had a positive influence on the

students' systematic experimentation and enhanced the quality of their scientific explanations and models. In both cases, the support of video examples led students to create more advanced scientific investigations (Kant et al. 2017; Mulder et al. 2014).

However, the effectiveness of such video examples has not yet been explored on elementary education students, an educational level where supports for performing inquiry processes are greatly needed. Thus, in the present study, the focus of the research is on acquiring science skills through support and instructions provided by video worked examples in a primary science classroom. The present work builds up from previous research on using video worked examples and analyses how this support contributes to understanding and applying each scientific skill involved in a whole inquiry task, from formulation of a researchable question to interpretation of the collected evidence. This information contributes to the current discussion on the importance of providing support to conduct effective scientific inquiries in primary education. In this line, the present paper addresses the following two main objectives:

- (1) To design and implement a learning strategy based on the use of video worked examples to support a scientific inquiry task.
- (2) To analyse the development of the participants' science process skills before and after the intervention supported by video worked examples through pre- and post- questionnaires.

Methodology

Research design

The present work is a case study based on a quantitative research approach. To analyse whether the didactic strategy implemented made a difference on the students' science process skills, we collected quantitative data from open-ended pre- and post- questionnaires (see details in section "Competence evaluation"). The research embeds qualitative data obtained from these questionnaires and also from audio and video recordings to better understand the impact of classroom intervention and to support the quantitative results. This method design is helpful in that the researcher gains broader perspective, rather than relying on the predominant method alone (Creswell 2014).

The present case study was conducted on 30 elementary school students in their fifth and sixth grade (16 female, age $M = 11.32$ years, $SD = 0.71$) from one rural school in Catalonia (eastern Spain). Participation in this study was voluntary and written informed parental and children's consent was obtained.

Students were encouraged to perform an inquiry on electrical circuits. The proposed training inquiry task dealt with phenomena observed in single-loop direct current circuits (hereafter, DC circuits). In particular, participants were asked to investigate the relationship between battery voltage and electric current in a DC circuit. Students therefore had to check how these parameters influence and interact with the components that can be found in a DC circuit (i.e. cable, light bulb and battery). The reason for choosing the topic of DC circuits for the training inquiry task was based on its inclusion in the elementary education curricula (Catalan Decree 119/2015) for fifth and sixth grade students. Prior to this study, the participants had not studied this topic yet, nor had students been introduced before to science and engineering practices.

In this paper, we introduce a didactic strategy based on the use of video worked examples to support the aforementioned training inquiry task. The goal of this strategy was to foster the scientific process skills of the participants. The process diagram in Figure 1 shows the sequence followed to complete this research: design of video worked examples, classroom implementation and quantitative analysis to check on the evolution of the students' scientific abilities.

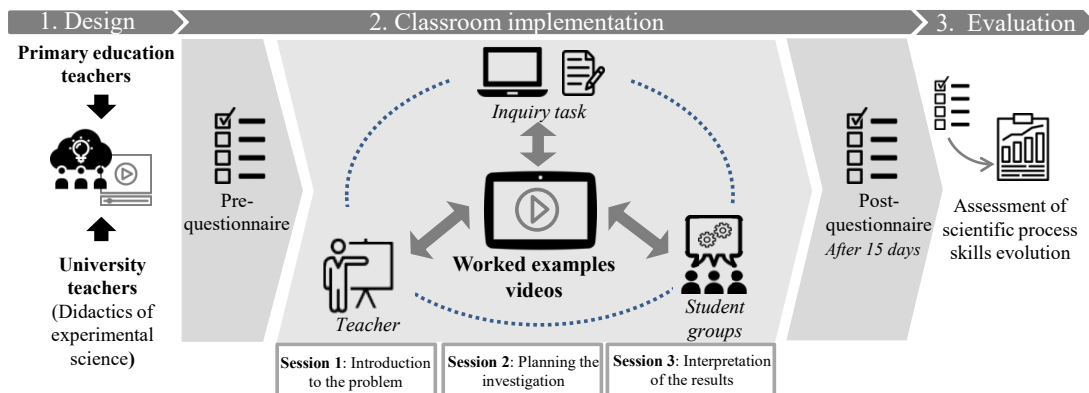


Figure 1. Performed process to introduce worked example videos to support a training inquiry task.

Design of the didactic strategy based on the use of video worked examples

The design of the didactic strategy for this study was carried out by a group of seven experts including elementary school teachers and University lecturers involved in research projects on science didactics with over 10 years of teaching experience.

First, the experts designed and produced a set of video worked examples aimed to students with no experience on scientific inquiry. These videos structured, explained and exemplified, step by step, how to carry out an inquiry process about the same scientific topic as the one the students had to investigate (electrical circuits). As students would be involved in a complex scientific inquiry task, the experts decided to segment the task into more manageable smaller parts for helping students to better understand how an investigation may be organized. This segmentation of the inquiry process could help elementary pupils clarify the structure and performance of the scientific process skills involved and, in turn, lead to better performance for learners (Lazonder and Kamp 2012). Thus, three different worked example videos were produced. Each video focused on key challenging stages of the inquiry methodology: (1) context engagement and research question; (2) planning of the investigation following a control-of-variables strategy; and (3) interpretation of results and building of scientific explanations (Rönnebeck et al. 2016).

Table 1 shows the specific content for each of the three video worked examples, as well as their corresponding Internet address (with subtitles in English).

Table 1. Content description for video worked examples.

WEB ADDRESS	CONTENT
<p style="text-align: center;">CONTEXT</p> <p>http://hdl.handle.net/10459.1/66476</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Focuses students on the topic they will investigate and relates it with a real-life context • Introduction of concepts: electrical energy, natural electric properties of materials (conductors and insulators), components of electrical circuits (cable, light bulb and battery) and the conversion of batteries' electric energy into light in a DC circuit • The virtual <i>Physics Education Technology</i> simulator for electrical circuits (University of Colorado-Boulder) is presented (https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/circuit-construction-kit-dc) • The following researchable question is proposed: <i>What is the relationship between battery voltage and circuit current?</i>
<p style="text-align: center;">PLANNING</p> <p>http://hdl.handle.net/10459.1/66497</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentation on how to plan an experimental inquiry attending to the research question and the corresponding initial ideas • Formulation of a hypothesis and predictions of possible relationship between battery voltage and circuit current is exemplified • Description of different types of experimental variables: current (dependent), voltage (independent) and how to control variables to improve the feasibility of results (battery internal resistance, light bulb resistance and circuit configuration). • Introduction to measuring tools for DC circuits: voltmeters and ammeters • Illustration of how to collect data: data range definition and organization of the current and voltage measurements
<p style="text-align: center;">INTERPRETATION</p> <p>http://hdl.handle.net/10459.1/66501</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstration of how to construct graphs (by hand or using spread sheets) from the collected data • Tips and hints for interpreting the collected data: finding relationships and patterns among data (proportional increase of circuit current versus battery voltage, deduction of Ohm's law) • Support provided for building key ideas about DC circuits from measured data • Comparison with initial ideas and evolution of the corresponding scientific model based on collected evidence • Summary of the inquiry process and encouragement to address new DC circuit challenges

The video worked examples were produced taking into account additional pedagogical and technical characteristics that could facilitate their introduction in an elementary education classroom: for example, vocabulary was accurately adapted to the students' appropriate academic level; everyday images familiar to the students were used; and graphical elements such as icons, schemes and diagrams were introduced to clarify the presentation and organization of the information given.

Classroom intervention

The guided inquiry about DC circuits using video worked examples was carried out in three 75-minute sessions. Each session was focused on a different stage of the inquiry process: context, planning and interpretation. The video examples listed in Table 1 were introduced in consecutive sessions.

Each session was structured similarly. An introductory part was devoted to the collective visualization of the video-example, followed by a brief dialogue between teacher and students about its content. The teacher concluded the section with a few open questions and then launched the autonomous working part of the session. The autonomous part corresponded to the most extended activity period of the session and was conducted in collaborative groups of two or three students. At that point, students went on performing their training inquiry task about electrical circuits while having continuous access to the video worked examples (Figure 1 and Table 1). Learners followed the explanations and examples shown in the videos in order to apply the different science process skills needed to perform the proposed inquiry about electrical circuits. More specifically, each group of students managed the following material:

- (1) A PC-tablet where the group of students could autonomously visualize the videos. This device was available throughout the session. Participants could use it as many times as they considered necessary to guide their actions throughout the training inquiry task (Kant et al. 2017; Mulder et al. 2014). The use of this kind of mobile technology allows direct access to the videos and easy adaptation to different learning rhythms (e.g. some students only need to watch the video once while others prefer to stop the video at certain times and visualize the same segment several times).
- (2) A laptop on which students had access to a virtual laboratory where they could carry out the inquiry task related to DC circuits. This lab was available at the *Physics Education Technology* project from the University of Colorado-Boulder (<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/circuit-construction-kit-dc>).
- (3) A laboratory notebook where participants recorded their investigative actions as they progressed with their task: they wrote down the research question, proposed the corresponding predictions and hypotheses, described the planning of their research, wrote down and organized the data derived from their experimentation, performed the corresponding graphic treatment and pointed out the conclusions derived from the interpretation of the collected evidence. It is important to highlight that students were encouraged not only to strictly reproduce all the skills exemplified in the videos. For instance, these videos motivated the students to formulate new hypotheses or collect more data by their own considering the examples shown. Participants did not receive a mark on the information reported in their laboratory notebook.

It is also important to highlight the role of the teacher during these sessions. During the autonomous working part, the teacher provided complementary support derived from the use of video worked examples: e.g. additional nuances to the concepts and skills presented in the videos, redundant aids on the procedures exemplified, encouragement of collaboration and group work and solutions to technical problems. This kind of complementary aid could be addressed to a specific group of students or openly to all participants in the classroom. At the end of each session, the teacher offered a short report summarizing difficulties and achievements. Although the role of the teacher lies beyond the scope of this paper and will be developed further in a future study, some of the teacher's contributions have been briefly discussed in the analysis of the results section.

The structure and organization of the strategy for this experiment (e.g. length of the sessions, number of students in each group, administration of the video examples, etc.) were adjusted during a pilot intervention conducted in a previous academic year on a group of 14 fifth and sixth grade students which were not part of the main study.

Scientific process skill assessment

A test inquiry task was designed to assess the students' ability to apply scientific process skills. Students performed this task before and fifteen days after the classroom intervention. The task consisted in a test whereby students answered a set of open-ended questions about how they would conduct a research process focused on the buoyancy of solids in water. In particular, six questions were formulated and each of them focused on the performance of a specific scientific skill. The use of a topic other than DC circuits was proposed in the test as a way to analyse the student's proficiency in scientific skills when transferred and applied to other scientific contexts. This change in scientific contexts is a way to demonstrate a more robust learning of science process skills (Chen and Klahr 1999).

Here, we present an extract of the test inquiry task. The questionnaire begins by presenting a set of images with a brief description to contextualize students to the buoyancy topic; then, the following six questions are proposed: (1) based on the observation of the initial images, identify possible questions that could be investigated; (2) formulate predictions and hypotheses related to the proposed questions; (3) identify those variables that should be analysed to check the following hypothesis: "if an object is small, then it will float better" (the question is illustrated with a picture that shows wood cubes of different sizes; students can propose to investigate e.g. the influence of mass, volume, etc.); (4) describe an experimental design to obtain useful evidence for testing the aforementioned hypothesis; (5) following the previous hypothesis and using a virtual simulator, measure the volume under water of a set of wood cubes when they are immersed into a recipient of 100 litres. Collect the data, organize and represent them (students are provided with a picture of five different wood cubes with their corresponding mass and volume; they have access to the buoyancy virtual lab of *Physics Education Technology* from the University of Colorado-Boulder (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/buoyancy>) for collecting the asked data; students are also provided with a graph paper); (6) from the collected results, propose possible scientific explanations linked to the formulated hypothesis. The design of this test inquiry task is based on similar evaluation instruments published in the literature (Kant et al. 2017; Kruit et al., "Assessing students' ability," 2018).

This instrument was validated by following two steps. Firstly, the validation was performed by the aforementioned group of experts who assessed the test items by applying the procedure described in Carrera, Vaquero, and Balsells (2011). This validation process responds to the following criteria: (1) the unicity, linguistic precision of each question for its understanding; and (2) the relevance, adequacy and relationship of each question with the object of evaluation. Definitions of “unicity” and “relevance” were provided to the group of experts before performing the validation task. After a few iterations of the test, the corresponding items were validated by the experts with an agreement rate of 80%. Secondly, the instrument was pilot tested with the aforementioned group of 14 students to adjust the conditions for its application, the time length for test administration (75 minutes) and to identify words and sentences that students deemed difficult to understand.

Evaluation of the students' answers

The answers to the test were analysed by applying an existing rubric (Ferrés-Gurt and Marbà-Tallada 2018; Tamir, Nussinovitz and Friedler 1982) and available in: <https://indagacioprimariau.wixsite.com/misitio/assessment-instrument>, Appendix 2. Table 1. This rubric allows the assessment of the main scientific skills carried out in an inquiry process. Each scientific skill was evaluated by an ascending numerical grade, according to the level of skill. The skills were rated with a minimum of 0 and a maximum of 2 or 4 points, depending on the level of each skill. The attached rubric defines the requirement needed to reach each level of skill for every science process skill I. In Appendix 1, there are some examples about how this scoring model has been implemented during the assessment of the pre and post-tests (in the attached rubric, each skill level is exemplified with an answer obtained from the student's questionnaires which has been scored following the aforementioned procedure).

Two evaluators, both university lecturers involved in science didactics research, received separate training for the scoring of the test inquiry task. Evaluators were schooled using student answers from the pre- and post-tests. Twenty-five percent of the pre- and post-tests were scored by both evaluators. Interrater reliability was calculated by determining intraclass correlation (e.g. ICC, two-way random, absolute agreement). The ICC ranged from .93 to 1.00 and the tests were randomly distributed to be scored by individual evaluator. Each evaluator scored one question for all students before moving on to the next one in order to achieve more sensitivity to different performance levels for a particular scientific skill.

Statistical analysis

Once the initial and final questionnaire scores were established for each participant, the Wilcoxon test allowed determining whether there was a statistically significant difference between the levels for the initial and final dexterity for each scientific skill. Data were analysed statistically with the IBM SPSS Statistics 24.0 software (IBM SPSS Inc. 2016). The results were evaluated at a significance level of $p < 0.05$.

Finally, it is interesting to note that audio and video of the classroom sessions were recorded from a non-participant perspective. Although a systematic and comprehensive analysis of these recordings was not performed, some of this evidence has been used to support and enhance the discussion derived from the quantitative data.

Results

This study analyses to what extent the introduction of a didactic strategy based on the use of video worked examples makes a difference on the science process skills of fifth and sixth grade students.

Concerning the first objective of this paper, Figure 2 shows the results obtained from the tests performed before and after the classroom intervention. This figure represents the number of students distributed according to the score obtained for each science process skill analysed. In addition, Table 2 summarizes the results derived from the Wilcoxon test, and these results indicate for which science process skills there was a statistically significant difference between the pre- and post-tests.

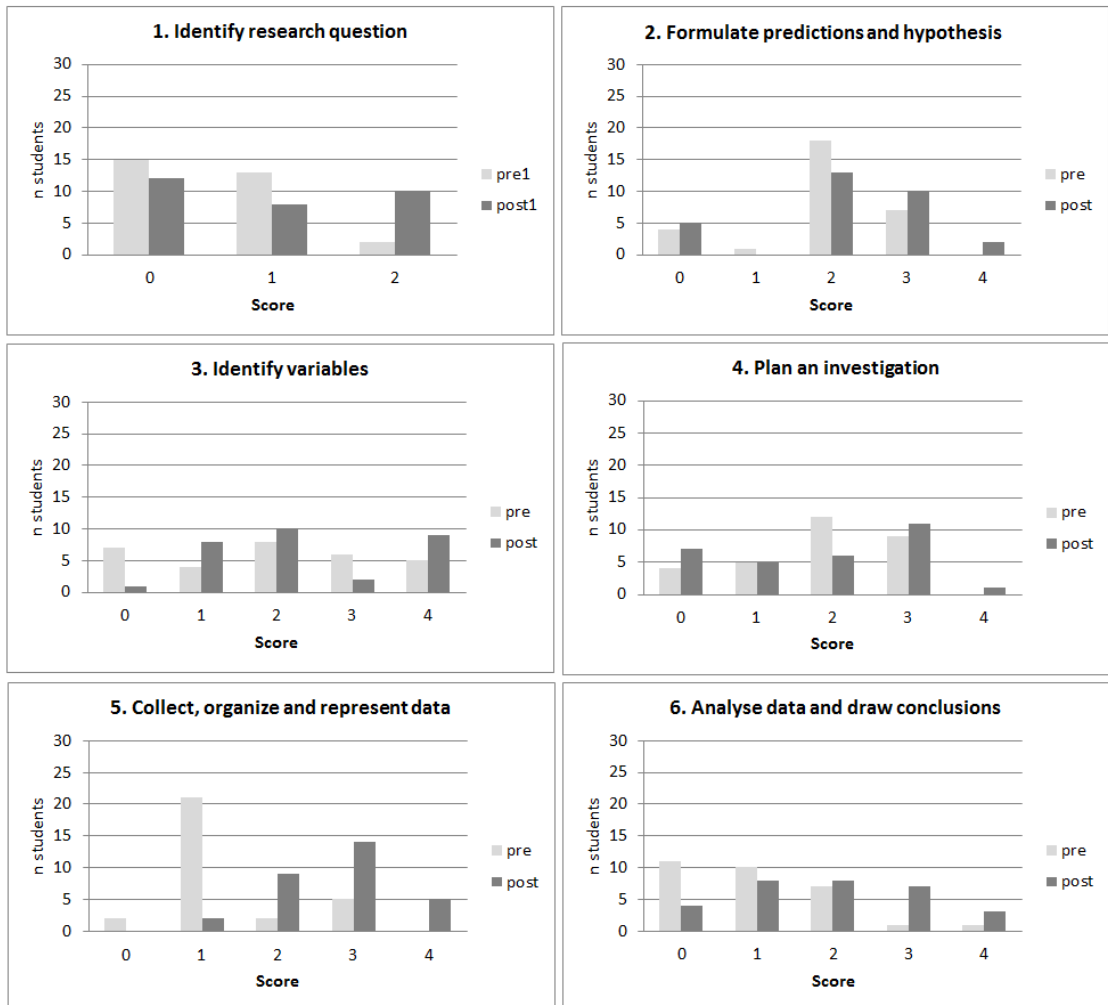


Figure 2. Quantitative evaluation of student science process skills based on pre- and post-test.

