



El rol del maestro en indagaciones escolares mediante simulaciones.

The teacher role in school inquiries through simulation tools.

 Anna Solé-Llussà; anna.sole@udl.cat

 David Aguilar Caamaño; david.aguilar@udl.cat

 Manuel Ibáñez Plana; manel.ibanez@udl.cat

Universitat de Lleida (España)

Resumen

En la didáctica de las ciencias experimentales las simulaciones mediante ordenador permiten a los estudiantes de primaria indagar fenómenos naturales sobre los que difícilmente podrían experimentar manipulativamente. Las simulaciones ayudan a mejorar el aprendizaje de los estudiantes, pero la mayor parte de la literatura sobre simulaciones no considera el papel de los maestros en estas indagaciones con experimentación virtual. Este trabajo basado en una metodología de revisión sistemática de la literatura sintetiza los principales resultados prácticos ofrecidos por las 8 investigaciones disponibles en la literatura. Todos ellos basados en simulaciones libremente disponibles en las plataformas PhET Simulations y Concorde Consortium.

La revisión concluye que faltan estudios integrados en su contexto curricular y estudios comparativos, en cuanto al papel del maestro, entre indagaciones tradicionales y mediante simulación. Finalmente se sugiere la oportunidad de desarrollar una biblioteca organizada y completa de simulaciones indagadoras para educación primaria.

Palabras clave: revisión, indagación científica, simulación, educación primaria, rol docente.

Abstract

In the experimental sciences education the computer simulations allow primary school students to investigate natural phenomena on which they could hardly experience manipulatively. Simulations improve students learning outcomes but most of the literature on simulations does not consider the role of teachers in these inquiries with virtual experimentation. This review work synthesizes the main practical results offered by the 8 papers available in the literature. All of them based on simulations freely available on PhET Simulations and Concorde Consortium platforms.

The review concludes that there is a lack of studies in its curricular context and comparative studies, regarding the role of the teacher, between traditional inquiries and through simulation. Finally, the opportunity to develop an organized and comprehensive library of inquiry simulations for primary education is suggested.

Keywords: review, science inquiry, simulation, primary education, teaching role



1.INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años, las políticas educativas en el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales se han orientado hacia 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. 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. La introducción de actividades basadas en la indagación en las aulas de primaria es un reto (Kruit et al., 2018). Aunque algunos estudios indican que las habilidades científicas solo se pueden adquirir mediante el aprendizaje mediante la práctica (Dean y Kuhn, 2007), investigaciones recientes destacan la importancia de brindar a los estudiantes apoyo y habilidades asistidos por la instrucción durante la investigación para un aprendizaje más efectivo (Kruit et al., 2018).

En la didáctica de las ciencias experimentales las simulaciones mediante ordenador, según definición de De Jong y Van Joolingen (1998), permiten a los estudiantes indagar fenómenos naturales sobre los que difícilmente podrían experimentar. Las simulaciones virtuales han incrementado su incidencia en los últimos años proporcionando un entorno experimental que aporta la misma riqueza que el método práctico tradicional. En el contexto de la educación primaria las simulaciones ocupan el lugar del laboratorio cuando los equipos son demasiado costosos o peligrosos. Las simulaciones también se usan para explorar fenómenos que ocurren durante un tiempo demasiado largo o extremadamente corto, haciendo que estos períodos encajen fácilmente en una actividad de aula (Scalise et al., 2011). Mediante simulaciones, los estudiantes manipulan variables y ven los resultados de múltiples experimentos sin tener que replicarlos de forma manipulativa. Las simulaciones pueden superponer múltiples representaciones y permitir la manipulación de estructuras y patrones que de otra manera no serían visibles o incluso concebibles. Además, debido a que las simulaciones utilizan múltiples modalidades y representaciones, los estudiantes con diversos estilos de aprendizaje y habilidades lingüísticas pueden tener mejores oportunidades para su progresión (Smetana y Bell, 2012). Debido al conjunto de estas potencialidades se considera que usar las simulaciones en el aula puede ayudar a mejorar el aprendizaje. Varias revisiones (Scalise et al., 2011) han examinado si y cómo las simulaciones ayudan a mejorar el aprendizaje de los estudiantes ofreciendo interesantes propuestas de mejora. Las simulaciones de ordenador son más efectivas cuando (a) se usan como suplementos; (b) incorporan estructuras de apoyo de alta calidad; (c) fomentan la reflexión de los estudiantes; y (d) promueven la disonancia cognitiva. Si se usan apropiadamente, las simulaciones involucran a los estudiantes en exploraciones científicas auténticas (Smetana y Bell, 2012).

