



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de
las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática

Marrero Galván, Juan José; González Pérez, Paula

Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 1, 2023
Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92072334006>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101

Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática

Investigations about the use of analogies in the science classroom: a systematic review

Juan José Marrero Galván
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales,
Didácticas Específicas de Universidad de La Laguna,
España
jmarrerg@ull.edu.es

 <https://orcid.org/0000-0002-7563-0387>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92072334006>

Paula González Pérez
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales,
Didácticas Específicas de Universidad de La Laguna,
España
gperezpaula@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0445-9196>

Recepción: 30 Enero 2022

Revisado: 08 Marzo 2022

Aprobación: 06 Octubre 2022

RESUMEN:

El profesorado de ciencias experimentales se enfrenta a la complicada tarea de explicar tópicos científicos de difícil comprensión para los estudiantes, por lo que habitualmente recurren a análogos que facilitan su comprensión mediante la comparación entre ambos. Es importante conocer las investigaciones científicas publicadas sobre secuencias didácticas con analogías, motivo por el que, en este trabajo, se realiza una revisión sistemática de la literatura científica sobre el tema entre los años 2000 y 2022. Los resultados muestran 31 artículos que cumplen los criterios de inclusión establecidos y se concluye, tras su análisis, que son estudios relevantes, ya que aportan ejemplos didácticos útiles para la enseñanza, analogías habituales para abordar determinados contenidos, aspectos a considerar en la formación del profesorado y percepciones del alumnado acerca de la metodología.

PALABRAS CLAVE: Analogía, propuesta de enseñanza, investigación didáctica, revisión bibliográfica.

ABSTRACT:

Experimental science teachers are faced with the task of explaining scientific topics that are difficult for students to understand, so they usually resort to analogues that make them easier to understand by comparison. It is important to know the scientific research published on didactic sequences with analogies. Thus, this work shows a systematic review of the scientific literature in on the subject between 2000 and 2022. Results show 31 articles that meet the established inclusion criteria, and, after their analysis, it is concluded that, they are relevant studies, as they provide useful didactic examples for teaching, common analogies to address certain contents, aspects to consider in teacher training and students' perceptions towards this methodology.

KEYWORDS: analogy, teaching proposal, didactic investigation, bibliographic review.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias experimentales es la comprensión de los conceptos científicos teóricos, no observables y abstractos, lo cual no resulta una tarea fácil (González, 2005). Esta dificultad se debe, en gran parte, al proceso de generación del conocimiento, el cual cada estudiante construye a partir de las relaciones que establece entre lo que conoce y las informaciones que le llegan por diferentes medios, sobre todo desde el docente (Velásquez y Guaiqueriano, 2008).

Según Perales y Cañal (2000) los modelos facilitan los flujos de información y plantean nuevos interrogantes, es decir, los modelos cumplen la función de “instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría” (Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2009, p. 196), lo cual puede emplearse para simplificar el proceso de aprendizaje del alumnado, pues facilita la comprensión de lo desconocido (Raviolo y Garritz, 2007a), generando conexiones sencillas y directas con los modelos mentales ya existentes. Así, puede decirse que los modelos juegan un papel fundamental en la ciencia, en su currículo y su aprendizaje, pues permiten interpretar y realizar predicciones sobre los fenómenos teóricos estudiados (Aragón *et al.*, 2008).

Pero cuando se habla de modelo, en numerosas ocasiones, se suele usar de forma indistinta los términos analogía o modelo analógico y diversos autores (Oliva, 2008; Raviolo, 2009) han advertido del riesgo que esto conlleva, así como la conveniencia de clarificar sus principales diferencias.

En cuanto al término modelo, éste tiene muchos significados diferentes y puede abordarse desde distintas perspectivas. Así, en el contexto de la enseñanza, según Raviolo (2009) se usa fundamentalmente con dos significados: como (a) Modelos como contenidos a enseñar (modelo científico y modelo histórico, modelo del currículo o curriculares y modelo enseñado) y (b) Modelos como recursos didácticos (modelo analógico didáctico, modelo concreto). Además, está la idea de modelo mental, como representación interna, en la que se utiliza el término modelo porque dicha representación permite describir, explicar, predecir y actuar eficientemente sobre el sistema estudiado; es decir, porque cumple funciones de los modelos científicos.