We used the Wilcoxon test to determine whether the intervention guided by video worked examples made a difference on the post-test results. Results obtained from the first phase of intervention are shown in Table 2 and reveal that there is a statistically significant difference in favor

of the post-test inquiry in identifying study variables, collecting, organizing, representing and analyzing data to draw conclusions.

Table 2. Wilcoxon test from pre- and post-test results.

SCIENCE PROCESS SKILLS	<i>p</i>
1. Identify research questions	.022*
2. Formulate previous ideas: hypothesis and predictions	.377
3. Identify variables	.059
4. Plan an investigation	.678
5. Collect, organize and represent data	<.001**
6. Analyse data and draw conclusions	.001**

The following discussion considers this set of data, and contains an exposition of the evolution, improvements and difficulties observed on the six science process skills.

Discussion

From a general perspective, the results of this study (Figure 2) suggest that the performed intervention with video examples facilitated a general acquisition of the scientific process skills involved in an inquiry. These data confirm that offering a structured setting and explicit instruction in the primary science class provides an opportunity to practise skills and improve their application, in line with previous studies (Dean and Kuhn 2007; Kruit et al., “Effects of explicit instruction,” 2018). Results also show that the didactic strategy introduced facilitated the transfer of skills between the different scientific domains proposed in both the inquiry task and the assessment questionnaire. This implies that the intervention helped learners to not only use the scientific skills but also understand how they can be applied, a difficult aspect to be achieved in a classroom setting according to previous studies (Klahr and Li 2005).

Next, there will be a discussion on the development of each science process skill before and after the intervention supported by video examples, highlighting the aspects where the didactic strategy has contributed the most and where participants showed more difficulties.

The results of the pre-test show that, on one hand, 15 out of 30 learners were not able to properly address the identification of research questions (Figure 2). These students either left the first question blank or made general descriptions of the concept to be investigated without formulating any specific question. On the other hand, 13 of the participants proposed some kind of question in the pre-test, but this was supported only by simple observations that did not lead to any actual inquiry planning. After the classroom intervention, a statistically significant change was observed in this scientific ability (Table 2). Specifically, post-test results showed an increase from 2 to 10

students who could formulate proper research questions. In these cases, we observed how students posed questions that were appropriately contextualized in the corresponding inquiry topic and even included suitable study variables. These improvements seem to be directly related to the work that participants conducted in the first classroom session (Figure 1). In this session, students worked with the *Context* video example that introduces the research topic and proposes a specific question to be investigated in the following sessions: “*What is the relationship between battery voltage and circuit current?*” (Table 1). It is important to emphasize that this first video only exemplifies the formulation of a research question based on previous contextualization and does not explain the specific features that a good researchable question could present. At this point, the teacher played a crucial role by relying on the video content to offer students supplementary assistance. The teacher highlighted those characteristics that contribute to make investigable the question presented in the video. This combination of supports – from both the video worked example and the reflection promoted by the teacher – might have positively contributed to the better results observed in the post-test. Participants who improved in this scientific ability were able to successfully transfer the ideas and assistance provided by the video and the teacher during the training inquiry task (about electrical circuits) to other scientific contexts like the one proposed in the test (buoyancy). In the pre-test, for example, non-researchable questions were given as answers, such as “*Why do the stones remain in the middle of a glass full of water?*” (scoring 1 point) and these evolved into researchable ones in the post-test, such as “*Will an object float the same in hot water as in cold water?*” (scoring 2 points). Despite improvement obtained from this skill, results indicate that asking good researchable questions was still challenging for learners (18 students failed to formulate proper researchable questions, Figure 2). This result confirms previous studies which emphasize that this science process ability requires higher cognitive skills for integrating complex and differing information from various sources as well as a better knowledge of the inquiry topic. Thus, a greater amount of classroom support is needed at this stage for enhancing their capacity to explore ideas from their daily experiences and formulate proper investigable questions (D’Costa and Schlueter 2013; Rönnebeck et al. 2016; So 2003).

With regard to formulation of previous ideas (hypothesis and predictions), 23 participants scored 2 or less points in their pre-test (Figure 2). This group of students either proposed hypotheses or predictions without any connection to the research problem or they confused this science process skill with the formulation of an investigable question. The rest of the participants (7 out of 30) were able to suggest suitable predictions or hypotheses for the proposed problem scenario, while including some study variables that could be tackled a subsequent research (scoring 3 points). After the classroom intervention, this kind of answer value increased up to 12 students (Figure 2). Students worked on hypothesis formulation during the second classroom intervention while using the second video worked example for support. This video stresses the importance of proposing previous ideas in an inquiry process to test them later on and exemplifies it by formulating cause–effect structures directly related to the introduced research question (e.g. “*If voltage increases, the current will become higher*”, as seen in Table 1). Once again, the role of the teacher was relevant during classroom work because the teacher relied on the examples shown on video to emphasize the objective and structure of hypotheses and predictions. This type of classroom intervention seemed to lead to a slight improvement in the post-test results. Although some students raised meaningless hypotheses or predictions in the pre-test (e.g. “*Fruit floats because it is an element of nature*”, scoring 0 points), after the intervention, they provided answers that were better focused on

the problem scenario, even including possible study variables (e.g. *“Fresh water will hold light objects, while saltwater will hold heavier objects”*, scoring 3 points). It appears that students moved the structure of hypothesis and prediction visualized on video to their post-test answers. However, data indicate that there is still room for improvement regarding this scientific ability. The difficulties to propose hypotheses in primary science classrooms has been previously studied in the literature (Solé-Llussà et al. 2018). Similar to the formulation of investigable questions, the lack of knowledge about the topic at hand usually hindered the proposal of testable hypotheses and predictions (Harlen 2013; Kruit et al., “Effects of explicit instruction,” 2018). In this work, the topic of the test inquiry task, buoyancy, was not well known to all of the participants. The lack of knowledge about possible factors that could influence on the buoyancy phenomenon may have prevented better results in the formulation of hypothesis and predictions (Harlen 2013; Harlen and Qualter 1999). A better outcome could probably be obtained by providing a greater diversity of examples, as well as more details about the nature of hypothesis and prediction in the video example (Rowley-Jolivet 2004).

Next, the experimental design was analysed. In particular, the study focused on two key elements: first, the identification of study variables; second, the elaboration of a reliable experimental plan or procedure, including suitable material and measuring instruments for tackling the research problem. The *Planning* video example shows how to perform, step by step, these science processes to solve the suggested inquiry about electrical circuits (Table 1). Compared to the other discussed science skills, these processes are explained and demonstrated with higher precision in the corresponding video example, which entails that students could work more autonomously in the classroom. The role of the teacher was, therefore, limited to solving specific questions raised by students during the training inquiry task.

First, many of published studies in elementary education about the benefits of supports and instructions on inquiry focus on the control of variables (Chen and Klahr 1999; Dean and Kuhn 2007; Klahr and Li 2005). In particular, and despite having been applied at higher educational levels, the use of video examples has demonstrated their effectiveness with this science skill in previous works (Kant et al. 2017). In the pre-test, 19 participants obtained a score of 2 or less (Figure 2); they were not able to identify study variables or if they proposed any, it was not related to the research question and the considered hypothesis (e.g. for the hypothesis – small objects will float more: *“I will fill the glass with water and I will put in two different cubes to see if they float.”*, scored 2 points). In the post-test, students improved on this skill and could identify more accurately independent and/or dependent variables relevant for the research problem. It is especially important to highlight an increase of up to 9 students who reached a maximum score of 4. This group of learners not only identified relevant variables correctly, but they also incorporated in their answers systematic and detailed descriptions as presented in the video example. These students specified that, in order to test the corresponding hypothesis, they had to choose one appropriate variable that had to change along the investigation and another one that they measured to check the effect of that change. For example, *“To check if small objects float, the variable I change is how big or small the object is. Then, I will measure how much it has sunk”*. The obtained results are in agreement with previous researches that highlight how instructions can help pupils to learn and transfer the control of variables skill (Chen and Klahr 1999). These are encouraging results for a scientific skill with which students tend to show frustration and/or reluctance. Although students perform better the control

variables strategy immediately after the provided support, it might be interesting to evaluate the retention or transfer of this skill over a longer time in primary education (Dean and Kuhn 2007).

Second, focusing on experimental planning, 21 students were able to describe their pre-test procedures related to the research topic, highlighting the steps to follow, the material and the instruments to use (12 students scored 2 points and 9 students scored 3 points, Figure 2). Indeed, it appeared that the learners had some familiarity with describing experimental processes, probably due to the traditional way in which practical laboratory activities are implemented (Lazonder and Egberink 2014). These experimental procedures could not be evaluated with the maximum score, however, because they were incomplete: i.e. they did not integrate study variables, and they did not consider control variables that must be kept constant throughout the investigation to obtain reliable results (e.g. *“We add water in a vessel. Then we put in a big wood cube and a small wood cube and see if they float or not”*, scored 2 points). In the post-test, slight improvements in this scientific ability appeared, as a small number of participants enhanced in their descriptions of experimental procedures by starting to include control variables: 11 participants scored 3 points and 1 participant scored 4 points, Figure 2 (e.g. *“We add two litres of water in a vessel and we put in the large object. Carefully, we measure with a ruler the portion that has sunk and the portion that floats. Then, with the same amount of water, we put in the small object and compare the results”*, scored 4 points). As results suggest, most students did not yet contemplate the factors that needed to be controlled during the experimental phase to achieve reliability. This may be due to the fact that the corresponding video example does not specify control variables as precisely as independent and dependent variables. Chen and Klahr (1999) emphasize the need to provide appropriate instructions to students and remind them of the importance of performing unconfounded experiments. It is also interesting to note that 5 students’ post-test answers contained simple theoretical descriptions about how to perform experimental planning by paraphrasing some of the explanations presented in the video (e.g. *“First we take into account the variables, then we select the material and measuring instruments. After that, we organize the data and we will try to make a graph”*). Although the student’s acquisition of this scheme is valued, these answers received a minimum score, which has contributed to the relatively poor quantitative results in the post-test. In short, it seems necessary to stress elaboration on experimental design strategies, an ability whose development seems to improve with age (Chen and Klahr 1999).

Finally, skills related to data processing and construction of the corresponding scientific conclusions will be considered. The *Interpretation* video focuses on these processes, providing recommendations and demonstrating how to build a scientific model based on evidence collected during the performed inquiry about electrical circuits (further details in Table 1). The illustrative and sequential nature of this third video entails that, in general, students gain autonomy when using it as a support during the performance of this inquiry stage in the classroom.

Regarding the collection and processing of data, it should be noted that this is not a common skill in literature and, therefore, has become a challenging issue for elementary students (Garcia-Mila, Marti, Gilabert, and Castells 2014). In the present work, this scientific skill obtained a statistically significant difference between the pre- and the post-test results (Table 2). Initially, 23 participants scored 1 or less (Figure 1) because they did not organize the collected data (e.g. using data tables) or did not represent them graphically, perhaps due to the novel nature of this task on the students. Only 5 learners were successful in drawing a graph, but nobody added a title or measurement units

to the data represented in each axis or numbers were not evenly spread on axes (scored 3 points, Figure 1). This evidence suggests that, although participants were familiar with the use of tables and graphs through their textbooks, they lacked practical experience in the use of these tools (Durmaz and Mutlu 2016). After the classroom intervention, an important advance was observed: 28 students were familiar with the use of tables for organizing data, and 19 students could perform a graphic representation of that data. In this last group, 5 participants obtained the maximum score because they successfully presented the graph with the correct labels to identify the data represented in each axis. This seems to indicate that learners adequately integrated the instructions and examples presented in the video. In fact, they were able to transfer the same types of tables and graphs shown on the video about electrical circuits to other scientific contexts, such as buoyancy to the test inquiry task. As observed in previous studies, organizing data (for instance, using tables) can be an essential bridging tool for understanding the essence of the data and its graphical representation (Garcia-Mila et al. 2014). The creation of a graph involves following a particular sequence of steps and, in this respect, the video examples seem to have greatly contributed to understanding and implementing this skill, as the successful results indicate.

Concerning the construction of scientific models and drawing conclusions, a statistically significant difference was also found after classroom intervention. The corresponding video example stresses this skill by explaining and exemplifying how to identify patterns from the collected data, taking into account the modelled graphs, to build a scientific model about electrical circuits (Table 1). According to previous research, elementary students often fail to provide data for their own claims and fail to rebut or counterclaim when they should (Ryu and Sandoval 2012). Justifying the relationship between claims and data is particularly difficult for pupils as evidenced in the present study. When interpreting their results and building arguments, students needed more assistance from the teacher to clarify some of the processes shown on video (mainly related to understanding graphs, which leads to analysing the relationship between voltage and current and ultimately obtaining Ohm's Law, Table 1). However, the performed didactic intervention appeared to involve a better coordination between the experimental data and the explanations at the end of the inquiry process. Even some students started to include rebuttals to some of their initial ideas based on gathered data. Thus, in the pre-test, 21 participants drew conclusions without paying attention to any collected evidence (e.g. *"The wooden objects float better"*, scored 1 point). Subsequently, in the post-test, 18 students started to include systematic and causal patterns in their scientific reasoning: e.g. *"I searched for patterns among the results and I observed that buoyancy does not just depend on weight (...). If the volume increases, the object floats too. Then, I have to check the hypothesis and I see it is not true that small objects float better"* (scored 3 points). As can be seen, some of the participants' answers included instructions and hints provided by the video to develop this scientific ability. It seems that the video example helped learners to build a problem-solving schema that could reduce mental effort and benefit the performance of this scientific practice (Kant et al. 2017). However, only 3 students, in the post-test answers, showed more advanced scientific models by combining empirical evidence with theoretical justifications. Although the video example demonstrates the construction of an advanced model for electrical circuits, it was difficult for students to transfer this reasoning level to other scientific contexts such as the one proposed in the test inquiry task. The video example appeared to help students integrate a set of good practices that could be useful for drawing conclusions derived from their investigation process. However, to achieve a more advanced reasoning, prior knowledge about the inquiry topic was deemed necessary, as well as an important

metacognitive load (Piekny and Maehler, 2013; Valanides et al. 2014). In any case, and despite the positive results obtained with this particular skill, the practice of interpretation and argumentation requires interventions performed during longer periods of time for changing the classroom discourse. Some authors highlight the need of scaffolds embedded within ongoing activity in order to better understand the underlying rationale of the scientific arguments and explanations (Ryu and Sandoval 2012).

Conclusions and final considerations

The use of support to develop school inquiries is frequently required, given the difficulties that this methodology usually presents, especially for novice learners. In the present work, a didactic strategy based on the use of video worked examples has been introduced to support an investigation about electrical circuits in an elementary classroom. These videos exemplified, step-by-step, how to solve this inquiry by demonstrating how to perform several science process skills. During the class, students were provided with a PC-tablet to watch, autonomously or in group, these videos to obtain assistance that could be implemented during the execution of their inquiry activity.