Pero la mayor parte de la literatura sobre simulaciones no atiende a la educación primaria y menos aún considera el papel que juegan los maestros en las actividades indagadoras de aula (Dobber et al., 2017). La literatura existente tiende a focalizar en los apoyos basados en la herramienta por sí misma en lugar de integrarla con el apoyo del maestro. El objetivo de este



trabajo es doble: 1. Compartir recursos didácticos con los maestros de educación primaria interesados en aplicar simulaciones en sus propuestas indagadoras. 2. Obtener de la revisión de la literatura orientaciones para el maestro en la instrucción basada en estos recursos.

La literatura sobre la aplicación de simulaciones científicas en educación primaria es limitada. Este trabajo quiere compilar las pocas investigaciones disponibles y sintetizar los resultados prácticos ofrecidos. Siguiendo el hilo de la revisión de la literatura de Smetana y Bell (2012), que concluyen que las características de cualquier simulación serán más efectivas cuando estén respaldadas por una enseñanza sólida, este estudio no incide sobre los resultados del aprendizaje de los estudiantes sino sobre los tipos de prácticas que los maestros utilizan para apoyar la indagación de los estudiantes.

El documento se estructura para una mejor comprensión en tres secciones. Consecutivamente se presenta la metodología de trabajo seguida; se presenta el contexto de los trabajos analizados y su aportación en cuanto a la tarea del docente y, finalmente, se resumen los elementos más característicos del rol docente en relación a la creación de significado y a la modelización de los fenómenos abordados.

2. METODOLOGÍA

El equipo de investigación utiliza dos bases de datos para garantizar que la búsqueda cubra todas las revistas relevantes: ERIC (www.eric.ed.gov) y Scopus (www.scopus.com). Debido a la cobertura superpuesta y la disponibilidad de revistas, estas bases de datos capturan casi toda la literatura sobre simulaciones para el aprendizaje de las ciencias experimentales. Para identificar tantos artículos como sea posible, se realiza la búsqueda usando el título, resumen y palabra clave en las bases de datos. Se mantienen en la búsqueda términos relativamente amplios para capturar un gran número de artículos potenciales. Específicamente, se usa la combinación de los términos simulación o simulación por ordenador junto con contenidos como educación científica, indagación y educación primaria. 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*” or “simulation” or “computer”.

La última búsqueda se realizó el 25 de junio de 2020. Se añaden algunos trabajos obtenidos de referencias indirectas.

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. La revisión se restringe aplicado los siguientes criterios a los estudios localizados: (a) involucra una simulación, (b) la simulación corresponde al ámbito de las ciencias experimentales, (c) la herramienta es de fácil y libre acceso, (d) la investigación



planteada en base a la simulación incluye datos empíricos (por ejemplo, entrevistas a estudiantes, entrevistas a maestros, pruebas previas/ posteriores, datos de clic del mouse, etc.) y (e) la publicación se ha realizado en la última década, 2011-2020.

Utilizando estos criterios, se obtiene un listado inicial de literatura relacionada con simulaciones que aún contiene decenas de estudios. Se constata que el tipo de estudio más común compara los resultados de aprendizaje en condiciones con o sin simulación dejando en el olvido la intervención del maestro. Para reducir el número de referencias y focalizar mejor en nuestro objetivo se opta por revisar los estudios que (f) se centran exclusivamente en estudiantes de educación primaria, (g) recogen de algún modo las acciones del maestro o el contexto social cuando se usa una simulación y (h) plantean el trabajo mediante indagación escolar en auténticas situaciones de aula y (i) inciden en el impacto del uso de los apoyos del maestro en el aprendizaje de los estudiantes.