A su vez, de acuerdo con la tipología de los modelos usados en las clases de ciencias, presentada por Harrison y Treagust (2000), se considera como modelo analógico didáctico a los modelos que guardan una serie de correspondencias con lo que representan (correspondencias analógicas) y que forman parte de las explicaciones que dan los profesores sobre entidades no observables a los estudiantes; es decir, que tienen una finalidad pedagógica. Y son didácticos porque constituyen “representaciones de orden superior (modelos de modelos) obtenidas por transposición a partir de modelos científicos” (Adúriz-bravo y Morales, 2002, p.77).

Con relación al concepto de analogía, es importante tener en cuenta que ha evolucionado a lo largo del tiempo, ya que en un principio se consideraban como simples comparaciones entre una situación familiar y otra no tan familiar. Sin embargo, otros autores añadieron nuevas dimensiones que les confieren mayor complejidad, por ejemplo, comparación de estructuras y/o funciones entre dos dominios (Duit, 1991) o señalando el tipo de semejanzas entre lo conocido y lo desconocido, presentada como la trama de relaciones y denominada relación analógica (Gentner, 1983; Glynn, 1991; Newton y Newton, 1995; Raviolo, 2009) y que favorece el aprendizaje; lo que permite a su vez desarrollar estrategias y habilidades que se emplean a la hora de crear un modelo mental (Aragón *et al.*, 2008). Es decir, para que una analogía surta efecto debe comprender: una cuestión no familiar (tópico), una cuestión conocida (análogo) y un conjunto de relaciones entre ambas cuestiones (Raviolo y Garritz, 2007a; Raviolo, 2009). Así mismo, Oliva (2006) incide que las analogías no sean meros recursos de aula para la explicación del docente, sino que deberían involucrar al alumnado en su construcción, promoviendo así, un aprendizaje de las ciencias verdaderamente significativo.

También hay que señalar que diversos autores han sugerido diferentes secuencias para enseñar con analogías, así, por ejemplo, Glynn (1991), Harrison y Coll (2008), Raviolo y Garritz (2007b) y Tejera *et al.* (2008). Y así mismo, en relación con la propia formación docente sobre esta temática, Oliva (2008) y Marrero *et al.* (2020).

Sin embargo, la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias (EC en adelante) también conlleva riesgos y dificultades, ya que cada estudiante puede interaccionar con la analogía de forma diferente y su comprensión depende de cómo el profesorado haga uso de esta (Rubio *et al.*, 2017).

En cualquier caso, las analogías están presentes en la EC y es un tema más o menos habitual en las publicaciones de Didáctica, si bien, no aparecen estudios de recopilación bibliográfica en español sobre esta temática en las principales bases de datos, aunque sí investigaciones que pueden ayudar a conocer el estado de la cuestión, especialmente en relación con investigaciones de aula con analogías. Por este motivo, en este trabajo se plantea como objetivos, realizar una revisión sistemática (RS en adelante) de los estudios publicados

sobre propuestas de enseñanza con analogías e intentar identificar los puntos de consenso y disenso, los principales núcleos de discusión y las áreas de vacancia.

Para la consecución de estos objetivos se plantean, además, las siguientes preguntas:

1. ¿Qué investigación didáctica existe asociada a este tema?
2. ¿Cuáles son los autores más prolíficos?
3. ¿Qué aspectos metodológicos se destacan?
4. ¿Qué analogías/contenido se estudian?
5. ¿Qué percepciones tiene el alumnado sobre la utilización de analogías?
6. ¿Qué implicaciones educativas aportan los estudios?