The didactic strategy introduced in this work based on the use of video examples has proved to be useful in improving the inquiry behaviour in a primary science classroom. This approach rendered new possibilities for understanding and practising science skills for students who had little experience and/or were unfamiliar with inquiry processes. Results show the potential for this instructional intervention which it was not been explored before at this early educational level, and provide new insights about how students implement the different science skills. Once the intervention finished, it became clear that a significant difference was observed in the following abilities: identifying research questions; collecting, organizing and representing data; analysing data and drawing conclusions. For instance, some students posed investigable questions that were more contextualized with the subject under research; they started using tables and graphs to organize and represent the data collected; they also began to incorporate empirical evidence into their scientific explanations and conclusions at the end of the inquiry process. Learners seemed to integrate several of the instructions and tips demonstrated in the video examples, which had a positive effect on the aforementioned students' science process skills performance. However, this study also reveals that certain problems remain, even after applying science process skills. In particular, problems derived from formulating hypotheses and designing experimental skills were lower than problems derived from other abilities. Thus, students found difficulties in elaborating hypotheses and predictions related to the research questions proposed; or they did not integrate control variables in their planning to obtain reliable results. Probably these skills are more related to domain knowledge and are less transferable between scientific contexts. It would therefore be necessary to conduct a broader study based on more classroom interventions supported by new video worked examples that stress these abilities.

Notwithstanding, the present findings provide further information to the discussion of effective ways to support the understanding and application of science process skills to primary students. Despite the limitations of this study – such as small sample size, the lack of analysis of long-term student outcomes, the comparison of the experimental group against control group or the analysis of the impact of video examples in specific guides provided by the teacher (all of which will be considered

in future studies) – it should be noted that this study shows the potential for this type of didactic strategy to promote and develop students' science process skills in primary education.

Acknowledgements

The authors would like to thank teachers and elementary students involved in this research. This study was supported by the University of Lleida under the Project *Programa de Promoció de la Recerca 2016_AUDL*.

References

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., and D. Wortham. 2000. "Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research." *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Bell, R., Smetana, L., and I. Binns. 2005. "Simplifying inquiry instruction." *The Science Teacher* 72 (7): 30–33.
- Carrera, X., Vaquero, E., and M. Balsells. 2011. "Instruments for assessing digital competencies of at-risk adolescents." [Instrumento de evaluación de competencias digitales para adolescentes en riesgo social]. *Edutec: Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 35: 1–25.
- Chen, Z., and D. Klahr. 1999. "All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy." *Child development* 70 (5): 1098–1120. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>
- Chin, C., and J. Osborne. 2008. "Students' questions: a potential resource for teaching and learning science." *Studies in science education* 44 (1): 1–39. <https://doi.org/10.1080/03057260701828101>
- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M., and C. Dirks. 2010. "Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology." *CBE—Life Sciences Education* 9: 524–535. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0005>
- Creswell, J. W. 2014. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 4th ed. Los Angeles, CA: Sage.
- D'Costa, A. R., and M.A. Schlueter. 2013. "Scaffolded instruction improves student understanding of the scientific method & experimental design." *The American Biology Teacher* 75 (1): 18–28. <https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.1.6>
- Dean, D. and D. Kuhn. 2007. "Direct instruction vs discovery: The long view." *Science Education* 91 (3): 384–397. <https://doi.org/10.1002/sce.20194>
- Catalan Decree 119/2015, 23rd of June, school teaching ordinance [Decret 119/2015, de 23 de juny, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació primària]*. Document Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 6900, de 26 de junio de 2015, 119–121. Retrieved from <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/s/curriculum/curriculum-educacio-primaria.pdf>
- Durmaz, H., and S. Mutlu. 2016. "The effect of an instructional intervention on elementary students' science process skills." *The Journal of Educational Research* 110 (4): 433–445. <https://doi.org/10.1080/00220671.2015.1118003>
- European Commission. High Level Group on Science Education, European Commission. Science, and Economy. 2007. *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Vol. 22845. Office for Official Publications of the European Communities.

- Ferrés Gurt, C., and A. Marbà Tallada. 2018. "Problems students experience with inquiry processes in the study of enzyme kinetics." *Journal of Biological Education* 52 (1): 113-120. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1285801>
- Flavell, J. H. 1992. "Cognitive development: Past, present and future." *Developmental Psychology* 28 (6): 998.
- Garcia-Mila, M., Marti, E., Gilabert, S., and M. Castells. 2014. "Fifth Through Eight Grade Students' Difficulties in Constructing Bar Graphs: Data Organization, Data Aggregation, and Integration of a Second Variable." *Mathematical Thinking and Learning* 16: 201-233.
- Harlen, W. 1999. "Purposes and procedures for assessing science process skills." *Assessment in Education: principles, policy & practice* 6 (1): 129-144. <https://doi.org/10.1080/09695949993044>
- Harlen, W., and A. Qualter. 2009. *The Teaching of Science in Primary Schools*. Oxon, OX: Routledge.
- Harlen, W. 2013. "Inquiry-based learning in science and mathematics." *Review of science, mathematics and ICT education* 7 (2): 9-33. <https://doi.org/10.26220/rev.2042>
- IBM Corp. 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, New York: IBM Corp.
- Kant, J. M., Scheiter, K., and K. Oschatz. 2017. "How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning." *Learning and Instruction* 52: 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., and R. E. Clark. 2006. "Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching." *Educational psychologist* 41 (2): 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D., and J. Li. 2005. "Cognitive research and elementary science instruction: From the laboratory, to the classroom, and back." *Journal of Science Education and Technology* 14 (2): 217-238. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-4423-5>
- Klahr, D., and M. Nigam. 2004. "The equivalence of learning paths in early science instructions: Effects of direct instruction and discovery learning." *Psychological Science* 15 (10): 661-667. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x>
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., Van den Berg, E., and J. A. Schuitema. 2018. "Effects of explicit instruction on the acquisition of students' science inquiry skills in grades 5 and 6 of primary education." *International Journal of Science Education* 40 (4): 421-441. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1428777>
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., van den Berg, E., and J. A. Schuitema. 2018. "Assessing students' ability in performing scientific inquiry: instruments for measuring science skills in primary education." *Research in Science & Technological Education* 36 (4): 413-439. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1421530>

- Lazonder, A. and A. Egberink. 2014. "Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: Effects of explicit and implicit instructional guidance." *Instructional Science* 42: 291–304. <https://doi.org/10.1007/s11251-013-9284-3>
- Lazonder, A. W., and R. Harmsen. 2016. "Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance." *Review of educational research* 86 (3): 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lazonder, A. W., and E. Kamp. 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. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.05.005>
- Lederman, N., and J. Lederman. 2014. "Research on Teaching and Learning of Nature of Science". In *Handbook of Research on Science Education*, 2, edited by S. K. Abell and N. G. Lederman, 600-620. Abingdon: Routledge.
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., and T. de Jong. 2014. "Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning." *Learning and Instruction* 29: 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001>
- National Research Council. 2012. *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. 2016. *PISA 2015. Assessment and analytical framework: Science, Reading, mathematics and financial literacy*. Paris: OECD.
- Piekny, J., and C. Maehler. 2013. "Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills." *British Journal of Developmental Psychology* 31 (2): 153–179. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.2012.02082.x>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., and M. Ropohl. 2016. "Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities." *Studies in Science Education* 52 (2): 161-197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Rowley-Jolivet, E. 2004. "Different visions, different visuals: A social semiotic analysis of field-specific visual composition in scientific conference presentations." *Visual Communication* 3 (2): 145–175.
- Ryu, S., and W. A. Sandoval. 2012. "Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation." *Science Education* 96 (3): 488-526. <https://doi.org/10.1002/sce.21006>
- So, W. W. M. 2003. "Learning science through investigations: An experience with Hong Kong primary school children." *International Journal of Science and Mathematics Education* 1 (2): 175-200. <https://doi.org/10.1023/B:IJMA.0000016852.19000.af>
- Solé-Llussà, A., Aguilar, D., Ibáñez, M., and J.L. Coiduras. 2018. "Communication analysis of inquiry experiences presented in science conferences aimed to Preschool and Primary Education students." [Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria]. *Revista Eureka*

sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 15 (1): 1302.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1302

Sweller, J., and G. A. Cooper. 1985. "The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra." *Cognition and instruction* 2 (1): 59–89.
https://doi.org/10.1207/s1532690xcio201_3

Tamir, P., Nussinovitz, R., and Y. Friedler. 1982. "The development and use of a Practical Test Assessment Inventory." *Journal of Biological Education* 16: 42–50.

Valanides, N., Papageorgiou, M., and C. Angeli. 2014. "Scientific investigations of elementary school children." *Journal of Science Education and Technology* 23 (1): 26–36.
<https://doi.org/10.1007/s10956-013-9448-6>

Appendix 1.

Example of scoring in the formulation of hypothesis or predictions

“Fresh water will not hold light objects; while saltwater will”

o. Does not propose or identify predictions or hypothesis, or poses them without meaning.

1. Formulates predictions and hypothesis without relation to the question or objectives.

2. Poses ambiguous hypothesis and predictions, but related to the research topic.

3. Poses at least one hypothesis or prediction that fits the research question and includes possible study variables.

- The hypothesis or prediction fits the research question correctly proposed by the student *“Does the concentration of salt influence the buoyancy of objects?”*
- The hypothesis or prediction includes possible study variables (concentration of salt as an independent variable and buoyancy as a dependent variable).

4. Poses more than one hypothesis or prediction that fit the research problems and include possible study variables.

Goal:

The students were able to suggest at least one suitable prediction or hypothesis for the proposed research question. Students include some study variables (independent and dependent variables) which could be tackled in subsequent research.

Example of scoring in planning an investigation

“We add two liters of water in a vessel and we put in the large cubic object. Carefully, we measure with a ruler the portion that has sunk and the portion that floats. Then, with the same amount of water, we put in the small cubic object and compare the results”

o. No experimental design is proposed.

1. The experimental design has no relation to the researchable question and does not allow the verification of the hypotheses or predictions.

2. The experimental design is related to the considered hypotheses, but its description (use of materials, instruments, steps to follow) is incomplete and does not state the control variables

3. The experimental design allows the verification of the hypothesis and predictions, with an adequate description, but with incomplete control variables.

4. The experimental design allows the verification of the hypothesis and predictions in a reliable way, presenting appropriate control variables.

- *The experimental design allows the verification of prediction: “if an object is small, then it will float better”*
 - *The amount of water in the vessel is presented as a control variable which denotes that it is not evident for kids that this variable could not influence on the object buoyancy.*
 - *The size of the cubes (small and large) is the independent variable while the portion of the cube above water level is the dependent variable (determined by the quotient between height above water and the total height).*
 - *The material and instruments are properly described: the cubic objects, the vessel, the water volume and the ruler to measured heights.*
 - *The steps to follow are detailed*
-

Goal:

The students were able to plan an investigation to obtain experimental evidence to test their predictions or hypotheses. Students include study variables (control, independent and dependent), materials and instruments needed and the steps to follow.

Appendix 1. Table 1. Instrument for the assessment of the pre- and post-test inquiry task.

o. A question is not identified.

1. The researchable question that arises is not approachable. *Why do the stones remain in the middle of a glass full of water?*

1. IDENTIFY RESEARCH QUESTIONS

2. The question posed is related to a scientific concept and is susceptible to being investigated. *Will an object float the same in hot water as in cold water*

o. Does not propose or identify predictions or hypothesis, or poses them without meaning. *Fruit floats because it is an element of nature (for the student's proposed question: Why do objects float?).*

1. Formulates predictions and hypothesis without relation to the question or objectives. *I think that fruit will float better when it has ripped (for the student's proposed question: Do all objects float the same?).*

2. Poses ambiguous hypothesis and predictions, but related to the research topic. *Wood will float because it contains air (for the student's proposed question: Why wood floats and a stone doesn't?).*

2. FORMULATE PREVIOUS IDEAS: PREDICTIONS AND HYPOTHESIS

3. Poses at least one hypothesis or prediction that fits the research question and includes possible study variables. *Fresh water will hold light objects, while saltwater will hold heavier objects (for the student's proposed question: Does the concentration of salt influence the buoyancy of objects?).*

4. Poses more than one hypothesis or prediction that fit with the research problems and that include possible study variables.

o. Study variables are not contemplated.

1. Identifies study variables that do not fit with considered previous ideas or researchable question. *We put a glass of water and throw in fruit and wood.*

2. Identifies ambiguous independent or dependent variables that relate to the research question and the considered previous ideas. *I will fill the glass with water and I will put in two different cubes to see if they float.*

3. IDENTIFY VARIABLES

3. Identifies both independent and dependent variables related to the research question and the considered previous ideas. *The variables are wood cubes of different sizes. I will check if they float or not.*

4. Identifies and defines both independent and dependent variables that fit with the researchable question and the considered previous ideas. *To check if small objects float, the variable I change is how big or small the object is. Then, I will measure how much it has sunk.*

o. No experimental design is proposed.

1. The experimental design has no relation to the researchable question and does not allow the verification of the hypotheses or predictions. *We put two cubes in the bottom of the recipient and we observe which one raises faster*

4. PLAN AN INVESTIGATION

2. The experimental design is related to the considered hypotheses, but its description (use of materials, instruments, steps to follow) is incomplete and does not state the control variables. *We add water in a vessel. Then we put in a big wood cube and a small wood cube and see if they float or not*

3. The experimental design allows the verification of the hypothesis and predictions, with an adequate description, but with incomplete control variables. *We pick up a fish tank and we fill it up with water. We put in cubes of different sizes. I will measure how much of the object is inside the water.*

4. The experimental design allows the verification of the hypothesis and predictions in a reliable way, presenting appropriate control variables. *We add two liters of water in a vessel and we put in the large object. Carefully, we measure with a ruler the portion that has sunk and the portion that floats. Then, with the same amount of water, we put in the small object and compare the results.*

o. No collection of data is performed.

1. Data collection shows lack of understanding of the procedure described, with a poor application of techniques or instruments and without organizing or graphing. *Data is collected without any kind of organization.*

2. Data collection appropriate to the procedure described, related to the hypotheses proposed, with adequate organization (i.e. use of tables) but without graphic treatment. *Data is collected in a table: one column for the object's volume data, another one for the objects' weight and third one for the measured volume of the object under water. No graph is attached.*

3. Data collection appropriate to the procedure described, related to the hypotheses and predictions raised, with an adequate organization (i.e. use of tables) but with poor treatment (incorrect graph or poor presentation: no titles or unit measurements attached to each axis, numbers are not evenly spread on axes, etc.). *Data is collected in a table with columns for the different variables and a graph is attached. In the graph, numbers are not evenly spread on axes, no line between data points is performed*

4. Methodical data collection, with a good understanding of the procedure, which provides data related to the research topic that is correctly organized and graphically represented with an adequate treatment (titles and unit measurements are attached to each axis, numbers are evenly spread on axes, etc.).

5. COLLECT, ORGANIZE AND REPRESENT DATA

o. Without data analysis.

1. Poor analysis and conclusions not based on data. *The wooden objects float better.*

2. Conclusions are just descriptions of the results. *When objects are smaller, then they are lighter. When they are bigger, then they have more weight.*

3. Incomplete analysis but with an incipient coordination between theoretical justifications and empirical tests, including a check of the initial hypothesis or predictions. *I searched for patterns among the results and I observed that buoyancy does not just depend on weight (...). If the volume increases, the object floats too. Then, I have checked the hypothesis and I have seen it is not true that small objects float better.*

6. ANALYSE DATA AND DRAW CONCLUSIONS

4. Well-founded data analysis, with conclusions based on evidence. Coordinates theoretical justifications with empirical evidence. *The volume of water under the cube corresponds to the weight of the object. (...); I see the same pattern with the bigger cubes (...). The wood cubes float because water makes forces to hold them. It seems like the weight of the cube is equilibrated by a force done by water.*

3.2. Estudi 2

Video worked examples to promote elementary students' science process skills: a fruit decomposition inquiry activity

Abstract

The study aim was to investigate the effects of a training inquiry task supported by video worked examples on elementary students' science process skills. In this case study, 30 participants used these videos as a support during the performance of an inquiry activity based on fruit decomposition. To date, these supports have only been studied at higher educative levels and they have not been used to address biological phenomena topics. The results indicate that the video worked examples provide students with a cognitive scheme for the inquiry process and have a positive effect on their science process skills. In particular, after the training inquiry task, participants contextualise researchable questions and contemplate study variables that allow them to design proper experimental designs. Video worked examples also promote students' data representation, which leads them to make more advanced scientific explanations.

Keywords: elementary students; fruit decomposition; inquiry; science processing skills; video worked examples.

Introduction

Over the last decades, science education programmes have focused on inquiry-based learning methodologies as an effective learning approach that provides the means to increase interest in science (National Research Council 2012). Inquiry methodology is a multi-dimension activity that involves a set of different science process skills or scientific abilities such as asking questions, formulating hypothesis, planning an investigation under a control-of-variables, experimenting to collect data and, interpreting it to build arguments and coherent explanations that can be helpful to answer the questions posed (Pedaste et al. 2015). Different authors stress the importance of introducing inquiry-based learning methodology early in education in order to enhance students' understanding of science content and general scientific literacy (Durmaz and Mutlu 2016).