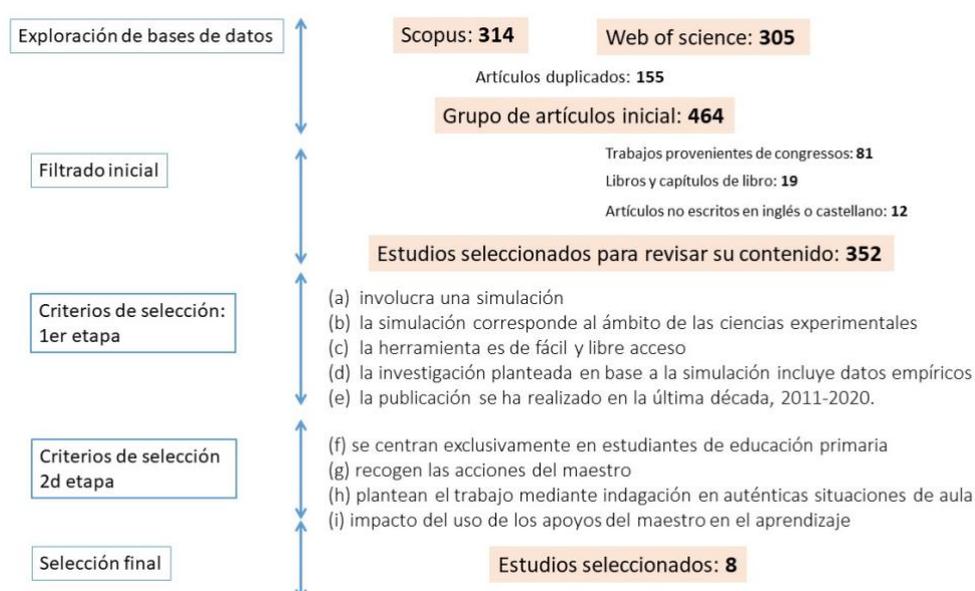


Figura 1. Proceso de selección de los artículos incluidos en la presente revisión.

Como ya se esperaba, el cedazo resulta tan denso que solo 8 trabajos resultan seleccionados cumpliendo los criterios. Se obtiene así una primera conclusión del presente estudio: las evidencias experimentales sobre simulaciones en educación primaria son muy pocas.

3. INVESTIGACIONES SOBRE SIMULACIONES

Los trabajos encontrados se clasifican en dos bloques atendiendo a los contenidos específicos abordados, modelo materia y energía y modelo ser vivo. Casualmente la clasificación coincide con las entidades que proveen las simulaciones: PhET Simulations (*PhET Simulations 2020*) y Concord Consortium (*Concord Consortium 2020*). Constatar que tanto PhET Simulations como Concord Consortium ofrecen simulaciones que permitirían indagar en ambos modelos, pero el

filtro aplicado y específicamente la focalización en educación primaria ofrecen esta distribución.

3.1 Modelo materia y energía

La plataforma PhET conforma un conjunto de simulaciones informáticas interactivas basadas en la investigación para enseñar y aprender física, química, matemáticas y otras ciencias. Las simulaciones son entornos animados, interactivos y de juego donde los estudiantes aprenden a través de la exploración. Enfatizan las conexiones entre los fenómenos de la vida real y la ciencia subyacente, y ayudan a que los modelos visuales y conceptuales de científicos expertos sean accesibles para los estudiantes (Wieman et al., 2010; Ekmekci y Gulacar, 2015). Las simulaciones de PhET dan apoyo al desarrollo de habilidades de proceso, metas afectivas y aprendizaje de contenido de una manera fácil, gratuita y flexible (Moore et al., 2014). Los cinco trabajos seleccionados según los criterios nombrados en la sección de Metodología se listan en la tabla 1.

Tabla 1. Estudios en el dominio materia y energía.