MÉTODO

Para la realización de este trabajo se ha recurrido al procedimiento descrito en la declaración PRISMA para este tipo de estudios (Liberati *et al.*, 2009), ya que esta presenta un conjunto de normas e indicadores que mejoran la calidad de la presentación y reproducción de los resultados (Urrútia y Bonfill, 2010). Por tanto, teniendo en cuenta dicha metodología PRISMA, se detallan a continuación: los criterios de elegibilidad, las fuentes de información, el procedimiento de búsqueda bibliográfica y los criterios finales de inclusión/exclusión.

Criterios de elegibilidad

Se seleccionaron aquellos trabajos en español, específicamente artículos, relacionados con las analogías en el campo de la EC y publicados a partir del 2000. Así, se excluyeron actas de congresos, libros, capítulos, etc.

Fuentes de información

Las fuentes documentales utilizadas han sido *Web of Science* (WOS) y *Scopus* dado su nivel de prestigio y altos índices de calidad. Así mismo, dado que el año de indexación de las revistas en dichas fuentes no es homogénea, se decidió realizar una revisión pormenorizada de las revistas resultantes que han publicado sobre esta temática, utilizando para ello, los buscadores de sus respectivas páginas webs. De este modo, se garantizó que ningún artículo ha sido excluido por estar publicado en una fecha en la que la revista en cuestión no estaba indexada. Las revistas analizadas han sido: *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (REIEC)*, *Teoría de la Educación*, *Revista Iberoamericana para la Investigación y el desarrollo Educativo (RIDE)*, *Góndola*, *Enseñanza de las Ciencias y Educar*, ya que son las revistas encontradas durante la búsqueda en Scopus y WOS y que además publican en español.

Búsqueda bibliográfica

Teniendo en cuenta los criterios de elegibilidad, el procedimiento ha consistido en introducir los términos “*analogy*”, “*analog model*” y “*science*” unidas las dos primeras con el operador booleano OR y la última con AND. La búsqueda se realizó en “título, resumen y palabras clave” del documento. A continuación, se han seleccionado los documentos en “*Open access*” con el fin de facilitar su consulta y limitando el periodo a 2000-2022, el campo de consulta ha sido “*Social Sciences*” y el idioma seleccionado “Spanish”; finalmente

el área de investigación ha sido “*Education educational research*”. La consulta en los buscadores webs de las revistas se realizó con los mismos términos descritos anteriormente.

La búsqueda bibliográfica descrita se realizó en dos momentos distintos: la búsqueda inicial en febrero de 2021 y un segundo momento de comprobación en agosto de 2022. Es necesario advertir que, aunque se intenta establecer un procedimiento que permita la replicación de resultados, se suele encontrar diferencias dependiendo del momento en el que se lleva a cabo dicho proceso, por lo que los resultados se deben de tomar con cierta cautela.

Criterios de inclusión/exclusión

Con el fin de lograr los objetivos del trabajo y dar respuesta a las preguntas de investigación, se formularon los siguientes criterios: (i) estudios sobre analogías en la EC, (ii) propuestas de enseñanza con analogías.

Una vez establecida la muestra final, se procedió al análisis cuantitativo de algunos parámetros bibliométricos. Los indicadores considerados fueron: año de publicación, autoría, etapa educativa en la que se desarrolla y lugar de publicación. A continuación, se realizó un análisis narrativo en el que se estudiaron las investigaciones y las conclusiones a las que llegaron los autores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se recoge el proceso de identificación y selección de artículos, el cual, atendiendo a los criterios PRISMA, se divide en 4 fases (Liberati *et al.*, 2009). En la primera fase (identificación), fueron obtenidas 66 y 9 referencias de *WOS* y *SCOPUS*, respectivamente, además de 69 referencias del buscador de las revistas mencionadas anteriormente. Esta muestra (148 artículos) se filtró en busca de trabajos repetidos, obteniéndose finalmente una muestra de 115 trabajos. A continuación, en la fase de cribado, se excluyeron 52 al no cumplir el primer criterio de inclusión. Seguidamente, en la fase de elegibilidad, la muestra de 63 artículos se filtró nuevamente, eliminando 32 que no exponían propuestas didácticas (segundo criterio de inclusión). De esta forma se constituye la muestra final incluida en el análisis, la cual consta de 31 artículos.