Educational guidelines, in many countries, highlight the importance of having meaningful experiences about life sciences in elementary education in order to build knowledge about the natural world (Forbes, Sabel, and Zangori 2015). In particular, the Catalan science curriculum points out that students in elementary grades should develop an understanding of natural phenomena and learn about the organismal structure, functions and existing interactions in ecosystems (Decret 119/2015). In order to develop this kind of knowledge and become a scientifically literate citizen, inquiry-based methodologies are strongly suggested (National Research Council 2012). Many learning activities based on the study of life sciences have been developed in elementary education. However, a recently published literature review highlights the small number, in the last decade, of inquiry methodologies when studying natural phenomena in elementary education (Hayes, Plumley, Smith, and Esch 2017). There is a gap in the bibliography about studies that explicitly focus on this methodology and the development of scientific process skills when investigating natural phenomena topics in the aforementioned educational level (Ero-Tolliver, Lucas, and Schauble 2013; Gotwals and Songer 2009; Grotzer and Basca 2003). In fact, some studies claim that inquiry-based activities can be challenging for elementary students; some of the scientific skills objectives are not always clear and an investigation activity requires the use of a large amount of information elements simultaneously, which can exceed students' cognitive levels. These difficulties are especially

problematic for novice learners who are not familiar with scientific practices and might have contributed to the lack of published inquiry learning activities related to life science in elementary education (Hayes et al. 2017; Solé-Llussà, Aguilar, Ibáñez, and Coiduras 2018).

To overcome these difficulties, some studies indicate the need for support in guiding and implementing inquiry practices in schools (Mulder, Lazonder, and de Jong 2014). Among these supports, different authors highlight those that introduce task structuring in their inquiry activities. This approach consists of assisting learners in analysing an inquiry task into single, more manageable subtasks (Mulder et al. 2014). For instance, worked examples are structured supports that involve step-by-step instruction about how to complete an inquiry task. These examples are usually introduced in a video format, employing different visual demonstrations which improve and clarify their presentation (hereafter, video worked examples, video examples or videos). These video examples, not only exemplify an action sequence, but they also illustrate the reasoning underlying the choice and application of the different skills or abilities usually associated with an inquiry process. Students can use these examples as a support before or during the development of a training inquiry task on their own (Kant, Scheiter, and Oschatz 2017; Mulder et al. 2014). To date, the use of video examples as a support for science inquiry learning activities has only been studied with high school students. Results from these studies show that video examples provide a structure for the students' inquiry process and an improvement in their science process skills (Kant et al. 2017; Mulder et al. 2014).

Apart from the lack of studies about the effectiveness of video examples in elementary education, this support has only been addressed in physics issues and thus, research related to biological phenomena topics is missing. The present work addresses this issue and studies how video worked examples can support the performance of an investigation process focused on a specific life science topic. Due to its importance in the learning programmes for elementary education, the study of life cycles will be the focus of the inquiry to be supported by video examples in this manuscript. In elementary grades, this scientific topic is taught but usually, not from an inquiry perspective. Moreover, the typical focus is on the growth of organisms and the conditions that support their life (Hayes et al. 2017). Instruction usually concludes with the death of the organism, even though processes of decay have important consequences for the health and balance of our world (Düsing, Asshoff, and Hammann 2018). Although many learning activities about food decay and plant decomposition are proposed, elementary learners usually believe that matter from dead animals and plants simply disappears and they tend not to associate microbes with this process (Ero-Tolliver et al. 2013). These students' conceptions about the process of decomposition may lead them to misunderstand the interactions between different organisms in an ecosystem and the important function of decomposers in the matter cycle (Byrne, Grace, and Hanley 2009).

Therefore, the novelty of our work is to provide useful new learning supports to teach the inquiry activities focused on life sciences and, at the same time, that the study of the biological process of decomposition acquires real meaning for elementary students. Specifically, the original proposal introduced in this paper addresses two main objectives:

- (i) To design and implement a learning strategy based on the use of video worked examples to support a training inquiry task about the biological processes that happen in rotten fruit for elementary education learners.
- (ii) To assess the effectiveness of video worked examples for developing science processing skills, when implemented in this biological phenomena topic, for fifth and sixth grade elementary education students.

Methodology

Context

The present case study is based on the participation of 30 elementary school students in fifth and sixth grade (9–11 years old) from one school in Catalonia (eastern Spain). These students are encouraged to participate in a training inquiry task about fruit decomposition. This topic was chosen for building a more nuanced understanding of this process which, according to previous research, elementary students usually misunderstand. Gaining knowledge about decomposition may support the understanding of further topics such as life and matter cycles or the existing relationships between different kinds of living organisms in an ecosystem. All these scientific topics are included in the elementary education curricula for fifth and sixth grade students (Decret 119/2015). Specifically, in this inquiry task, students will investigate the physical and chemical changes that take place in the decomposition process of an apple over time. This task includes observation of a decaying apple and analysis of the evolution of its physical appearance, weight and sweetness over its decomposition process. The activity involves dealing with specific biological knowledge and with scientific instrumentation not usual in elementary classrooms (see details in next section). For performing this inquiry task, participants have the support of a new set of video worked examples specifically designed to guide and scaffold them by introducing key concepts about decomposition and by exemplifying the main skills and stages to be carried out during the investigation process.

To examine whether this learning strategy, based on the use of video worked examples, made a difference to the students' science process skills, quantitative and qualitative data were collected at the beginning and the end of the training inquiry task from pre and post-tests.

Training inquiry task supported with video examples

Participants performed the training investigation task about fruit decomposition along three main 75-minute sessions, each one focused on key stages of the inquiry methodology (Mulder et al., 2014): i) context orientation and posing of a research question; ii) planning a systematic investigation; and iii) interpreting collected data and building scientific knowledge. As a support for this process, three specific video worked examples were designed, one for each session. Each video example explains and exemplifies, step-by-step, how to carry out the particular inquiry processes to be performed in the corresponding session. Thus, this whole set of three video examples will help to clarify the structure and performance of the different scientific process skills involved in an inquiry task.

Figure 1 outlines the implemented learning strategy and details the specific content included in each video worked example for guiding the inquiry about decomposition. It is important to highlight that, while sessions 1 and 2 were carried out on consecutive days, a week passed between session 2 and session 3. Students needed this week to execute the designed planning (session 2, Figure 1) and collect the corresponding data which were interpreted in the last third session (Figure 1).

With respect to the three main sessions supported by video examples, they were performed in a similar way. At the beginning, all participants watched each video and started a brief dialogue between teacher and students about its content (15 minutes). Afterwards, students performed, in collaborative and autonomous groups (2–3 students), the inquiry tasks required in each session (50 minutes). At this point, all groups of learners had continuous access to a PC-tablet where they could view the instructive videos, as many times as they considered necessary. Additionally, students had a laboratory notebook where they could record their investigation progress (e.g. hypothesis, the planning design, collected data, etc.), as well as the necessary scientific material and instrumentation needed to perform the inquiry activity (Figure 1). During this autonomous working part, the teacher provided complementary supports derived from the use of the video examples: e.g. encouraged collaboration, provided additional nuances to the concepts and skills presented in the videos, multiple supports for the same need (known as redundant aids (Tabak, 2004)), etc. At the end of each session, the teacher opened a brief dialogue to summarise the difficulties and achievements (10 minutes).

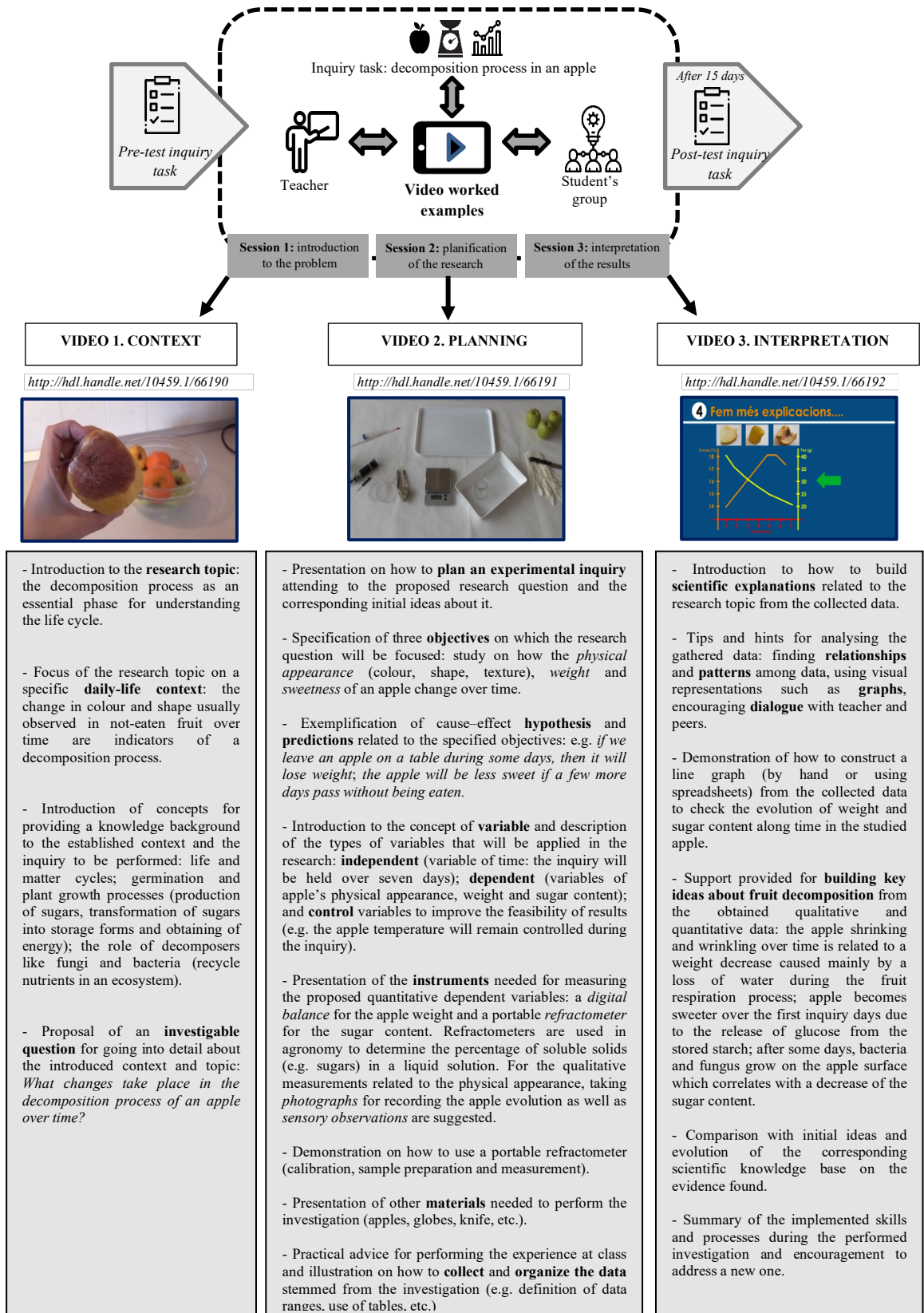


Figure 1. Classroom implementation of video worked examples as a support for an inquiry about fruit decomposition.

Data collection

To assess the progress of the students' science skills through the implemented learning strategy, an inquiry task test was designed. Participants performed this test before and fifteen days after the training inquiry task. In this test, students answered six open-ended questions about how they would conduct a research process focused on plant growth (each question was focused on the development of a specific scientific skill). This task topic was chosen since it shares a similar scientific context with the taught decomposition research and allows assessment of how students transfer and implement the knowledge and skills learned in the inquiry task to other related biological issues. The task test is available at the following link: <https://inquiry991331.typeform.com/to/injrX3>.

The test was validated by a group of seven experts attending to the following criteria: (1) the linguistic precision of the question for its understanding; and (2) the relevance, adequacy and relationship of each question with the object of evaluation. After a few iterations, the final test was validated with total agreement (Carrera, Vaquero, and Balsells 2011). The answers to the test were analysed by applying the rubric shown in Table 1 - Appendix (available at the following link: <http://hdl.handle.net/10459.1/66193>), which is based on a similar, previously published one (Ferrés-Gurt and Marbà-Tallada 2018). This rubric allows the assessment of the main different scientific skills involved in an inquiry process. Each scientific skill is evaluated with an ascending numerical grade, with a minimum of zero and a maximum of four points, according to the level of proficiency. Once the initial and final questionnaire scores were assessed for each participant, the Wilcoxon test was performed to determine whether there was a statistically significant difference between the levels of initial and final proficiency for each scientific skill. Data were analysed statistically with the IBM SPSS Statistics 24.0 software (IBM Corp. 2016). The results were evaluated at a significance level of $p < 0.05$.

Results and discussion

In the present study, it was investigated whether the training inquiry task supported by video made a difference to the development of science process skills. The data shown in Table 1 reveal that there is a significant difference in most of the assessed scientific abilities: identifying research questions; planning an investigation; representing data; analysing data and making scientific explanations. To explore in more detail these improvements, we examined quantitatively each skill obtained from the results in the pre and post inquiry test (Table 2). From these tests, we also collected some qualitative data to provide additional information on the students' skills progress and content knowledge achievement (Appendix I, Table 1).

Table 1. Wilcoxon test from pre- and post-test results.

SCIENCE PROCESS SKILLS	<i>p</i>
1. Identify research questions	.012*
2. Formulate previous ideas: hypothesis and predictions	.246
3. Identify variables	.055
4. Plan an investigation	.007*
5. Represent data	.001**
6. Analyse data and make scientific explanations	.006*

From the results obtained from the inquiry task test, before the classroom intervention, none of the participants could propose a proper research question related to the proposed topic (plant growth). As shown in Table 2, all students obtained a score of two or less (see rubric in Table 1, Appendix) for this scientific skill. On one hand, 50% of students could not identify a problem to be investigated or they just asked questions that did not lead to the design of a data-collecting methodology (e.g. ‘Why plants need water?’ scored as zero). On the other hand, the rest of the students formulated very generic questions or ones that were not related to the corresponding scientific context. Ferrés-Gurt (2017) addresses this situation and notes how difficult it is for unexperienced learners to pose questions that lead to an investigation process. Students need further support (such as more dialogue between teacher and student), as well as conceptual knowledge to improve on the formulation of investigable questions. Moreover, due to the lack of inquiry activities concerning similar life science topics, students probably lack experience regarding the independent formulation of researchable questions in this scientific context (Ero-Tolliver et al. 2013). During the first classroom intervention, learners worked with a video example where the formulation of an investigable question that engages students to inquire about the different changes that take place in a decaying apple was exemplified. In this session, the teacher played an important role as she used the example shown in the video to highlight which characteristics should be present in a researchable question. The combination of support, from both the video and the reflection promoted by the teacher, might have led to an improvement in this science skill. Thus, in the post-test, it is observed that 13% of learners started to formulate proper research question (e.g. ‘If there is more heat, then will more flowers bloom?’ scored as four points; Table 2). In this way, it seems that the implemented learning strategy has helped some students to pose questions. Firstly, research questions were contextualised in the corresponding biological topic and secondly, included testable study variables using cause-effect structures that should lead to formulate suitable previous ideas and then an experimental design (Ergazaki, Zogza, and Grekou 2009; Ero-Tolliver et al. 2013).

Table 2. Quantitative evaluation by score of student science process skills based on pre- and post-test.

Science Process Skills	Score	% Pre-test (n=30)	% Post-test (n=30)
Identify research questions	0	50	27
	1	40	40
	2	10	20
	3	0	3
	4	0	10
Formulate previous ideas: predictions and hypotheses	0	33	20
	1	37	40
	2	23	23
	3	0	17
	4	7	0
Identify variables	0	33	20
	1	27	30
	2	37	23
	3	3	17
	4	0	10
Plan an investigation	0	30	23
	1	44	27
	2	23	20
	3	3	23
	4	0	7
Represent data	0	60	43
	1	13	17
	2	27	7
	3	0	20
	4	0	13
Analyse data and make scientific explanations	0	20	13
	1	33	17
	2	20	27
	3	17	40
	4	0	3

The formulation of a hypothesis was a tricky science process skill for participants. Before the intervention, only 7% of learners formulated a hypothesis that fitted with the proposed research question and that included study variables which could be tested in a subsequent investigation (e.g. ‘The excessive heat and the lack of water made the flowers in the garden wither’, scored as three points). In the post-test, the formulation of a proper hypothesis slightly increased to 17%. Among these answers, we identified some elements that have been incorporated from the use of the corresponding video examples. For instance, the planning video example (see Figure 1) emphasises the formulation of a hypothesis using cause–effect structures (e.g. ‘If we leave the apple on the table for a few days, the apple will lose weight and change its colour and texture’), which some students integrated later in their post task tests (e.g. ‘If plants do not have the proper nutrients, then, the decomposition process will occur sooner’). Moreover, it also seems that the scientific content knowledge about germination and plant growth processes introduced by video examples has helped students to propose hypotheses better focused on the problem scenario. In fact, different authors emphasize the importance of understanding the science topic to be able to propose testable predictions or hypotheses (Ero-Tolliver et al. 2013; Durmaz and Mutlu 2016; Grotzer and Basca 2003).