Aplicación	Referencia	Curso
Equilibrio estático	Lehtinen y Viiri, 2017	3º y 5º
Fuerza neta y fricción	Easley, 2020	3º
Electricidad estática	Lehtinen et al., 2019	6º
Circuitos eléctricos	Solé-Llussà et al., 2020	5º y 6º
Efecto invernadero	Kukkonen et al., 2014	5º

3.1.1. Equilibrio estático

Lehtinen y Viiri (2017) analizaron la tipología de apoyos proporcionados por la simulación y por los maestros según una misma tipología de categorías. La distribución de la orientación entre los maestros y la simulación también fue estudiada. Los maestros ofrecieron mayor diversidad de apoyos que la simulación. Los docentes adaptaron sus orientaciones y utilizaron diferentes patrones para complementar la orientación proporcionada por la simulación. Los apoyos proporcionados por el maestro se agruparon en: (a) restricciones de proceso cuando los estudiantes se ven abrumados por la cantidad de opciones (número de objetos, lugares para los objetos, etc.), (b) retroalimentación a los alumnos sobre su proceso de aprendizaje y la calidad de sus resultados, (c) se invita a los alumnos a interactuar con la simulación, por ejemplo, para equilibrar el balancín en una situación dada y solicitan a los alumnos respuestas verbales para la formulación de hipótesis, (d) se proporcionan apoyos dividiendo el proceso en pasos más pequeños, proporcionando una estructura para obtener conclusiones.



Los resultados del estudio mostraron que las orientaciones proporcionadas por profesores y simulaciones tienen diferentes posibilidades, y ambos deben estar presentes en el aula para un apoyo óptimo del aprendizaje.

3.1.2 Fuerza neta y fricción

Easley (2020) investigó cómo apoyan los maestros la construcción de los modelos científicos por parte de los estudiantes mientras trabajan con simulaciones en el contexto de la ciencia basada en proyectos. También se cuestionó si estos apoyos o la respuesta de los estudiantes, cambia a lo largo del trabajo con diversas simulaciones. Los resultados indicaron que los maestros utilizan varias estrategias para apoyar la indagación de los estudiantes durante las lecciones basadas en simulación. Estas incluyen: (a) identificar objetivos conceptuales y posibles desafíos de aprendizaje antes de iniciar la actividad con la simulación, (b) apoyar a los estudiantes para articular y compartir observaciones, predicciones, razonamientos y afirmaciones mientras trabajan con la simulación, (c) ayudar a los estudiantes a planificar y realizar investigaciones utilizando la simulación, (d) apoyar la interpretación de representaciones visuales complejas que se encuentran dentro de las simulaciones, (e) apoyar la comprensión de los estudiantes de los conceptos científicos clave, (f) guiar a los estudiantes en el uso de la simulación estableciendo desafíos u objetivos específicos, (g) registrar el aprendizaje de los estudiantes a partir de las simulaciones, y (h) estructuras de participación variables.

3.1.3 Electricidad estática

Lehtinen et al. (2019) contrastaron el papel de diferentes formas de apoyos al aprendizaje basado en la indagación para la construcción de una aproximación comunicativa en el aula. Los resultados ilustraron que proporcionar formas no específicas de orientación, como indicaciones, promueve una comunicación dialógica mientras que proporcionar a los alumnos formas específicas de orientación dispone a una comunicación autoritaria. Los casos estudiados mostraron el impacto que, la presencia o ausencia de diferentes tipologías de apoyos, tenían en la planificación e implementación de indagaciones donde los alumnos comparten y hacen explícito su conocimiento con otros, realizan investigaciones para contrastar el conocimiento existente y hacen conexiones entre su propio conocimiento y la visión científica, comprendiendo en lo posible omisiones anteriores. Los resultados implicaron que las diferentes formas de orientación proporcionadas por los maestros afectan al enfoque comunicativo en las indagaciones, lo que redundaría en las posibilidades que se les da a los estudiantes para conectar sus ideas con la visión científica.

3.1.4 Circuitos eléctricos

Solé-Llussà et al. (2020) propusieron una estrategia didáctica basada en ejemplos trabajados en vídeo para guiar el proceso de investigación en un aula de educación primaria. Cada sesión se estructura partiendo de una introducción a partir de la visualización colectiva del vídeo-ejemplo, seguido de un breve diálogo entre profesor y estudiantes sobre su contenido. El profesor concluye esta sección con algunas preguntas abiertas, y luego lanza la parte de trabajo autónomo de la sesión. La parte autónoma corresponde al período de actividad más extenso y



se realiza en grupos colaborativos de dos o tres estudiantes. En ese momento, los estudiantes continúan la tarea de investigación sobre circuitos eléctricos mientras tienen acceso continuo a los ejemplos en vídeo.