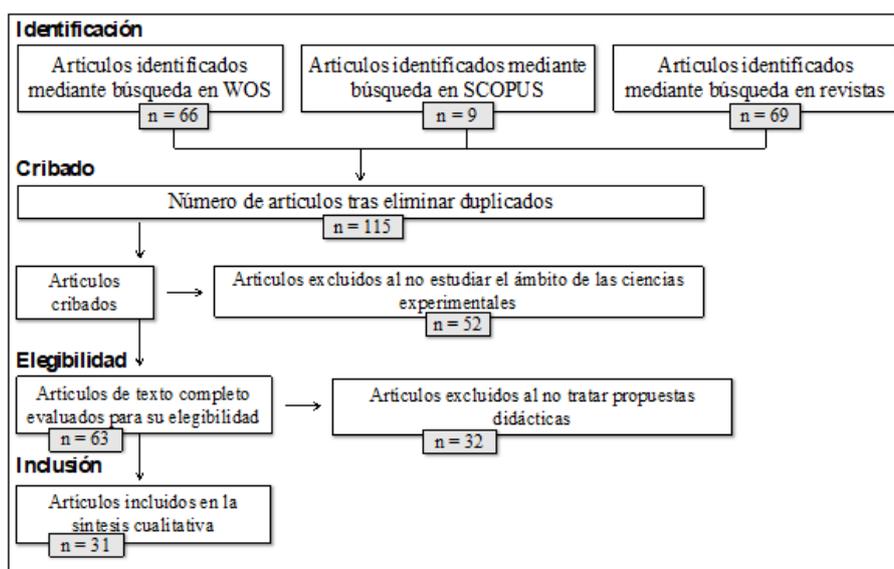


FIGURA 1
Proceso de identificación y selección de los estudios

Con el fin de caracterizar la muestra, se analizaron algunos indicadores bibliométricos. En primer lugar, para ajustar la investigación a un marco temporal, se analizó el año de su publicación, en la figura 2 se observa los artículos publicados por año.

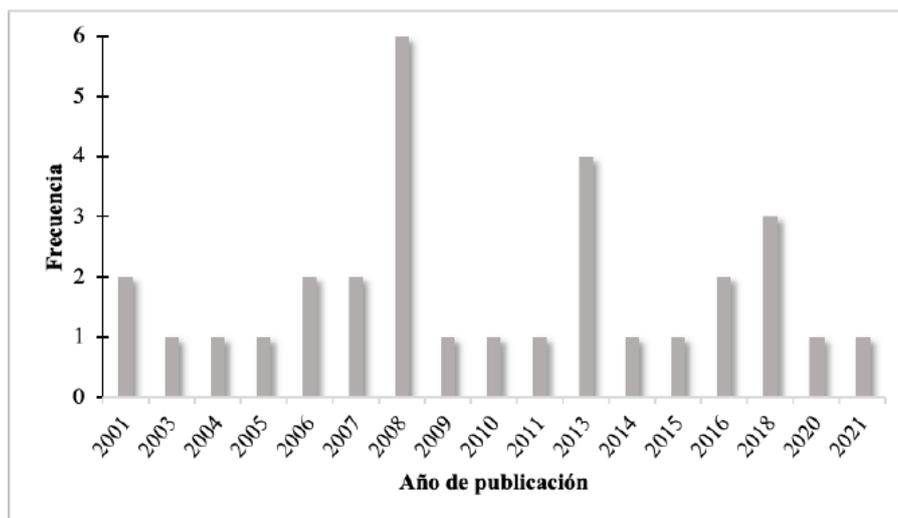


FIGURA 2
Años de publicación de los trabajos

Se observa que en el periodo 2006-18 fue el más prolífico ya que se publicaron la mayoría de los artículos (24 artículos, 76,7%).