Also, the implemented didactic strategy has supported the identification of variables. Before the intervention, practically all students showed difficulties in this ability (Table 2). For instance, for the hypothesis ‘If the seed has no sunlight, it will not germinate’, students initially recognised independent variables which were ambiguous or not related with the research topic (e.g. water). Moreover, participants did not specify the measurement needed to check the corresponding result. The planning video example (Figure 1) highlights this scientific skill by explaining the different kinds of variables in an inquiry process and by demonstrating how to select and apply them in agreement with the posed question and hypothesis. Thus, in the post-test, 27% of students succeeded in performing this process skill (answers scored as three or four, Table 2). We observed how students started to identify and differentiate between independent and dependent variables relevant for the research problem, while incorporating descriptions of the variables in the same way as they were introduced in the video example (e.g. ‘...The amount of light is the variable I change... I’ll measure the seeds’ growth with a ruler’). The results obtained from the post-test also showed an improvement in experimental planning. Before the intervention, practically all students could not describe a proper investigation design by checking the formulated hypothesis (incomplete description of steps to follow, materials, etc.). After the inquiry task, participants introduced into their planning some ideas and explanations provided by the video example. Thus, 30% of participants improved in this skill by describing step-by-step procedures which included materials, instruments and control variables for enhancing the reliability of their investigation designs:

I let the seeds grow alone with sunlight, without water. In another place, I put the seeds and I give them the same amount of water each day. Also, I measure if they have the same temperature each day with the thermometer. During a week, I’ll measure the seeds’ growth with a ruler only with sunlight or if they also need water (scored as four points).

In fact, some students paraphrased their answers in a similar way as the explanations provided by the video. Thus, video examples seem to provide a scheme or structure which students use for organising their ideas when designing an investigation plan about a life science topic. Although the

results corresponding to the identification of variables and the experimental planning are encouraging, there is still some room for improvement. These are challenging science processes for learners as they have to coordinate different elements of information simultaneously (e.g. scientific content knowledge, use of materials and measuring tools, reliability by controlling variables, etc.). In line with previous research, it seems that it is necessary to increase the number of inquiry activities with appropriate support and also, give more time to students to acquire a better command of these skills (Harlen 2014; Durmaz and Mutlu 2016).

In reference to the representation of data, a statistically significant difference between pre and post-test results is observed. In the pre-test, 60% of students could not succeed in this skill: either no graph was completed (scored as zero) or, when a graph was produced, mistakes appeared while representing the data appeared (e.g. the graphic type was not the most appropriate for the provided data; axis marks were not equally spaced, etc.). These results agree with some previous studies which claim that elementary students usually have contact with graphs in textbooks but do not have practical experience with them in a scientific context (Durmaz and Mutlu 2016; Ero-Tolliver et al. 2013). During the training inquiry task, the third video example demonstrates and explains in detail how to construct a line graph from the collected data (Figure 1). Thus, it seems that students successfully incorporated the instructions provided by the video example; this led to an improvement in their graphical representation skills. Actually, 33% of participants succeeded in properly plotting the scientific data (scored as three and four) and corrected some of the mistakes performed in the pre-test. Even 13% of these students merged different sets of data into one single graph for facilitating its comparison (following the example illustrated in the video where the change of mass and sweetness plotted along time in a decaying apple were contrasted by plotting both sets of data in a single graph).

Finally, a statistically significant difference when building scientific models about life systems was also observed. In the pre-test, 73% of participants made simple explanations without considering the empirical evidence. After the intervention, some learners incorporated the instructions and suggestions provided by the video example and thus, in 43% of students' answers, we started to observe more coordination between the experimental data and theoretical justifications in relation to the proposed hypothesis (scored as three and four, Table 2). Among these answers, it is observed how students incorporated new scientific vocabulary and concepts derived from their training inquiry task about decomposition. This fact shows that these students achieved a proper understanding of these concepts as they could extrapolate them to other related scientific contexts:

The first day all the plants have the same height... plants which share gardens do not grow as much as the plant that has the whole garden alone... the more plants in a garden, the more water, space and mineral salts must be distributed... and the less resources each plant has, the less growth. If a plant dies, its decomposition will help to the growth of the other plants. (scored as four points)

In this way, in the post-test, some students identified concepts such as water, nutrients, light, temperature or time as factors that are related with the life and growth of a plant. Additionally, in a few cases, decomposition ideas were also used to complement and further detail the explanations in the post-test answers about plant growth. This evidence shows that the implemented learning

strategy has contributed to developing more sophisticated scientific models about life systems to better understand the world in which we live (Ero-Tolliver et al. 2013; Ergazaki et al. 2009).

Conclusions

The importance of inquiry-based activities to promote students' science process skills is recognised in most international assessment reports in science education. However, there is very little research about inquiry activities based on life science topics for elementary education. In fact, given the difficulties that this methodology usually presents, especially for novice learners, there is a need of support for performing this kind of activity and promoting scientific literacy.

In the present work, a didactic strategy based on the use of video worked examples as a support for an inquiry activity based on fruit decomposition was introduced. On one hand, this strategy provides a novel way of introducing this kind of topic in an elementary classroom. It involves dealing with some biological concepts and scientific instrumentation that are not common at this educative level. On the other hand, this training inquiry task has provided a positive effect on the development of students' science skills while investigating a life science topic. After the work with video examples, students could pose more specific and contextualised researchable questions and could identify proper study variables for planning an investigation about life systems. Moreover, audio-visual examples promoted the use of graphs and data representation which lead to building more advanced scientific explanations about the proposed scientific topic.

The results obtained show that video examples helped learners to build an inquiry schema which leads them to improve their scientific literacy when studying a life science topic. However, future lines of research could address additional aspects. On one hand, it might be interesting to explore if the students' scientific literacy further increase when they repeat different times this kind of investigation supported by video examples or by letting them to explore a wider range of study variables (such as the type of fruit). On the other hand, we could gain more knowledge from the use of video examples as a support of an inquiry process in primary education by analysing a bigger sample size or by comparing both an experimental and a control group. In any case, results presented in this work are encouraging and demonstrate the potential for this type of learning strategy.

Funding

This research was supported and founded by the University of Lleida under the programme 2016-AUDL.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- Byrne, J., Grace, M., and P. Hanley. 2009. "Children's Anthropomorphic and Anthropocentric Ideas about Micro-organisms." *Journal of Biological Education* 44 (1): 37–43.
- Carrera, X., Vaquero, E., and M. Balsells. 2011. "Instrumento de evaluación de competencias digitales para adolescentes en riesgo social [Instruments for Assessing Digital Competencies of At-risk Adolescents]." *EduTec: Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 35: 1–25.
- Decret 119/2015, de 23 de juny, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació primària [Decree 119/2015, 23rd of June, school teaching ordinance]*. Document Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC), núm. 6900, de 26 de junio de 2015, 119–121. Retrieved from <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/curriculum/curriculum-educacio-primaria.pdf>
- Durmaz, H., and S. Mutlu. 2016. "The Effect of an Instructional Intervention on Elementary Students' Science Process Skills." *The Journal of Educational Research* 110 (4): 433–445.
- Düsing, K., Asshoff, R., and M. Hammann. 2018. "Students' Conceptions of the Carbon Cycle: Identifying and Interrelating Components of the Carbon Cycle and Tracing Carbon Atoms across the Levels of Biological Organisation." *Journal of Biological Education* 53 (1): 110–125.
- Ergazaki, M., Zogza, V., and A. Grekou. 2009. "From Preschoolers' Ideas about Decomposition, Domestic Garbage Fate and Recycling to the Objectives of a Constructivist Learning Environment in this Context." *Review of Science, Mathematics and ICT education* 3 (1): 99–121.
- Ero-Tolliver, I., Lucas, D., and L. Schauble. 2013. "Young Children's Thinking about Decomposition: Early Modeling Entrees to Complex Ideas in Science." *Research in Science Education* 43 (5): 2137–2152.
- Ferrés-Gurt, C., and A. Marbà-Tallada. 2018. "Problems Students Experience with Inquiry Processes in the Study of Enzyme Kinetics." *Journal of Biological Education* 52 (1): 113–120.
- Ferrés-Gurt, C. 2017. "El reto de plantear preguntas científicas investigables [The Challenge for Proposing Inquiry Questions]." *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2): 410–426.
- Forbes, C., Sabel, J., and L. Zangori. 2015. "Integrating Life Science Content and Instructional Methods in Elementary Teacher Education." *The American Biology Teacher* 77 (9): 651–657.
- Gotwals, A. W., and N. B. Songer. 2009. "Reasoning Up and Down a Food Chain: Using an Assessment Framework to Investigate Students' Middle Knowledge." *Science Education* 94 (2): 259–281.
- Grotzer, T. A., and B. B. Basca. 2003. "How does Grasping the Underlying Causal Structures of Ecosystems Impact Students' Understanding?" *Journal of Biological Education* 38 (1): 16–29.

- Hayes, M. L., Plumley, C. L., Smith, P. S., and R. K. Esch. 2017. "A Review of the Research Literature on Teaching about Interdependent Relationships in Ecosystems to Elementary Students." *Horizon Research, Inc.*
- Harlen, W. 2014. "Helping Children's Development of Inquiry Skills." *Inquiry in Primary Science Education* 1 (1): 5–19.
- IBM Corp. 2016. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0*. Armonk, New York: IBM Corp.
- Kant, J. M., Scheiter, K., and K. Oschatz. 2017. "How to Sequence Video Modeling Examples and Inquiry Tasks to Foster Scientific Reasoning." *Learning and Instruction* 52: 46–58.
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., and T. de Jong. 2014. "Using Heuristic Worked Examples to Promote Inquiry-based Learning." *Learning and Instruction* 29: 56–64.
- National Research Council. 2012. *A framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Constantinos, C.M., Zacharias, C.Z., and E. Tsourlidaki. 2015. "Phases of Inquiry-based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle." *Educational Research Review* 14: 47–61.
- Solé-Llussà, A., Aguilar, D., Ibáñez, M., and J. L. Coiduras. 2018. "Análisis de la comunicación de experiencias indagadoras presentadas en congresos de ciencias dirigidos a alumnos de educación infantil y primaria [Communication Analysis of Inquiry Experiences Presented in Science Conferences aimed to Preschool and Primary Education Students]." *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (1): 1302.
- Tabak, I. 2004. "Synergy: A Complement to Emerging Patterns of Distributed Scaffolding." *The Journal of the Learning Sciences* 13 (3): 305-335.

3.3. Estudi 3

The effect of an instructional intervention based on the use of video worked examples to promote elementary students' science process skills

Study objectives

The purpose of the present study was to investigate the effects of the instructional intervention guided by video worked examples on the fifth and sixth grade elementary students' levels of science process skills. In addition, the present study aims to analyze what extent the instructional intervention makes a difference on the experimental students using these scientific abilities. The study used a between subject design with two conditions. In the experimental condition, video worked examples were available in all the students' instructional intervention. These examples demonstrated the strategies that students should apply to conduct a scientific investigation. Students in the control condition received no support from video worked examples. Experimental and control group students were guided with the same teacher who had 25 years of experience as a primary science teacher and 2 years of experience in a science inquiry methodology.

Methodology outline

To examine whether the instructional intervention made a difference on the experimental group students' science process skills after the intervention, we collected quantitative data at the beginning and the end in both conditions (experimental and control) as a pre and posttest inquiry task. Afterwards participants performed the training inquiry task in two subsequent training phases, each one related to a different scientific topic (Figure 1). The first inquiry intervention is based on electrical circuit topic and related to physics and the second one based on the fruit decomposition topic and related to biology subject. In the experimental group, students have video examples as support during the inquiry process, and students in the control group realize the same inquiry task without the support of video examples. Before and after each training phase, students performed an inquiry test task related to the same scientific subject (physics and biology); i) the first inquiry test task is based on buoyancy topic (physics topic); ii) the second inquiry test task was about the plant growth (biology topic) (Figure 1).

Results from each inquiry test task were analyzed by applying the rubric based on one previously published (Ferrés, Marbà, & Sanmartí, 2015). Each scientific skill was evaluated by an ascending numerical grade, with a minimum of 0 and a maximum of 4 points (Solé-Llussà, Aguilar, & Ibáñez, 2019).

Once the pre and post-test scores were established for each participant in each phase of intervention, the Wilcoxon test allows the determination of whether there is a statistically significant difference between the levels for the initial and final dexterity for each scientific skill in both conditions. We embedded the qualitative data obtained in our study from video and audio recording, from a non-participant perspective, in order to better understand the impact of the intervention on the students' science process skills and to support and enhance the discussion derived from the quantitative data.

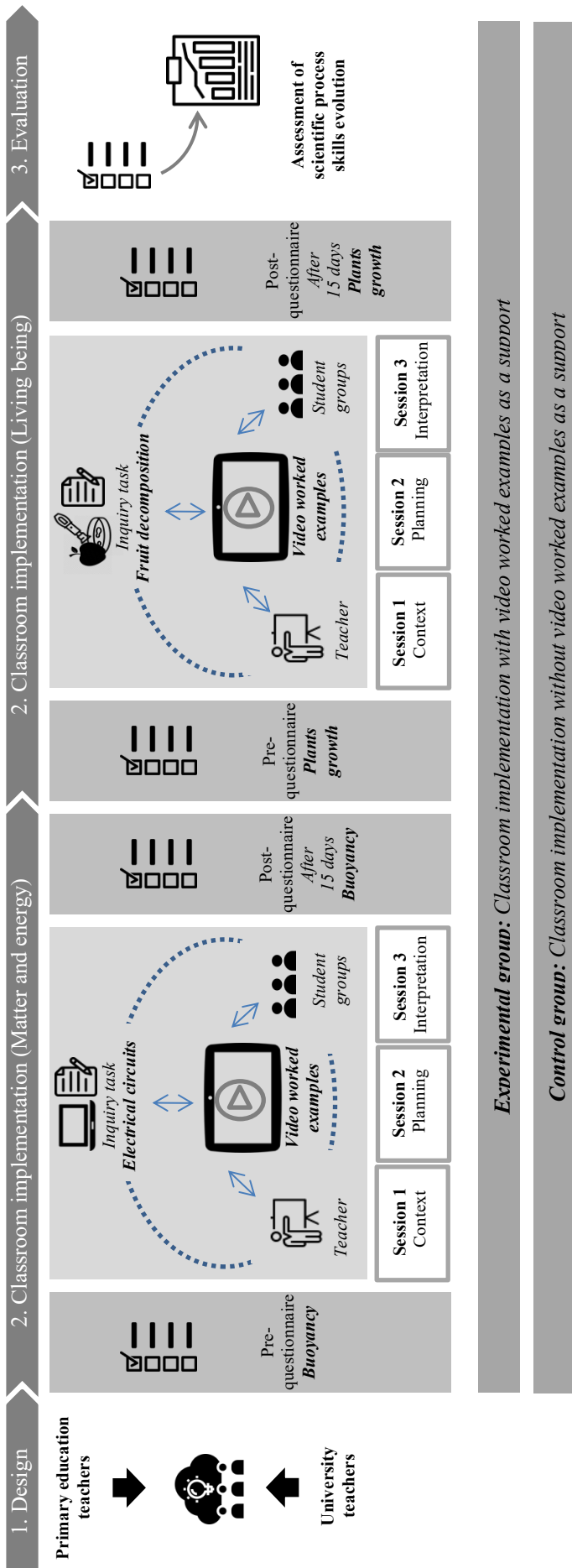


Figure 1. Performed process to the instructional intervention implemented in the classroom.

Results

We used the Wilcoxon test to determine whether the training inquiry task guided by video worked examples made a difference on the post-test results in experimental group. Wilcoxon test also allow as determining differences between pre and post-test in the control group, which performed the training inquiry task without video examples and only supported by the teacher. Results obtained from the first phase of intervention are shown in Table 1 and results from the second phase of the inquiry intervention on Table 2.

Table 1. Results for paired sample Wilcoxon test of pre and post-test on the first phase of intervention in experimental and control group's science process skills assessment test.