El maestro jugó un papel crucial al confiar en el contenido del vídeo para ofrecer a los estudiantes un apoyo suplementario. El profesor destacó aquellas características que contribuyen a hacer investigable la pregunta presentada en el vídeo y enfatizó tanto el objetivo como la estructura de las hipótesis y predicciones. Esta combinación de apoyos, tanto el ejemplo trabajado en vídeo como la reflexión promovida por el maestro, contribuyeron a mejorar los resultados. La interacción entre el profesor y la herramienta tuvo una influencia clara y positiva en una amplia variedad de guías, instrucciones y apoyos brindados a los estudiantes.

3.1.5 Efecto invernadero

Kukkonen et al. (2014) pidieron a los alumnos que hicieran dibujos sobre el efecto invernadero antes y después de las intervenciones basadas en simulaciones. Describieron que las indagaciones con apoyos enriquecieron notablemente los conceptos que los alumnos utilizaron en sus representaciones mejorando su comprensión del fenómeno. Con respecto a la secuencia de apoyos indicaron: Primero, asegurarse de que los alumnos disponen de un nivel adecuado de información básica antes de la sesión de simulación que les permita beneficiarse de la interactividad de la simulación. En segundo lugar, apoyos relativos al procedimiento durante la simulación permitieron a los alumnos modificar sus modelos del efecto invernadero al apropiarse y utilizar las herramientas presentadas en la simulación. Las diferentes tareas de apoyo también ofrecieron oportunidades para que los alumnos expresen, discutan y aclaren en colaboración sus ideas sobre el efecto invernadero.

3.2 Modelo ser vivo

Concord Consortium ofrece en el proyecto *Evolution Readiness* una secuencia de 13 simulaciones empíricamente validadas para introducir la teoría de la evolución en los cursos de educación primaria. Utilizando simulaciones interactivas de organismos y sus entornos ayudan a estudiantes de cuarto curso a comprender el modelo de selección natural de Darwin como principal responsable de la evolución.

A partir de una secuencia de simulaciones los escolares exploran la conexión entre la interdependencia de las especies y sus notables adaptaciones, llegando a reconocer a las adaptaciones como el resultado sorprendente pero predecible de una larga serie de procesos graduales que involucran pequeñas diferencias entre los progenitores y su descendencia. El planteamiento se centra en modelos progresivamente complejos que exhiben ese comportamiento emergente. Los tres trabajos seleccionados según los criterios de la metodología se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Estudios en dominio ser vivo.

Aplicación	Referencia	Curso
------------	------------	-------

Evolución	Horwitz, 2013	4º
	Horwitz et al., 2013	4º
	McIntyre et al., 2012	4º

Para este segundo bloque de 3 artículos se presenta una única síntesis al basarse todos los trabajos en un único conjunto de simulaciones y ser realizados por el mismo equipo investigador. El planteamiento en cuanto al rol docente en este segundo bloque también dista sustancialmente del primero ya que los investigadores anticiparon que tanto el contenido científico como la didáctica basada en simulaciones serían novedosas para la mayoría de los maestros participantes en las experiencias. Consecuentemente diseñaron y proporcionaron actividades formativas dirigidas a los maestros implicados en la investigación. Cada uno de los maestros participantes realizó más de 50 horas de desarrollo profesional. Esta preparación previa constata una perspectiva y objetivos distintos en cuanto al papel del maestro en las actividades, así como de las investigaciones planteadas.

El recorrido propuesto en el proyecto *Evolution Readiness* es orientado a través de las simulaciones que se consideran semiguías. Las simulaciones presentan un alto nivel de manipulación de variables y una alta retroalimentación, gracias a ello permiten trabajar prácticas científicas como el planteamiento y evaluación de hipótesis y la argumentación. A partir del uso de la simulación, la información es utilizada para desarrollar reflexiones metacognitivas acerca de las hipótesis construidas y su evaluación.