Por otro lado, se encontró que la muestra incluye trabajos de 55 autores diferentes. La gran mayoría (76,4%) contribuyen con una única publicación a la muestra, lo cual puede sugerir que son trabajos aislados en su labor investigadora. Así mismo, 9 de los 55 totales incluidos en la muestra (16,4%) aportan dos publicaciones, 2 autores aportan 3 publicaciones a la muestra (3,6%) y finalmente dos autores (3,6%) aparecen en más de tres publicaciones: concretamente Oliva con 9 publicaciones y Aragón con 7. Esta información se recoge en la tabla 1.

TABLA 1
Número de aportaciones a la muestra por autor

		Frecuencia	%
nº de aportaciones por autor (55 autores)	una	42	76,4
	dos	9	16,4
	tres	2	3,6
	más de 3	2	3,6

También se consideró interesante analizar el tipo de enseñanza a la que se dirigen los artículos que proporciona, entre otros aspectos, una idea de la utilidad que pueden llegar a tener las analogías en la comprensión de un contenido científico atendiendo a la edad del alumnado. En la tabla 2 se indican los resultados obtenidos al analizar la muestra bajo este criterio.

TABLA 2
Enseñanza a la que se dirige

Tipo	Frecuencia	%
Primaria	1	3,2
Secundaria	19	61,3
Universitaria	7	22,6
Formación permanente del profesorado	1	3,2
Mixto	1	3,2
No específica	2	6,5

Se observó que 19 artículos, (61,3%) centran sus estudios en educación secundaria, de los cuales dos van enfocados a la enseñanza de ciencias en bachillerato (Boronat-Gil *et al.*, 2018; Barrera *et al.*, 2008) y el resto a Educación Secundaria Obligatoria. En menor medida (22,6%) se encuentran artículos que hablan de las analogías en la enseñanza universitaria, englobando en esta categoría la formación inicial del profesorado.

Únicamente un artículo trata la formación permanente del profesorado, Olvera *et al.* (2018), el cual se centra en la didáctica de las ciencias en Educación Infantil, pero enfocado a la formación de docentes ya en activo, por lo que se engloba en esta segunda categoría. De igual forma, se ha encontrado únicamente un artículo centrado en Educación Primaria (Rodríguez, 2013). Esta escasez de estudios sobre estos niveles iniciales puede deberse a la capacidad de modelización que requiere de los estudiantes, las cuales exigen destrezas complejas, que el alumnado aún no domina en la infancia (Oliva y Aragón, 2007). Ocurre al contrario en secundaria, etapa en la cual los estudiantes ya han desarrollado su pensamiento abstracto e incluso pueden emplearse analogías más complejas que requieren un mayor detenimiento en su investigación y análisis (Oliva *et al.*, 2015).

Así mismo, se encuentra un artículo, Zamorano *et al.* (2006), en el que se propone una secuencia de actividades para estudiantes de distinto nivel educativo (secundaria y superior), y dos artículos que no especifican la enseñanza a la que se dirigen.

En cuanto al lugar de publicación de los artículos, la tabla 3 muestra las revistas que han publicado sobre esta temática y su frecuencia.

TABLA 3
Frecuencia de publicación de artículos en revistas

Revista	Frecuencia	%
Enseñanza de las Ciencias	15	48,4
Revista Eureka	9	29
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (REIEC)	2	6,5
Teoría de la Educación	1	3,2
Revista Iberoamericana para la Investigación y el desarrollo Educativo (RIDE)	1	3,2
Góndola. Enseñanza de las Ciencias	2	6,5
Educación	1	3,2

La muestra objeto de estudio se publica en siete revistas diferentes: cuatro dirigidas exclusivamente a las didácticas específicas y tres que tratan aspectos pedagógicos genéricos. Lógicamente, las primeras son las

que presentan el mayor número de artículos (28 artículos, 83,9%). Si bien, hay que celebrar que revistas generalistas también den cabida a este tipo de trabajos.