Science Process Skills	Group <i>Experimental (n=24)</i> <i>Control (n=20)</i>	Measure	\bar{x}	Interquartile range		W	Z	p	Effect size (r)
				minimum	maximum				
Identify research questions	Experimental	Pretest	.00	.00	2.00	42.000	-.852	.394	0.1739
		Posttest	2.00	.00	2.00				
	Control	Pretest	1.00	.00	3.00	55.000	-.680	.497	0.1521
		Posttest	.50	.00	2.00				
Formulate previous ideas	Experimental	Pretest	2.00	2.00	2.00	70.500	-.135	.893	0.0276
		Posttest	2.00	1.25	3.00				
	Control	Pretest	1.00	.00	3.00	39.500	-1.244	.214	0.2782
		Posttest	2.00	1.25	3.00				
Identify variables	Experimental	Pretest	2.00	1.00	3.00	13.500	-2.523	.012*	0.5150
		Posttest	2.00	.00	2.00				
	Control	Pretest	1.50	.00	3.00	21.000	-1.228	.219	0.2746
		Posttest	2.00	.00	3.00				
Plan an investigation	Experimental	Pretest	.00	1.00	3.00	21.000	-2.280	.023*	0.4654
		Posttest	2.00	.00	2.00				
	Control	Pretest	1.00	.00	2.00	37.000	-1.059	.289	0.2368
		Posttest	1.00	.00	3.00				
Collect, organize and represent data	Experimental	Pretest	1.00	.00	1.75	159.000	-3.294	.001*	0.6724
		Posttest	1.00	.25	2.00				
	Control	Pretest	.00	.00	1.75	120.000	-3.531	.000*	0.7896
		Posttest	1.50	1.00	3.00				
Analyze data and draw conclusions	Experimental	Pretest	2.00	.00	2.00	123.000	-2.246	.025*	0.4585
		Posttest	2.00	.25	3.00				
	Control	Pretest	.00	.00	2.00	73.000	-1.979	.048*	0.4425
		Posttest	2.00	.00	2.00				

The data shown in Table 2 reveals that there is a statistically significant difference in favor of the posttest inquiry task in the experimental group in most of science process skills assessment. In this way, students who participated on the experimental intervention supported by video examples identify variables, plan an investigation, collect, organize, represent and analyze data more suitable in post-test inquiry task. In this first phase of the intervention, the experimental group seems to improve their scientific skills after doing the training inquiry task. However, it is also important to highlight that students in the control group also improve science process skills such as collect, organize, represent and analyze data in their post-test inquiry task. In general, while the student's

medium was low in the results from pretest, the medium in posttest after doing the intervention, increase as observed in post-test results.

Table 2. Results for paired sample Wilcoxon test of pre and post-test on the second phase of intervention in experimental and control group's science process skills assessment test.

Science Process Skills	Group		Measure	Interquartile range		\tilde{X}	W	Z	p	Effect size (r)
	Experimental (n=24)	Control (n=20)		minimum	maximum					
Identify research questions	Experimental	Pretest	1.00	.00	1.75	90.000	-1.721	.085	0.3513	
		Posttest	1.00	.00	2.75					
	Control	Pretest	1.00	.00	1.00	68.000	-2.389	.017*		
		Posttest	1.00	1.00	2.00					
Formulate previous ideas	Experimental	Pretest	2.00	.00	2.00	73.500	-1.349	.177	0.2754	
		Posttest	2.00	1.00	3.00					
	Control	Pretest	1.00	1.00	2.00	125.000	-2.424	.015*		
		Posttest	2.00	1.00	3.00					
Identify variables	Experimental	Pretest	1.00	.00	2.00	97.000	-2.177	.029*	0.4444	
		Posttest	1.50	1.00	3.00					
	Control	Pretest	1.00	.00	2.00	46.000	-.566	.571		
		Posttest	.50	.00	2.00					
Plan an investigation	Experimental	Pretest	1.00	.00	1.75	116.500	-2.638	.008*	0.5385	
		Posttest	1.50	.25	3.00					
	Control	Pretest	.00	.00	1.00	54.000	-1.222	.222		
		Posttest	.50	.00	2.00					
Collect, organize and represent data	Experimental	Pretest	1.00	.00	2.00	71.000	-2.565	.010*	0.5236	
		Posttest	1.00	.00	3.00					
	Control	Pretest	3.00	.25	2.00	25.000	-1.933	.053		
		Posttest	3.00	1.00	4.00					
Analyze data and draw conclusions	Experimental	Pretest	1.00	.00	2.75	84.000	-2.750	.006*	0.5613	
		Posttest	2.00	2.00	3.00					
	Control	Pretest	1.00	.00	2.00	60.000	-1.705	.088		
		Posttest	2.00	.25	3.00					

If we paid attention on the results obtained from the second phase of intervention, statistical analysis shown that there is an improvement on the same science process skills as in the first phase of intervention in the experimental group (Table 2). However, the improvement observed in the scientific abilities in first phase in the control group is not maintained in the second phase of the classroom intervention. Conversely, it is important to highlight in the control group, that in this second study there are statistically significant differences in favor of the posttest in identify a research question and formulate previous ideas.

Discussion

In the present study, we aimed to examine the effect of the instructional intervention on improving the elementary students' science process skills. In general, the results revealed that the video worked examples as a support enhance the students' scientific abilities. The study also provides

information about the difference between the performance on each science process skills in the experimental and control students groups. Throughout the manuscript, we will detail the improvements and difficulties that students have demonstrated in the development of each science process skill.

In respect to the identification of a researchable question and previous ideas formulation, while in the first part of the intervention there was no improvement between pre and post test results in both student groups, in the second phase there was a significant difference in the control group. In more detail, data from the effect size shown that the strength of relationship between pre and post-test results in these scientific abilities is almost the double in the control group. Based on the results from the identification of a researchable question, while the effect size in experimental group is $r(24) = 0.3513$, $p < .05$, in the control group is $r(20) = 0.5342$, $p < .05$ (Table 2). In addition, the effect size in the formulation of previous ideas skill follow the same trend ($r(24) = 0.2754$, $p < .05$, in the experimental group and $r(20) = 0.5420$, $p < .05$, in the control group, Table 2). Although video examples exemplify the formulation of a research question based on previous contextualization, it is not explaining the specific features that a well-formulate investigable questions can present. This explains the results obtained from the experimental group in the second phase of the intervention. In this way, when students face a test inquiry task based on a different content knowledge, they need more supports to identify a suitable research question. Based on the results from the first part of the intervention, the teacher plays an important role detecting the main difficulties in the students' control group and she supports them in a proper way during the second inquiry instruction. These science process skills imply more connection to the science concept or phenomenon (Chang, 2013; Oh, 2010). The study from Oh (2010) show that given conceptual information to students contributes to better hypothesis formulation to explain the phenomena they addressed. In fact, formulate hypothesis is a challenging ability due to the misunderstanding that exists about the nature of science in students, teachers, and even some practicing scientists (Akerson, Morrison, & McDuffie, 2006; Mora, 2019). The large challenge that exists in improving the level of mastery of this ability point to in a poor understanding of concept-specific knowledge as a key component to which also involve science argumentation (Mora, 2019). Therefore, in the second intervention phase, teacher explanations as a conceptual guidance, help students to formulate better researchable questions and, as a consequence, to formulate previous ideas. Students in the experimental group slight improve their results from pretest to posttest although in a non-statistically significant way. Supports provided by video worked examples are structured and static supports that are planned in advance and bases on typical student's difficulties with these tasks (Saye & Brush, 2002). Although both video examples and teacher provide analogies to help students to formulate hypothesis in an easier way, this ability need an additional important theoretical or content background. Video worked examples provide to students some hypothesis examples and encourage them to formulate new ones. However, it seems that this instruction is not sufficient to enhance this students' inquiry skill. Additionally, the student's basic theoretical background may contribute to observe a difficulty to stablish a relationship between dependent and independent variables (Park, 2006). In this way, the fact that teachers continuously diagnose the understanding of learners implies that she can provide support based on student's response, thus this guide are more dynamic and adapted to the specific background knowledge of each student (Martin, Tissenbaum, Ginesdilow, & Puntambekar, 2019; Saye & Brush, 2002).

To the identification of variables skill and focusing on the results obtained from Table 1, after the classroom intervention supported by video examples, students in the experimental group improve in this ability. According to some previous research, students develop in a more suitable way this skill when performed an inquiry activity with the support of visual examples which can demonstrate how to perform it (Kant, Scheiter, & Oschatz, 2017; Mulder, Lazonder, & de Jong, 2014).

The learners' progress on this ability in the first phase of the intervention lead students to better perform subskills related to the experimentation plan, including suitable material and measuring instruments for tackling the research problem. In fact, plan an experimentation ability also shows a significant improvement in the experimental group. Although the teacher in the control group helps the students to remember some previous scientific experience done during the course, it is not enough to improve this scientific ability. In this way, video example shows with high precision how to perform, step by step, this science process skill which contributes to observe accuracy in the students' responses. This precision is also observed in the second assessment in relation to the identification of variables and planning investigation skills. Results from Table 2 showed an important statistical improvement in these science process skills between pre and post test results in the experimental group. Based on these results, while the effect size in the identification variables skill in the experimental group is $r(24) = 0.4444$, $p < .05$, in the control group is a third part, $r(20) = 0.1266$, $p < .05$. And, in relation to plan an investigation skill, result from experimental group effect size is $r(24) = 0.5385$, $p < .05$ and from the control group, $r(20) = 0.2732$, $p < .05$ (Table 2). In fact, the second video example stress on the importance of the control of variables to achieve an experimental reliability. In this way, after the second intervention, it is observed that in general students in the experimental group could better identify a possible relationship between study variables (dependent and independent) and how to control other variables. Therefore, these results indicate that the second instruction guided by video examples has been necessary to acquire a scheme which contributes to plan the investigation in a more systematic way in order to obtain reliable results in the second inquiry task test. Identifying and controlling variables and experimenting are considered integrated science process skills, which required a more advanced scientific reasoning and cognitive effort and thus, it is demand a special support for its development (Ergül et al., 2011; Lati, Supasorn, & Promarak, 2012; Mohd Saat, 2004). In this way, the instructional intervention has a positive effect on improving these science process skills and thus, these results are encouraging considering that they are abilities in which students tend to show frustration and resistance (Gormally, Brickman, Hallar & Armstrong, 2009).

In respect to the collect, organize and represent data skill, it is important to note that during the first part of intervention, students in both study groups improve in this scientific ability. If we paid more attention on data obtained from the effect size, as a measure of strength of relationship between pre and posttest results, it is observed a slight improvement in favor of the control group ($r(24) = 0.6724$, $p < .05$; $r(20) = 0.7896$, $p < .05$, Table 1). These results indicate the effectiveness of both guidance to improve this science process skill. On the one hand, video worked examples show in detail how to draw a graph through the data obtained from the investigation. The video explain which graphic type is the most appropriate for the provided data, in which axis students have to allocate the study variables, etc. On the other hand, it is important to note that in the control group, the teacher was showed and was explained to students several daily graphs (e.g. temperature or rain

graphs showed in the weather TV news). From there, the teacher was explained to the learners the important information that a graphical representation has to contain in a similar way that video worked examples have presented. Thus, in both cases, it seems that students successfully incorporated the instructions provided by the video example and teacher which led to an improvement in their graphical representation skills. The effect size data show that the progress of this ability in students is more important in the first phase of intervention (Table 1). Before the first phase of intervention students have a lack of experience in represent data and with both types of guidance, they improve this science process skill in a significant statistically way ($p < .05$), as it has observed in previous studies (Durmaz & Mutlu, 2016; Ero-Tolliver et al., 2013). However, during the second phase of intervention, only there is a statistically significant improvement in the experimental group (Table 2). In the second intervention, students have to study more variables involved in the scientific research and the second video example show in more detail how to do this data representation which contributes to the students' results in the post-test. The development in this science skill has a direct impact on improving the ability to analyze data and draw scientific conclusions. In the experimental group, the performed didactic intervention appeared to involve a better coordination between the experimental data and the explanations made at the end of the inquiry process in relation to the control group. According to previous studies, we would expect to find that in the development of this science process the role of the teacher take a special importance, however the results observed in the control group are insufficient. The study from Chang (2013) shows that teachers, as in formulate research questions and hypothesis, encourage to generate explanations and by their own language contribute to explain what is meant by a scientific explanation. Interpreting data and drawing conclusions is considered an integrated science process skill, which requires a students' greater scientific reasoning and cognitive development (Ergül et al., 2011; Lati, 2012). In fact, scientific argumentation is a challenging ability which requires not just a specific guidance but an important concept understanding (Mora, 2019). In this way, it seems that video worked examples as a support contribute to a continuous improvement in this integrated science ability, as it showed in results from the second intervention (Table 2). Results from the second phase of intervention show that video example, as visual support; contribute to a better vocabulary and scientific concepts acquisition which is shown in students' conclusions.

The assessment of student's science process skills demonstrate that the implemented strategy contributes to a better scientific abilities' development. After the classroom implementation it is important to highlight that elementary students need supports to better structure their inquiries, as it observed in general results from post-test. However, results shown that there are differences among science process skills development. On the one hand, it is important to note that video worked examples as a support contributes to better development of integrated science process skills such as: i) identifying and controlling variables; ii) designing an experiment to test a hypothesis using procedures to obtain reliable data; and, iii) interpreting data to draw scientific conclusions (Lati, 2012). And its development continues to improve on the second part of intervention which provides a better integration of these scientific practices in students. In line with Mora (2019), students were able to master basic science process skills more rapidly that integrated scientific abilities. On the other hand, it is important to highlight the support from teacher, specially is the control group. In this way, this support contributes to better contextualization and content knowledge acquisition to perform the inquiry task. Therefore, it contributes to better perform skills

such as questioning and formulating hypothesis, the second one, considered as an integrated skill. In conclusion, the implemented strategy has a positive effect on students' science process skills. However, results from our study suggest that the combination of both supports, video worked examples and teacher's guide, could be a suitable guidance to perform inquiry activities in elementary classrooms (Lehtinen & Viiri, 2017).

Despite results showing an improved use of scientific abilities, this study includes some limitations. It is based on a small number of students from one single school. Even though these limitations, this study provides support for the notion that some scientific abilities are more challenging to learn and progress than others. It is expecting that increasing the number of inquiry activities in the classroom during the course improve the student's success in applying those challenging abilities.

References

- Akerson, V. L., Morrison, J. A., & McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194–213. <https://doi.org/10.1002/tea.20099>
- Chang, H. Y. (2013). Teacher guidance to mediate student inquiry through interactive dynamic visualizations. *Instructional Science*, 41(5), 895-920. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9257-y>
- Durmaz, H., & Mutlu, S. (2017). The effect of an instructional intervention on elementary students' science process skills. *The Journal of Educational Research*, 110(4), 433-445. <https://doi.org/10.1080/00220671.2015.1118003>
- Ergül, R., Şimşekli, Y., Çalış, S., Özdilek, Z., Göçmençelebi, Ş., & Şanlı, M. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science & Education Policy*, 5(1), 48-68.
- Ero-Tolliver, I., Lucas, D., & Schauble, L. (2013). Young children's thinking about decomposition: Early modeling entrees to complex ideas in science. *Research in Science Education*, 43(5), 2137-2152. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9348-4>
- Ferrés Gurt, C., Marbà Tallada, A., & Sanmartí Puig, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37. <https://doi.org/10.498/16922>
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2), 16. <https://doi.org/10.20429/ijstl.2009.030216>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Lati, W., Supasorn, S., & Promarak, V. (2012). Enhancement of learning achievement and integrated science process skills using science inquiry learning activities of chemical reaction rates. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4471-4475. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.279>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9672-y>
- Martin, N. D., Tissenbaum, C. D., Gnesdilow, D., & Puntambekar, S. (2019). Fading distributed scaffolds: the importance of complementarity between teacher and material scaffolds. *Instructional science*, 47(1), 69-98. <https://doi.org/10.1007/s11251-018-9474-0>
- Mohd Saat*, R. (2004). The acquisition of integrated science process skills in a web-based learning environment. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), 23-40. <https://doi.org/10.1080/0263514042000187520>

- Mora, G. (2019). Effect of fading scaffolds on the mastery of scientific abilities in inquiry-based laboratory exercises of a college-level environmental science course. *Journal of Geoscience Education*, 67(1), 50-63. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1542475>
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2014). Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. *Learning and Instruction*, 29, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001>
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560. <https://doi.org/10.1080/09500690903104457>
- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489. <https://doi.org/10.1080/09500690500404540>
- Saye, J. W., & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77-96. <https://doi.org/10.1007/BF02505026>
- Solé-Llussà, A., Aguilar, D., & Ibáñez, M. (2019). Video worked examples to promote elementary students' science process skills: a fruit decomposition inquiry activity. *Journal of Biological Education*.

Discussió global dels resultats

En els darrers anys, la indagació com a metodologia en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències ha estat àmpliament reconeguda pels seus bons resultats en al desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. La metodologia d'indagació a més contribueix a millorar la competència indagadora dels estudiants i aporta nombrosos beneficis que permeten treballar les ciències de forma satisfactòria a l'aula.

Quina és la incidència real de la indagació científica escolar a les aules d'educació primària de Catalunya?

Tot i els bons resultats que s'han reportat a la literatura, a partir del primer article d'aquesta tesi, la metodologia d'indagació encara té poca presència a les aules d'educació primària de Catalunya. Val a dir, però, que aquests resultats sorgeixen a partir d'un estudi fet a través de les comunicacions presentades en congressos de ciència escolar. És a dir, congressos en què les escoles preparen amb molta dedicació i antelació les seves investigacions que han realitzat al llarg del curs. D'aquesta manera, tot i que les indagacions presentades es poden considerar en general ben estructurades i posen de manifest el desenvolupament de les diferents habilitats científiques, podem pensar que la incidència de la indagació a les aules del territori és molt inferior. Aquests resultats estan en la línia d'altres treballs que apunten que tot i que informes nacionals i internacionals destaquen la importància d'aquesta metodologia, la seva presència a les aules encara és minoritari (Caamaño, 2012; Chen, Pan, Hong, Weng, i Lin, 2019; Couso et al., 2011). En aquest sentit, és ben conegut que aquesta metodologia presenta certes dificultats d'implementació a les aules, tant pel professorat com per l'alumnat. D'aquesta manera, per tal d'afrontar aquestes dificultats en els últims anys s'ha dissenyat un ampli ventall d'ajudes per guiar processos indagadors (Koksal i Berberoglu, 2014; Lazonder i Harmsen, 2016; Van Dijk, Eysink, i de Jong, 2016). I en els últims anys, a causa dels avenços tecnològics, aquestes ajudes ja no es restringeixen només a la guia o suport del docent, sinó que s'han ampliat per incloure l'ús de les eines tecnològiques (Devolder, van Braak, i Tondeur, 2012; Lehtinen i Viiri, 2017; Puntambekar i Hubscher, 2005).