4. ORIENTACIONES PARA LA DIDÁCTICA

Las orientaciones recopiladas en esta sección se fundamentan en los trabajos estudiados, pero se amplían contenidos incorporando referencias de estudios desarrollados en otros niveles educativos. Smetana y Bell (2012) encontraron que los maestros guían el aprendizaje al (a) brindar tiempo para familiarizarse con la simulación, (b) dar instrucciones, hacer preguntas y proporcionar retroalimentación durante el uso de la simulación, (c) crear actividades que se combinaran con la simulación y (d) facilitar el diálogo. En los siguientes apartados se sintetizan los resultados de los aspectos más comprometidos incorporados en esos apoyos.

4.1 Balance entre indagación guiada y abierta.

La literatura muestra que los maestros pueden tener inquietudes sobre cuánta orientación proporcionar a los alumnos al introducir herramientas de simulación. Hennessy et al. (2006) contrastaron dos enfoques diferentes empleados por los profesores para estructurar la instrucción basadas en simulación. En el enfoque dialógico, toda la clase trabajó en conjunto para discutir y probar en colaboración las ideas de los estudiantes mediante la simulación. En el enfoque autoritario, a los estudiantes se les entregó una hoja de trabajo altamente guiada y se les indicó que la trabajaran en parejas. Los investigadores notaron que los estudiantes en el enfoque dialógico estaban más involucrados en el proceso de generar hipótesis y descubrir cómo probarlas usando la simulación. En contraste, los estudiantes que usaron la hoja de trabajo se limitaron a elaborar el paso a paso a través de una investigación prediseñada. La



orientación excesiva puede obstaculizar la iniciativa del estudiante, eliminando las oportunidades potenciales de aprendizaje (Chamberlain et al., 2014). Pero una orientación insuficiente también puede limitar las oportunidades de aprendizaje; los estudiantes pueden enfocarse en las características de nivel superficial a expensas del contenido conceptual (Stephens y Clement, 2015). La literatura existente para otros niveles educativos describe varias prácticas destinadas a equilibrar la orientación y la exploración abierta en las aulas:

- Generar y probar ideas utilizando la simulación.
Easley (2020) sugiere que la práctica de generar y probar ideas de manera colaborativa puede encajar bien con simulaciones que brindan a los usuarios múltiples variables para controlar, porque tales simulaciones permiten generar y probar múltiples hipótesis. Sin embargo, esta estrategia puede ser menos efectiva con simulaciones que ponen más límites a la elección del usuario.
- Empezar con la exploración abierta para avanzar hacia la indagación guiada.
Solé-Llussà et al. (2020) constatan que en ocasiones los maestros les dan a los estudiantes “tiempo para explorar” antes de una discusión formal en clase. Los maestros también combinan el tiempo de exploración y discusión de manera original.
- Insertar orientaciones en la simulación misma no es suficiente
Hulshof y de Jong (2006) entre otros autores señalan que ninguno de los maestros se basa nunca exclusivamente en la orientación dada por una simulación. Los maestros sienten que tienen un papel importante que desempeñar. Guían a través de la simulación y ayudan a interpretar los resultados. Esto es coherente con el importante papel que juega el discurso de los maestros en el apoyo al aprendizaje de los estudiantes en las aulas de ciencias de primaria (Manz, 2015).

En cuanto a la temporalización, Wu y Pedersen (2011) examinaron el momento óptimo del apoyo en actividades que combinan ayudas del profesor y del ordenador. Los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la orientación temprana y tardía en términos de conocimiento científico ni en habilidades de investigación científica.

4.2 Diálogo productivo para construir conocimiento.

Si bien la literatura sobre la conversación en el contexto de apoyar las indagaciones escolares con simulaciones es escasa, sí existe un conjunto de trabajos que considera cómo el maestro apoya el diálogo en el marco de indagaciones en general. Se han detectado algunos paralelismos entre acciones dialógicas en los trabajos estudiados y acciones que han mostrado que apoyan eficazmente las prácticas científicas (Puntambekar et al., 2007). Algunas de las que se han constatado son:

- usar preguntas conceptuales para enmarcar las discusiones en clase
- hacer conexiones a través de una unidad de ciencias
- hacer conexiones con las experiencias extraescolares de los estudiantes
- recuperar las ideas de los estudiantes para reformular una idea existente en términos de lenguaje científico

- utilizar las evidencias para evaluar predicciones mutuamente excluyentes
- apoyar a los estudiantes a pasar de las observaciones a las afirmaciones
- usar el diálogo para generar y criticar de manera colaborativa las afirmaciones.