Por otra parte, de las propuestas de enseñanza con analogías, 25 artículos (80,6% de la muestra), se han puesto en práctica, resultado interesante analizar algunos aspectos encontrados, como son: el número de estudiantes implicados en el estudio, los instrumentos empleados para la recogida de información y las percepciones del alumnado o del profesorado sobre las mismas.

Número de estudiantes e instrumentos de recogida de datos

En la tabla 4 se muestra el número de estudiantes implicados en las investigaciones, y los instrumentos utilizados para obtener información. El análisis del primer indicador simplemente pretende mostrar el tipo de investigación realizada, ya sean estudios de caso o más amplio y de tipo cuantitativo.

TABLA 4
Número de estudiantes e instrumentos de recogida

Artículo	nº estudiantes	Instrumentos
Aragón et al. (2014)	35	Porfolio alumnado
Boronat-Gil et al. (2018)	no indica	Observaciones profesorado Comentarios experimentación
Raviolo et al. (2011)	45	Autoevaluación alumnado
Gómez et al. (2013)	49	Porfolio alumnado
García et al. (2015)	181	Porfolio alumnado
Aragón et al. (2013)	no indica	Porfolio alumnado Observaciones profesorado Entrevistas individuales
Olvera et al. (2018)	3	Cuestionario previo Porfolio alumnado
Rubio et al. (2018)	218	Cuestionario previo y final
Jiménez-Tenorio et al. (2016)	169	Cuestionario final
Galagovsky y Greco (2009)	no indica	Cuestionario final Observaciones profesorado
Ramos et al. (2021)	35	Observaciones profesorado Transcripciones de momentos de interacción
Guidice y Alonso (2008)	no indica	Observaciones profesorado Informes escritos
Aragón et al. (2008)	15	Observaciones profesorado Porfolio alumnado Diario profesorado
Moro et al. (2007)	71	Cuestionario previo y final
Rodríguez (2013)	no indica	Experimentación
Velásquez y Guaiqueriano (2008)	246	Cuestionario final
Sztrajman y Sztrajman (2008)	150	No indica
Raviolo et al. (2010)	45	Cuestionarios finales Observaciones en clase Grabaciones
Zamorano et al. (2006)	112	Cuestionario final
Fracaro (2013)	no indica	Cuestionario previo y final
Oliva y Aragón (2007)	no indica	Cuestionarios finales
Aragón-Méndez y Oliva (2020)	35	Observaciones profesorado Porfolio alumnado Cuestionario inicial y final Entrevistas individuales Grabaciones de audio
Oliva et al. (2013)	128	Cuestionario final
Raviolo et al. (2004)	32	Cuestionario final
Rodríguez et al. (2008)	no indica	Actividades

En cuanto al número de estudiantes, se observa que los resultados son dispares, variando desde muestras muy pequeñas (3 estudiantes) hasta muestras amplias (246 estudiantes). No obstante, es necesario comentar que, en la muestra más pequeña, es decir, la del trabajo de Olvera *et al.* (2018) se trata de un grupo reducido de profesoras de infantil que se reúnen con un grupo de físicos para llevar a cabo un taller de formación de profesorado. Este taller es una primera toma de contacto de las profesoras con la ciencia, específicamente la física, y aborda cómo impartir ciencia en Educación Infantil. Por otro lado, Rubio *et al.* (2018) mencionan que la muestra se conforma con alumnado de 5 centros diferentes, lo cual explica el por qué de una muestra tan extensa (218 estudiantes). Por último, García *et al.* (2015), quienes llegan a los 181 estudiantes, mezclan alumnado de 2 cursos diferentes y comentan en sus conclusiones la necesidad de ampliar la muestra para verificar que los resultados obtenidos son representativos. Esto sería un planteamiento presente también en los demás trabajos analizados.

En definitiva, existe heterogeneidad en cuanto al número de estudiantes implicados en los trabajos y la certeza por parte de los investigadores de ampliar dicha cantidad poder generalizar resultados, sin embargo, también es necesario mencionar y destacar la importancia de los estudios de caso como fuente de conocimiento en el ámbito educativo.