Com són les ajudes tecnològiques que s'han dissenyat en la última dècada per donar suport a la indagació?

En el segon article d'aquesta tesi, es fa una revisió de les ajudes tecnològiques que s'han dissenyat en la última dècada per guiar activitats indagadores a l'aula d'educació primària. Els resultats d'aquest estudi destaquen la incidència de les ajudes com el laboratori virtuals, els quals aporten flexibilitat per realitzar indagacions a l'aula i, les plataformes digitals sobretot el *Knowledge forum* com a entorn col·laboratiu en línia que permet la construcció de coneixement al llarg d'un procés indagador. Així mateix, la revisió descrita mostra que totes les ajudes estudiades poden guiar els processos indagadors en molts nivells. Es troben ajudes que poden facilitar l'accés al contingut científic, suports per al desenvolupament metodològic de la indagació, ajudes enfocades a promocionar la reflexió i argumentació i fins i tot, altres que procuren la cooperació entre l'alumnat al llarg del desenvolupament d'activitats indagadores. A més a més, aquests suports també es dissenyen per atendre la diversitat a l'aula i permeten adaptar-se a les diferents capacitats de l'alumnat. També resulta interessant destacar que aquests treballs mostren com les eines

tecnològiques complementen i transformen l'activitat docent, contribuint a una millora en l'aprenentatge. No obstant, a partir d'aquesta revisió es pot constatar que la majoria dels treballs són molt acadèmics i en general poc divulgatius la qual cosa provoca que no estiguin a l'abast de la comunitat educativa (García-Carmona, Criado, i Cruz-Guzmán, 2018). I, especialment, el fet que aquestes ajudes estiguin dissenyades en anglès i probablement adaptades al currículum de cada país, representi una dificultat afegida per implementar-les a les aules del nostre territori.

De quin tipus haurien de ser les ajudes per promoure les indagacions científiques escolars?

Tot i que es coneix l'existència de formació de mestres respecte a la metodologia d'indagació, ja sigui a les universitats o en cursos de formació, aquesta és de caire fonamentalment teòric (García-Carmona et al., 2018). Per aquest motiu, encara és més evident la necessitat de suports que permetin una aplicació pràctica de la metodologia d'indagació. D'aquesta manera, diversos estudis apunten a suports que permetin explicitar les habilitats científiques implicades en un procés d'indagació (Kruit, Oostdam, Van den Berg, i Shuitema (2018). Així doncs, diversos estudis apunten cap als exemples de treball, els quals mostren pas a pas com conduir els processos indagadors a l'aula (Kant, Scheiter, i Oschatz, 2017; Mulder, Lazonder, i de Jong, 2014). En aquest sentit, per tal de mostrar els processos científics implicats en una activitat indagadora, en el present treball s'ha dissenyat una intervenció didàctica basada en els exemples de treball en format vídeo com a recurs tecnològic. Els resultats dels articles 3 i 4 indiquen que la guia proporcionada als estudiants a partir de la visualització d'exemples de treball que mostren en desenvolupament de les pràctiques científiques ha proporcionat bons resultats en el desenvolupament de les habilitats científiques. Els vídeos exemplifiquen de forma estructurada les diferents habilitats científiques que intervenen en un procés d'indagació. Aquesta ajuda ha contribuït a la sistematització de les habilitats científiques dels estudiants. D'aquesta manera, els estudiants poden entendre com s'organitza el procés d'indagació científica. A partir de mostrar l'activitat indagadora pas a pas, els estudiants reconeixen més fàcilment l'estructura del procés indagador, la qual cosa és especialment important pels estudiants que s'inicien amb aquesta metodologia científica. A partir d'aquesta ajuda i a mesura que els estudiants es familiaritzin amb la metodologia d'indagació, els estudiants podran conduir processos indagadors de forma més autònoma. D'acord amb estudis previs, és molt important proporcionar ajudes que mostrin el procés d'indagació d'una forma explícita, tal i com mostren els exemples en vídeos, degut a la falta de familiarització que tenen els estudiants novells amb la metodologia d'indagació (Kruit, 2018).

Tanmateix, el sistema d'avaluació de l'activitat científica de l'alumnat a partir de qüestionaris oberts ha permès conèixer les principals idees i dificultats que tenen els estudiants respecte aquesta metodologia científica. Al llarg d'aquests dos treballs s'han descrit amb detall alguns exemples procedents de les respostes dels alumnes. Aquesta avaluació diagnòstica contribueix a detectar les necessitats de l'alumnat per poder seguir treballant en la millora de les intervencions a l'aula. Els resultats de l'avaluació en ambos estudis mostren que els estudiants, en general, han sigut capaços de transferir les habilitats científiques treballades durant la intervenció a un altre context científic.

Com contribueix la realització d'una indagació guiada a partir dels exemples en vídeo en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants?

El tercer i el quart article d'aquesta tesi (Estudi 1 i 2, respectivament) són una primera aproximació de la implementació dels exemples en vídeo a les aules d'educació primària per tal d'avaluar el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. Aquests estudis presenten intervencions d'aula semblants guiades amb els exemples de treball en vídeo com a suport del procés d'indagació. Tanmateix a partir de l'anàlisi dels resultats, s'observen certes diferències entre ambdós estudis (Taula 6).

Taula 6. Comparació del desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants en l'estudi 1 i 2.

Habilitats científiques	<i>p</i>	
	Estudi 1	Estudi 2
1. Identificar preguntes investigables	.022*	.012*
2. Formular idees prèvies: hipòtesis i prediccions	.377	.246
3. Identificar variables	.059	.055
4. Planificar una investigació	.678	.007*
5. Recollir, organitzar i representar dades	<.001**	.001**
6. Analitzar dades i plantejar conclusions	.001**	.006*

A partir dels resultats de la Taula 6, es pot observar que els estudiants en ambdós estudis milloren significativament certes habilitats científiques com la identificació de preguntes investigables, la recollida, organització i representació de les dades i l'anàlisi de les mateixes per poder plantejar conclusions. Aquestes habilitats es consideren habilitats científiques integrades, les quals requereixen d'un raonament científic més avançat i d'un esforç cognitiu més elevat (Ergül et al., 2011; Lati, Supasorn, i Promarak, 2012; Mora, 2019; Mohd Saat, 2004). Així doncs, precisen de suports especials per al seu desenvolupament, que en aquest cas han estat aportats pels exemples en vídeo.

Tanmateix, a diferència del primer estudi, en el segon treball els estudiants milloren significativament en l'habilitat de dissenyar i planificar una investigació. Aquest fet podria estar relacionat amb la naturalesa de les indagacions. Si bé en el primer estudi l'experimentació es du a terme de forma virtual, a partir d'un simulador informàtic, al segon, es fa una experimentació més manipulable. Tot i que en el present treball no s'ha estudiat amb detall les diferències que pot haver-hi en realitzar indagacions a partir de laboratoris virtuals respecte indagacions reals, aquest fet sí que pot influir en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. Així doncs, el simulador permet realitzar indagacions més limitades on l'alumnat ha de prendre menys decisions (límit de variables a estudiar, de material a utilitzar o d'instruments de mesura) i en les que es pot centrar en els conceptes claus que es presenten deixant de banda la informació irrellevant i minimitzant els errors propis d'una investigació (Evangelou i Kotsis, 2019; Kapici, Alcaay, i de Jong, 2019; Trundle i Bell, 2010). En aquest sentit, les indicacions que es presenten al vídeo coincideixen en major part amb el que ofereix el simulador. En canvi, quan la indagació es fa sense

simulador, pot presentar unes dificultats afegides i és difícil de replicar tal i com s'ha mostrat en els exemples en vídeo. En aquest cas concret es pot trobar amb variables addicionals a les presentades al vídeo, com diferents condicions ambientals, diferent estat de la fruita o diferent quantitat de sucres (Kapici et al., 2019). Toth, Morrow, i Ludvico (2009) senyalen que moltes vegades les indagacions a partir de laboratoris virtuals es basen sovint en assaig i error, on els alumnes es guien per característiques perceptives més que no pas per seguir els objectius de la pròpia indagació. Així doncs, aquesta segona indagació requereix d'un esforç afegit per part de l'alumnat que fa que prengui més consciència de la planificació de la investigació (Zacharia, 2015). D'aquesta manera, la segona indagació guiada per vídeo posa de manifest la importància de dur a terme una investigació de forma presencial ja que permet una millor contextualització i l'alumnat assumeix el rol de científic. Val a dir també, que l'alumnat pren més consciència dels errors comesos en situacions reals d'investigació, la qual cosa permet el desenvolupament i assentament de les habilitats científiques dels estudiants (de Jong, Linn, i Zacharia, 2013; Toth et al., 2009).

D'altra banda, el fet que el desenvolupament de les habilitats sigui més significatiu en el segon estudi també pot estar relacionat amb la temàtica científica treballada en cada indagació. Encara que aquest anàlisi no s'hagi realitzat en la present tesi, el contingut científic de la indagació pot influenciar en la complexitat de la mateixa. De fet, diversos estudis senyalen que les especificitats de cada disciplina científica poden condicionar les indagacions científiques realitzades pels estudiants (Gobert, et al., 2011; Hofer, 2006; Krell, Upmeier zu Belzen, i Krüger, 2012). En el primer estudi, l'alumnat treballa els circuits elèctrics amb el suport dels vídeos, relacionat amb conceptes de física, mentre que en el segon estudi treballa amb la descomposició de la fruita, relacionat amb conceptes biològics. En aquest sentit, la temàtica sobre electricitat pot resultar un contingut més abstracte pels estudiants, en canvi, la descomposició de la fruita resulta un fenomen més quotidià i fàcilment observable en el seu dia a dia. De fet, Krell, Reinisch, i Krüger (2015) senyalen que els estudiants comprenen millor les indagacions relacionades amb continguts de biologia respecte els continguts físics i químics. Aquests conceptes presenten major dificultat pels estudiants ja que són més abstractes que els biològics. De fet, els estudiants en els primers nivells d'escolarització estan més familiaritzats amb models relacionats amb l'ésser viu. I, a mesura que avancen els nivells educatius desenvolupen models més elaborats relacionats amb la física i la química (Krell et al., 2015). A més a més, senyalen que en alguns currículums es dona més importància als conceptes biològics que als físics i químics i el professorat, en general, se sent més segur amb les temàtiques de caire biològic. I en aquest sentit, tenir un coneixement ampli del contingut que es treballarà durant la indagació és un factor molt important per tal de desenvolupar les habilitats científiques implicades en un procés indagador (Mora, 2019).

Què aporta la realització de dues indagacions guiades de forma progressiva en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants?

En el cinquè article d'aquesta tesi (Estudi 3), s'analitza si l'estratègia basada en dues indagacions guiades de forma continuada resulta efectiva en tant que contribueix al desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. En aquest treball es tenen en compte dos grups d'estudi, el grup experimental i el grup control. En el primer, els estudiants realitzen les indagacions amb el suport dels exemples en vídeo, mentre que en el segon no està guiat pels vídeos. Els resultats

d'aquest estudi indiquen que l'alumnat d'ambdós grups milloren en el desenvolupament de les habilitats científiques. Aquest fet posa de manifest que la introducció de la metodologia d'indagació a l'aula per si sola ja contribueix al desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. Aquesta afirmació és compartida per molts referents nacionals i internacionals que proposen la indagació com una de les metodologies en didàctica de les ciències amb millors resultats aporta en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants (Abd-El-Khalick et al., 2004; Demir i Abell 2010; Ferrés, Marbà, i Sanmartí, 2015; Romero-Ariza, 2017). Tanmateix, els resultats del tercer estudi mostren certes diferències entre el grup experimental i el grup control. En aquest sentit, en el grup experimental s'observa que després que els estudiants realitzin la primera indagació, aquests milloren de forma estadísticament significativa en la majoria de les habilitats científiques (Taula 7). Mentre que el grup control, millora de forma significativa en els habilitats de recollida, organització, representació i anàlisi de les dades. En aquest sentit, els bons resultats observats en el grup experimental respecte les habilitats d'identificació de variables i planificació de la investigació es poden atribuir a la guia aportada pels exemples en vídeo.

Taula 7. Comparació del desenvolupament de les habilitats científiques en els qüestionaris abans i després de cada indagació realitzada a l'aula en els dos grups d'estudi: experimental i control.

Habilitats científiques	<i>p</i>			
	Indagació Matèria i Energia		Indagació Ésser Viu	
	Experimental	Control	Experimental	Control
1. Identificar preguntes investigables	.394	.497	.085	.017*
2. Formular idees prèvies: hipòtesis i prediccions	.893	.214	.177	.015*
3. Identificar variables	.012*	.219	.029*	.571
4. Planificar una investigació	.023*	.289	.008*	.222
5. Recollir, organitzar i representar dades	.001*	<001**	.010*	.053
6. Analitzar dades i plantejar conclusions	.025*	.048*	.006*	.088

Resulta interessant destacar que després de realitzar la segona indagació, els estudiants del grup experimental continuen progressant en les mateixes habilitats científiques mencionades. Aquest fet condueix a pensar que els exemples en vídeo contribueixen a l'assentament de les habilitats científiques posades en pràctica al llarg de les dues indagacions. En concordança amb treballs previs (Kant et al., 2017; Mulder et al., 2014), els estudiants que realitzen indagacions amb el suport dels exemples en vídeo despleguen un comportament indagador més elevat. Aquests resultats també estan en consonància amb el treball de Kruit (2018), en què senyala que els estudiants que reben un suport explícit del procés d'indagació, adquireixen d'una forma més robusta la comprensió de les habilitats científiques. En aquest sentit, l'assentament de les habilitats científiques també ha contribuït a la transferència d'aquestes habilitats científiques en altres contextos científics, plantejats en els qüestionaris. A més, alguns estudis descriuen que el fet de tenir els suports dels exemples dona confiança a l'alumnat i augmenta la seva motivació cap a l'aprenentatge de les

ciències, fet que possiblement s'observa en una millora en els resultats d'aprenentatge (van Harsel, Hoogerheide, Verkoeijen, i van Gog, 2019).

D'altra banda, l'estudi de Toth et al., (2009) assenyala que el fet de dur a terme primer una indagació a partir d'un laboratori virtual és beneficiós perquè permet la simplificació de les pràctiques científiques la qual cosa ajuda a reduir les demandes cognitives dels estudiants. D'aquesta manera, l'alumnat adquireix un esquema de les habilitats implicades en el procés indagador, les quals són necessàries per conduir indagacions reals que permetran una comprensió més profunda de la indagació científica (Kapici et al., 2019; Toth, Ludvico, i Morrow, 2014). En aquest sentit, aquesta millora de cara a la segona indagació realitzada també s'observa en el grup control, però en habilitats científiques diferents. En aquest grup, les millores estadísticament significatives s'observen en les habilitats d'identificació de preguntes investigables i de formulació d'idees prèvies. D'aquesta manera, la millora es pot atribuir a que el mestre ha incidit en aquestes habilitats a partir de detectar les mancances en la primera indagació. De fet, diversos estudis indiquen que el docent s'adapta a les necessitats de l'alumnat en cada moment, i en aquest cas, a les habilitats que presenten majors dificultats (Lehtinen i Viiri, 2017). A més, aquesta millora en la segona indagació també es podria relacionar amb el contingut científic de la indagació a plantejar. Tal i com s'ha comentat anteriorment, els docents i els estudiants estan més familiaritzats amb temàtiques relacionades amb conceptes biològics i concretament amb el bloc de contingut d'ésser viu, àmpliament treballat al llarg del currículum (Krell et al., 2015). A més, el coneixement del contingut específic és molt important per tal de progressar en el domini de les habilitats científiques (van Riesen, Gijlers, Anjewierden, de Jong, 2019). Mora (2019) destaca el contingut científic és sobretot important en habilitats com la formulació d'hipòtesis i prediccions i en l'argumentació científica. En aquest sentit, resulta interessant destacar la importància d'haver introduït dues indagacions amb temàtiques científiques diverses perquè l'alumnat compregui la complexitat de les ciències experimentals.