Se requiere más investigación para identificar si podrían estar disponibles otras estrategias novedosas que aprovechen las formas en que las simulaciones difieren de las indagaciones manipulativas. En particular, la investigación podría considerar cómo los profesores ayudan a comprender las posibilidades y limitaciones de las simulaciones como representaciones que son.

4.3 Interpretación de representaciones y trabajo en grupo.

Todas las simulaciones estudiadas representan información de formas visualmente complejas que requieren interpretación por parte del estudiante. Por otra parte, investigaciones previas han demostrado que los estudiantes ignoran deliberadamente las representaciones en una simulación si no se sienten cómodos interpretándolas. Esto sugiere que los estudiantes necesitan apoyo para interpretar representaciones con el fin de acceder completamente a toda la información proporcionada. Pero también para que seleccionen representaciones apropiadas para cubrir un objetivo determinado y para crear representaciones que permitan una comunicación concreta.

El estudio de Stephens y Clement (2015) compara los resultados de la dinámica en gran grupo con la instrucción en grupos reducidos y concluye que en las discusiones en gran grupo hubo 1) más tiempo dedicado a conceptos cruciales; 2) más tiempo dedicado a abordar las dificultades conceptuales de los estudiantes; y 3) más episodios que brindan apoyo para el uso de características visuales clave de las simulaciones. De hecho, ningún grupo pequeño de estudiantes de nivel medio o inferior mostró evidencia de haber utilizado algunas representaciones visuales en su comprensión. Diversos factores pueden contrarrestar o complementar la ventaja natural de los formatos de grupos pequeños para las indagaciones mediante simulación y uno de los constatados son las dificultades en la interpretación de representaciones. Stephens y Clement (2015) recomiendan usar una combinación de los dos formatos de instrucción.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se propuso aportar una síntesis práctica de las simulaciones y su aplicación en indagación escolar que han sido investigadas en contextos reales de educación primaria. Más aún, se centra exclusivamente en aquellos estudios que ofrecen evidencias o pistas sobre cómo guiar estas actividades (5 relativos al ámbito materia y energía y 3 del ámbito ser vivo). La caracterización aportada por este estudio brinda información específica que podría ser de utilidad para docentes que deseen incorporar estas simulaciones en sus diseños didácticos.

Se encuentra que la gran mayoría de publicaciones sobre simulaciones no considera su integración en el contexto curricular. Es indiscutible que el conocimiento previo de los estudiantes tiene un impacto definitivo sobre su aprendizaje, de aquí que el estudio de una indagación mediante una simulación concreta se deba situar en un contexto curricular



específico (Rutten et al., 2012). Además, una diversificación adecuada de diferentes prácticas científicas en todo un plan de estudios se intuye más importante que el nivel de detalle proporcionado en cualquier instrucción individual. Como resultado de esta limitación de los estudios, actualmente hay poca orientación disponible para los diseñadores curriculares respecto a los tipos de apoyos que más efectivamente emplean los maestros para planificar unidades basadas en las simulaciones.

Se observa la falta de estudios comparativos, en cuanto al papel del maestro de primaria, entre indagaciones tradicionales o manipulativas y mediante simulación apoyando el mismo contenido. Intuimos que las diferencias entre estos dos contextos ofrecerían resultados interesantes con miras a identificar formas en que las prácticas científicas con y sin simulación puedan complementarse entre sí cuando se imbrican en una planificación (Smetana y Bell, 2012).

Esta revisión ha permitido constatar que cuando una simulación no encaja perfectamente en el currículo aparecen algunos obstáculos de implementación para el maestro. No obstante, los maestros pueden optar por seguir utilizando dicha simulación al no encontrar otras simulaciones que cubran el tema relevante, aunque no sea la idónea para sus fines, adoptando los apoyos necesarios para los estudiantes (Easley 2020). Esto sugiere que desarrollar una biblioteca organizada y completa de simulaciones en lengua española podría ser útil para los maestros interesados en el desarrollo de indagaciones en educación primaria.