En relación con los instrumentos de recogida de datos, se concluye que, en general, se establecen las producciones o evidencias escritas realizadas por el alumnado como instrumento principal, especialmente cuestionarios o pruebas escritas, empleadas en 13 investigaciones (43,4%).

En segundo lugar, se encuentran el porfolio del alumnado empleadas por 7 artículos (23,3%). Esto es una colección de actividades, ejercicios y anotaciones que debe ir haciendo el alumnado diariamente durante la secuencia de actividades. Asimismo, cabe destacar que varias investigaciones combinan instrumentos con el fin de recabar la mayor información posible y que ésta proporcione una idea objetiva sobre los resultados. Este enfoque también lo comparten García *et al.* (2015), quienes afirman que en futuras investigaciones deben incluir mayor número de instrumentos y más variados para que los resultados sean más precisos.

Percepción de alumnado y profesorado

Algunos trabajos muestran resultados de sus investigaciones desde la perspectiva del alumnado. Así, Rubio *et al.* (2018) analizan precisamente las apreciaciones de los estudiantes sobre las ventajas y desventajas de los modelos analógicos durante la propuesta didáctica. En la misma línea, se encuentran Aragón *et al.* (2013), pues uno de los instrumentos de recogida de información son entrevistas individuales con el alumnado. También Boronat-Gil *et al.* (2018) analizan los comentarios de los estudiantes mediante un debate que se establece durante la práctica experimental.

Por su parte, tanto Rubio *et al.* (2018) como Jiménez-Tenorio *et al.* (2016), presentan una propuesta didáctica en la que la información recogida no proviene únicamente de los estudiantes. De este modo, evalúan el desarrollo de la propuesta didáctica atendiendo también a los criterios necesarios para que los docentes ya en ejercicio incorporen nuevos conocimientos a su práctica. Según los autores, uno de dichos criterios es la necesidad de más tiempo para planificar las sesiones, pues “cuando una propuesta de enseñanza incorpora aspectos inusuales, como el uso de analogías” (Rubio *et al.*, 2018, p. 17) resulta evidente que haya que revisar las programaciones previas. No obstante, la necesidad de un mayor tiempo viene también del hecho de que los estudiantes no están familiarizados con esa metodología.

Volviendo al análisis de los 31 artículos, seguidamente se abordará: las analogías propuestas y los tópicos científicos asociados a ellas, la formación del profesorado en este ámbito y las posibles implicaciones educativas que pueden tener los estudios. Además, se encontró que existe una serie de trabajos en los que se incide en algunos aspectos concretos interesantes, los cuales fueron analizados: modelización y su importancia en la enseñanza de las ciencias y a la posibilidad de resolución de problemas a través de

transferencia analógica. Es importante señalar que, ante la imposibilidad de citar todos los artículos en este análisis, se incide solo en algunos de ellos, a juicio de los autores, y con el propósito de ilustrar los comentarios realizados.

Analogías y tópicos científicos

En cuanto a las analogías estudiadas y los tópicos que se pretenden explicar con ellas, se observa que lo más frecuente es intentar modelar el átomo, las moléculas y los conceptos asociados a la teoría cinético-molecular, como son la atracción o la colisión entre moléculas o los diferentes estados de agregación. A este grupo pertenecen Oliva *et al.* (2001), Oliva *et al.* (2003), Oliva (2006), Oliva y Aragón (2007), Guidice y Alonso (2008), Aragón *et al.* (2013), Aragón *et al.* (2014), Rubio *et al.* (2018) y Aragón-Méndez y Oliva (2020). Resulta interesante mencionar que parece que las primeras dos publicaciones forman parte de una misma investigación, siendo un artículo consecutivo del otro. Es lógico, por lo tanto, que los autores hablen en ambas ocasiones de las mismas analogías. Ocurre igual con Aragón *et al.* (2013) y Aragón *et al.* (2014). Así, se tiene que los átomos se ven representados a través de frutas y las moléculas (conjunto de átomos) a través de fruteros (conjunto de frutas). Esta analogía se emplea “con el objetivo de visualizar la idea de átomos y moléculas discretas, así como para utilizar la simbología” (Aragón *et al.*, 2014, p. 340). A su vez, se emplean las piezas de lego para representar también los átomos y las moléculas, haciendo hincapié esta vez en las redes que estos forman y en el modo en el que construyen o reconstruyen las moléculas durante una reacción química. Los movimientos de las moléculas debido a las fuerzas atractivas que pueden dar lugar a nuevos enlaces se representan en Aragón *et al.* (2013) mediante bolas de plastilina que tienen imanes en su interior y que se hacen mover en el interior de una caja y, yendo un paso más allá, Aragón *et al.* (2014) representan las colisiones de átomos y moléculas en un determinado volumen mediante bolas de diferente color también metidas en una caja en movimiento. De este modo, los autores logran disminuir la abstracción conceptual de los conceptos a la par que facilitar la comprensión de estos por parte del alumnado y, también, desarrollar capacidades relacionadas con la modelización (Aragón *et al.*, 2014).