Per últim és important remarcar que el fet d'introduir la metodologia d'indagació a les aules ha contribuït a la millora del comportament científic dels estudiants. En aquest sentit, el desenvolupament de les habilitats científiques s'ha vist reforçat gràcies al suport rebut per part de l'estratègia didàctica dissenyada basada en els exemples de treball en vídeo. Els vídeos ofereixen una instrucció explícita i sistemàtica del les habilitats científiques la qual cosa afavoreix el desenvolupament d'aquestes d'una forma més robusta. Així mateix, també es interessant destacar la importància de la combinació de suports a l'aula per tal de guiar un procés d'indagació (Lehtinen i Viiri, 2017). D'una banda, els exemples en vídeo contribueixen a la sistematització de les habilitats científiques que queden integrades permetent dissenyar una nova indagació. Aquesta ajuda aporta motivació i confiança als estudiants cap a la ciència. I, d'altra banda, encara que no és objectiu de la tesi i no s'ha analitzat amb detall, el suport docent permet adaptar l'ajuda a les necessitats específiques de l'alumnat, aportant qüestions quan es presenten dificultats i guiant el procés d'aprenentatge. De fet, nombrosos treballs remarquen la importància d'oferir múltiples suports a l'alumnat, combinant la tecnologia i el suport docent, per tal de millorar l'aprenentatge de les ciències (Lazonder i Harmsen, 2016; Lehtinen i Viiri, 2017; Puntambekar i Hubscher, 2005; Ustunel i Tokel, 2018).

Bibliografía

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... i Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Caamaño, A. (2012). *La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos*. En: Pedrinaci, E. (coord.), 11 Idea Clave. El desarrollo de la competencia científica, 127-146. Barcelona: Graó.
- Chen, Y. C., Pan, Y. T., Hong, Z. R., Weng, X. F., i Lin, H. S. (2019). Exploring the pedagogical features of integrating essential competencies of scientific inquiry in classroom teaching. *Research in Science & Technological Education*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1601075>
- Couso, D., Jiménez, M.P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J.M. i Sanmartí, N. (2011). *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España (ENCIENDE)*. Madrid: COSCE.
- Demir, A., i Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716-741. <https://doi.org/10.1002/tea.20365>
- Devolder, A., van Braak, J., i 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00476.x>
- de Jong, T., Linn, M. C., i Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Ergül, R., Şimşekli, Y., Çalış, S., Özdilek, Z., Göçmençelebi, Ş., i Şanlı, M. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science & Education Policy*, 5(1), 48-68.
- Evangelou, F., i Kotsis, K. (2019). Real vs virtual physics experiments: comparison of learning outcomes among fifth grade primary school students. A case on the concept of frictional force. *International Journal of Science Education*, 41(3), 330-348. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1549760>
- Ferrés Gurt, C., Marbà Tallada, A., i Sanmartí Puig, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37. <https://doi.org/10498/16922>
- García-Carmona, A., Criado, A. M., i Cruz-Guzmán, M. (2018). Prospective primary teachers' prior experiences, conceptions, and pedagogical valuations of experimental activities in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 237-253. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9773-3>

- Gobert, J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B., Levy, S., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education*, 33, 653–684. <https://doi.org/10.1080/09500691003720671>
- Hofer, B. (2006). Domain specificity of personal epistemology: resolved questions, persistent issues, new models. *International Journal of Educational Research*, 45(1-2), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2006.08.006>
- Kant, J. M., Scheiter, K., i Oschatz, K. (2017). How to sequence video modeling examples and inquiry tasks to foster scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 52, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.04.005>
- Kapici, H. O., Akcay, H., i de Jong, T. (2019). Using Hands-On and Virtual Laboratories Alone or Together—Which Works Better for Acquiring Knowledge and Skills?. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231-250. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9762-0>
- Koksal, E. A., i Berberoglu, G. (2014). The effect of guided-inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66–78. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.721942>
- Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., i Krüger, D. (2012). Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1–34.
- Krell, M., Reinisch, B., i Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education*, 45(3), 367-393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Kruit, P. M. (2018). *Experimenting matters: Learning and assessing science skills in primary education* (Doctoral thesis). Recuperat de Universiteit van Amsterdam online library.
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., Van den Berg, E., i Schuitema, J. A. (2018). Effects of explicit instruction on the acquisition of students' science inquiry skills in grades 5 and 6 of primary education. *International Journal of Science Education* 40(4), 421-441. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1428777>
- Lati, W., Supasorn, S., i Promarak, V. (2012). Enhancement of learning achievement and integrated science process skills using science inquiry learning activities of chemical reaction rates. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4471-4475. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.279>
- Lazonder, A. W., i Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lehtinen, A., i 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9672-y>

- Mohd Saat*, R. (2004). The acquisition of integrated science process skills in a web-based learning environment. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), 23-40. <https://doi.org/10.1080/0263514042000187520>
- Mora, G. (2019). Effect of fading scaffolds on the mastery of scientific abilities in inquiry-based laboratory exercises of a college-level environmental science course. *Journal of Geoscience Education*, 67(1), 50-63. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1542475>
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., i de Jong, T. (2014). Using heuristic worked examples to promote inquiry-based learning. *Learning and Instruction*, 29, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.08.001>
- Puntambekar, S., i Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed?. *Educational Psychologist*, 40(1), 1-12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 286-299. <https://doi.org/10498/19218>
- Toth, E. E., Ludvico, L. R., i Morrow, B. L. (2014). Blended inquiry with hands-on and virtual laboratories: the role of perceptual features during knowledge construction. *Interactive Learning Environments*, 22(5), 614-630. <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.693102>
- Toth, E. E., Morrow, B. L., i Ludvico, L. R. (2009). Designing blended inquiry learning in a laboratory context: a study of incorporating hands-on and virtual laboratories. *Innovative Higher Education*, 33(5), 333-344. <https://doi.org/10.1007/s10755-008-9087-7>
- Trundle, K. C., i Bell, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: a quasi-experimental study. *Computers in Education*, 54(4), 1078-1088. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.012>
- Ustunel, H. H., i Tokel, S. T. (2018). Distributed Scaffolding: Synergy in Technology-Enhanced Learning Environments. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(1), 129-160. <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9299-y>
- van Dijk, A. M., Eysink, T. H., i 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. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.01.008>
- van Harsel, M., Hoogerheide, V., Verkoeijen, P., i van Gog, T. (2019). Effects of different sequences of examples and problems on motivation and learning. *Contemporary Educational Psychology*, 58, 260-275. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.03.005>
- van Riesen, S. A., Gijlers, H., Anjewierden, A. A., i de Jong, T. (2019). The influence of prior knowledge on the effectiveness of guided experiment design. *Interactive Learning Environments*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1631193>

Zacharia, Z. C. (2015). Examining whether touch sensory feedback is necessary for science learning through experimentation: a literature review of two different lines of research across K-16. *Educational Research Review*, 16, 116–137. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.001>

Conclusions finals

Respecte les investigacions prèvies en l'ensenyament de les ciències, aquesta tesi parteix de la necessitat de trobar ajudes o suports que permetin desenvolupar processos indagadors de forma adequada a l'aula d'educació primària. En aquest sentit, s'ha dissenyat i implementat un suport basat en l'ús dels exemples en vídeo per tal de guiar i facilitar i millorar la pràctica indagadora a les escoles. A partir de les intervencions didàctiques realitzades al llarg de dos cursos acadèmics s'ha analitzat l'efectivitat d'aquest suport tenint en compte l'estudi del desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants.

Els resultats, en primer lloc, confirmen que a partir de l'estratègia didàctica dissenyada, els estudiants milloren el desenvolupament de les habilitats científiques. En aquest sentit, el suport dissenyat a partir de mostrar d'una forma explícita i detallada les diferents habilitats científiques promou el comportament indagador de l'alumnat. En l'Estudi 1 i 2 d'aquesta tesi, es pot observar amb detall com l'alumnat integra els exemples mostrats als vídeos per tal de desenvolupar una nova activitat indagadora. Tanmateix, cadascun d'aquests estudis planteja una aplicació lleugerament diferent a l'aula d'educació primària. Si bé el primer estudi se centra en el bloc de contingut de Matèria i Energia i es desenvolupa a partir d'un laboratori virtual o simulador, el segon estudi se centra en el bloc de contingut d'Ésser Viu i es realitza a partir d'una investigació real. Aquestes característiques específiques de cada indagació guiada pels exemples en vídeo permeten establir certes diferències en el desenvolupament de les habilitats científiques dels estudiants. En aquest sentit, quan els estudiants realitzen les dues indagacions de forma progressiva, s'observa que a partir de la primera indagació guiada, els estudiants posen en pràctica les diferents habilitats d'una forma molt pautada que permet el primer contacte amb el procés indagador. El fet que aquesta primera indagació sigui més guiada, a partir dels exemples en vídeo i el laboratori virtual, permet als estudiants adquirir un esquema cognitiu del procés d'indagació que aprofundeixen en la segona indagació guiada que realitzen. La segona indagació permet un desenvolupament més vivencial del procés d'indagació amb material real que fa que l'alumnat pugui aplicar les habilitats científiques en contextos diferents. En aquest sentit, a partir de la segona intervenció guiada pels exemples en vídeo, s'observa un major assoliment i transferència de les habilitats científiques i un major comportament indagador de l'alumnat.

Una altra contribució d'aquest treball és que posa de manifest la importància de dur a terme activitats indagadores a l'aula per tal de desenvolupar les habilitats científiques. En aquest sentit, és important ressaltar que quan es du a terme la intervenció a l'aula en el grup control, és a dir, sense el suport dels vídeos, també hi ha progressió en el domini de les habilitats científiques dels estudiants. Si bé s'observen millors resultats en el grup experimental, els resultats del grup control plantegen un nou camp de possibilitats per realitzar activitats d'aquest tipus a les aules. De fet, la intervenció didàctica realitzada pel grup control està majoritàriament guiada per una docent amb certa experiència en activitats indagadores. Tot i que la intervenció docent no s'ha analitzat amb detall en aquesta tesi, s'observa com la mestra detecta i s'adapta a les necessitats dels estudiants i proposa ajudes i suports enfocats a aquelles habilitats científiques que mostren majors dificultats. A partir dels resultats obtinguts, es pot pensar que una bona formació docent en aquesta metodologia d'aprenentatge de les ciències seria suficient per conduir activitats investigadores satisfactòries a les aules. I, en aquest sentit, els exemples en vídeo dissenyats, no només es poden aplicar a les aules d'educació primària, sinó que també podrien contribuir a aquesta formació del professorat.

Tanmateix, tot i els bons resultats obtinguts en la progressió de les habilitats científiques dels estudiants a partir de la guia aportada pels exemples de treball en vídeo, aquest estudi presenta un conjunt de reflexions crítiques.

La primera limitació d'aquesta tesi és la participació reduïda d'escoles i per tant d'alumnat participant en aquest estudi. En aquest sentit, seria interessant poder realitzar un estudi més ampli amb un major nombre de participants per poder determinar d'una forma més exhaustiva l'impacte del suport dissenyat. A més a més, per tal de complementar aquest estudi, també seria interessant posar en pràctica l'estratègia didàctica en alumnat procedent de diferents tipus d'escoles d'arreu del territori. D'aquesta manera, es podria determinar si l'eina dissenyada s'adapta a la diversitat d'estudiants durant el procés d'indagació. I en aquest sentit, també seria interessant determinar de quina forma ho fa; és a dir, de quin tipus és l'ajuda que aporta en cada moment durant el procés d'indagació.

La segona limitació d'aquesta investigació està relacionada amb una limitació de temps. Hauria estat interessant realitzar un estudi longitudinal al llarg de diferents cursos escolars. De fet, tal com senyalen els currículums educatius d'arreu, el desenvolupament de les habilitats científiques es du a terme de forma progressiva al llarg de tota l'etapa d'educació primària. En aquest sentit, seria interessant implementar aquesta estratègia en diferents moments d'aquesta etapa educativa dels estudiants per poder analitzar la progressió de les habilitats científiques. D'aquesta manera suposem que dur a terme activitats indagadores guiades al llarg de l'escolarització permetria assentar aquestes habilitats als estudiants. Per tant, un possible suggeriment de cara a futures investigacions seria implementar diferents activitats indagadores en períodes més llargs de temps. D'aquesta manera, i tal i com apunten diversos treballs, es podria retirar d'una forma progressiva els suports per donar més autonomia a l'alumnat i poder realitzar indagacions cada cop més obertes.

Una tercera limitació recau el naturalesa del perfil docent que s'ha tingut en compte per conduir aquestes intervencions a l'aula. En el present treball el professorat comptava amb anys d'experiència docent i amb certes nocions sobre la metodologia d'indagació. En aquest sentit, seria destacable poder aplicar aquesta estratègia didàctica en aules amb diferents perfils de professorat per poder contemplar la seva contribució en el desenvolupament de les habilitats científiques de l'alumnat.

Ara bé, tot i aquestes limitacions, la present tesi aporta una primera aproximació en la importància d'utilitzar els exemples en vídeo per conduir d'una forma satisfactòria activitats indagadores a les aules d'educació primària. En aquest sentit, aquest treball no només pot ajudar a l'alumnat a dissenyar millors indagacions científiques, sinó que també pot ajudar a docents, investigadors i altres professionals de l'àmbit educatiu a dissenyar, implementar i avaluar activitats indagadores a l'aula. El suport dissenyat en aquesta tesi pot representar un precedent per tal d'adaptar-se i d'implementar-se a altres nivells educatius d'educació primària. La diversitat de tasques presentades, dues intervencions guiades per exemples en vídeo de temàtiques diferents i activitats avaluadores diverses, permet una àmplia adaptació als projectes i contextos educatius d'arreu.

Annex 1. Eina de validació qüestionaris

Per a realitzar la validació del qüestionari s'han de tenir en compte les escales amb les quals s'analitzaran les preguntes. Es demana que es valori el nivell d'univocitat i el nivell de pertinença a cada pregunta, fent ús d'aquesta escala:

Escala d'univocitat

La univocitat indica si una pregunta es pot comprendre i interpretar d'una única manera. Valori la univocitat seleccionant per cada pregunta les opcions disponibles a continuació.

- Univocitat òptima (O): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de ser entesa i interpretada inequívocament d'una sola i única manera.
- Univocitat elevada (E): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible d'interpretació però pot ser entesa majoritàriament o en general d'una sola manera.
- Univocitat baixa (B): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de ser entesa en sentits diversos i es trobi més a prop de la equivocitat.
- Univocitat nul·la (N): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de no ser entesa o ser interpretada amb sentits molt diferents, caient dins la equivocitat.

Escala de pertinença

La pertinença indica si una pregunta es susceptible de ser adequada d'acord amb els objectius plantejats i el col·lectiu a la qual va dirigida. Valori la pertinença seleccionant per cada pregunta les opcions disponibles a continuació.

- Pertinença òptima (O): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de ser adequada i/o rellevant inequívocament per al col·lectiu al que va dirigida.
- Pertinença elevada (E): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de ser adequada i/o rellevant majoritàriament per al col·lectiu al que va dirigida.
- Pertinença baixa (B): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de ser poc adequada o poc rellevant per al col·lectiu al que va dirigida.
- Pertinença nul·la (N): Seleccioni aquesta opció quan cregui que la pregunta sigui susceptible de no ser adequada o gens rellevant per al col·lectiu al que va dirigida.

Preguntes entrevista	Escala de validació							
	Univocitat				Pertinença			
	O	E	B	N	O	E	B	N
Pregunta 1								
Pregunta 2								
Pregunta 3								
Pregunta 4								
Pregunta 5								
Pregunta 6								

A continuació podeu anotar les observacions que creieu oportunes per a cada pregunta del qüestionari.

1	
2	
3	
4	
5	
6	

Agraïments

Aquesta tesi no hauria estat possible sense la col·laboració i l'ajuda desinteressada d'un nombre important de persones. En primer lloc, m'agradaria agrair l'ajuda i el suport del director de tesi, el Dr. David Aguilar i del tutor de tesi, el Dr. Manel Ibáñez per donar-me l'oportunitat de participar en aquest projecte. Els agraeixo tot l'aprenentatge rebut, les hores de dedicació i reflexió i, l'absoluta disponibilitat que m'han mostrat al llarg d'aquests tres anys.

Així mateix, agraeixo a tot l'equip del grup de recerca Competecs la seva contribució en la meva formació investigadora i el suport rebut pel Departament de Didàctiques Específiques durant el desenvolupament de la tesi.

Agraeixo molt especialment l'entusiasme del professorat i l'alumnat de les escoles que han participat en la fase experimental d'aquesta tesi. Moltes gràcies per obrir-me les portes i donar valor a la tesi a partir de la seva aplicació pràctica en un context educatiu real. De la mateixa manera, també m'agradaria donar les gràcies a l'alumnat de la Facultat per donar-me l'oportunitat d'aprendre com a docent i poder posar en pràctica i millorar el disseny de l'estratègia didàctica desenvolupada en aquesta tesi.

Vull donar les gràcies als companys i companyes de la Facultat pel seu recolzament moral, per compartir les alegries i els entrebancs viscuts al llarg del període predoctoral.

Per últim, vull fer un agraïment als amics i amigues i a la família, especialment als meus pares i al meu company. Durant aquests tres anys han gaudit dels bons resultats aconseguits, però també han patit les meves absències. A tots, moltes gràcies.