6. REFERENCIAS

- Chamberlain, J. M., Lancaster, K., Parson, R. y Perkins, K. K. (2014). How guidance affects student engagement with an interactive simulation. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 628–638. <https://doi.org/10.1039/c4rp00009a>
- De Jong, T. y Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Dean, D. y Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. Discovery: The long view. *Science Education*, 91(3), 384–397. <https://doi.org/10.1002/sce.20194>
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M. y van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. In *Educational Research Review* (Vol. 22, pp. 194–214). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Easley, K. M. (2020). *Simulations and Sensemaking in Elementary Project-Based Science*. Ph.D. Dissertation <http://hdl.handle.net/2027.42/155050>
- Ekmekci, A. y Gulacar, O. (2015). A case study for comparing the effectiveness of a computer simulation and a hands-on activity on learning electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(4), 765–775. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1438a>
- Evolution Readiness – Concord Consortium*. (n.d.). Retrieved August 10, 2020, from <https://concord.org/our-work/research-projects/evolution-readiness/>



- Hennessy, S., Deaney, R. y Ruthven, K. (2006). Situated expertise in integrating use of multimedia simulation into secondary science teaching. *International Journal of Science Education*, 28(7), 701–732. <https://doi.org/10.1080/09500690500404656>
- Horwitz, P. (2013). Evolution Is a Model, Why Not Teach It That Way? In D. F. Treagust y C-Y. Tsui (Ed.), *Multiple representations in biological education* (pp. 129–145). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_8
- Horwitz, P., McIntyre, C. A., Lord, T. L., O’Dwyer, L. M. y Staudt, C. (2013). Teaching “Evolution readiness” to fourth graders. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-21>
- Hulshof, C. D. y de Jong, T. (2006). Using just-in-time information to support scientific discovery learning in a computer-based simulation. *Interactive Learning Environments*, 14(1), 79–94. <https://doi.org/10.1080/10494820600769171>
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., van den Berg, E. y 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>
- Kukkonen, J. E., Kärkkäinen, S., Dillon, P. y 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. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.782452>
- Lehtinen, A., Lehesvuori, S. y Viiri, J. (2019). The Connection Between Forms of Guidance for Inquiry-Based Learning and the Communicative Approaches Applied—a Case Study in the Context of Pre-service Teachers. *Research in Science Education*, 49(6), 1547–1567. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9666-7>
- Lehtinen, A. y 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>
- Manz, E. (2015). Resistance and the Development of Scientific Practice: Designing the Mangle Into Science Instruction. *Cognition and Instruction*, 33(2), 89–124. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.1000490>
- McIntyre, C., Lord, T. y Horwitz, P. (2012). BIG IDEAS for Little People. *Science and Children*, 50(2), 42–45. www.jstor.org/stable/43176252
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R. y Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197. <https://doi.org/10.1021/ed4005084>
- PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations.* (n.d.). Retrieved August 10, 2020, from <https://phet.colorado.edu/>
- Puntambekar, S., Stylianou, A. y Goldstein, J. (2007). Comparing Classroom Enactments of an Inquiry Curriculum: Lessons Learned From Two Teachers. *Journal of the Learning Sciences*, 16(1), 81–130. <https://doi.org/10.1080/10508400709336943>



- Rutten, N., Van Joolingen, W.R. y Van Der Veen, J. T. (2012) The learning effects of computer simulations in science education. *Computers and Education* 58(1), 136-153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Scalise, K., Timms, M., Moorjani, A., Clark, L., Holtermann, K. y Irvin, P. S. (2011). Student learning in science simulations: Design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1050–1078. <https://doi.org/10.1002/tea.20437>
- Smetana, L. K. y 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. y Ibáñez, M. (2020). Vídeo-worked examples to support the development of elementary students' science process skills: a case study in an inquiry activity on electrical circuits. *Research in Science & Technological Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1786361>
- Stephens, A. L. y Clement, J. J. (2015). Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. *Computers and Education*, 86, 137–156. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.014>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P. y Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Wu, H. L. y Pedersen, S. (2011). Integrating computer- and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers and Education*, 57(4), 2352–2363. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.05.011>

Para citar este artículo:

Solé-Llussà, A., Aguilar Caamaño, D. y Ibáñez Plana, M. (2020). The Rol del maestro en indagaciones escolares mediante simulaciones. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (74), 221-233. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1803>