Por su parte, Rubio *et al.* (2018) emplean analogías para explicar los estados de agregación, indicando la capacidad de movimiento y la unión de las partículas en cada uno de ellos. De esta manera, presentan al alumnado el estado sólido como un batallón militar, el estado líquido como una pista de baile y el estado gaseoso como un partido de fútbol. En este trabajo, los autores llevaron a cabo un análisis de las tres analogías basándose en la diferenciación de los elementos que intervienen en la comparación (comparantes) y los que no y el establecimiento de una posible trama analógica (Rubio *et al.*, 2018). Estos aspectos se exponen en el artículo en cuestión mediante una tabla que resume la trama analógica indicando las relaciones del análogo y el tópico.

En otra línea, Raviolo *et al.* (2010), Raviolo *et al.* (2011) y Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2016) emplean analogías para explicar un concepto más amplio como es la actividad o los modelos científicos. Los dos primeros, ambos pertenecientes a una misma línea de investigación, emplean la analogía de la caja negra, mientras que el tercero la integra junto con otras analogías, como las caras de un dado o los juegos de cartas, en propuestas didácticas basadas en la gamificación. Así, la propuesta didáctica que se presenta en estos artículos se fundamenta en la importancia de los modelos científicos como herramienta de investigación “para obtener información de un objeto que no puede ser observado o medido directamente” (Raviolo *et al.*, 2011, p. 62). Con este fin, los autores plantean una secuencia de actividades que comienza con la entrega al alumnado de una caja cerrada y llena para que éste la examine y llegue a concluir lo que hay en su interior. De este modo, el alumnado comprende el sentido de examinar algo que no puede ser observado directamente y empieza a realizar comparaciones entre lo que está percibiendo en el momento y lo que ya conoce previamente. Tras esta actividad, se hace reflexionar al alumnado sobre las analogías existentes entre el mapa de una ciudad y un modelo científico, pidiendo que identifiquen similitudes y diferencias. En este sentido, los autores destacan

que el debate en torno a las limitaciones de las analogías empleadas resultó más interesante que la conversación sobre su validez. Esto constituye, según Raviolo *et al.* (2011), “un indicador importante en el avance hacia la comprensión adecuada de la temática” (p. 69).

Un artículo (Aguirre *et al.* (2008) emplea la analogía entre un tablero de ajedrez repleto de granos de maíz y el número de Avogadro para que alumnos de magisterio tanto infantil como de primaria compran la magnitud de dicho número y aprendan a manipular cantidades escritas en notación científica y a calcular cantidades diferenciando la cantidad de materia y la masa.

Los artículos restantes pueden agruparse en función de la rama de ciencia hacia la que se dirigen. Así, Boronat-Gil *et al.* (2018), Galagovsky y Greco (2009) y Barrera *et al.* (2008) hablan de tópicos biológicos como son el dióxido de carbono, los organismos vivos y la difusión simple a través de la membrana de las células, respectivamente, mientras que Jiménez-Tenorio *et al.* (2016), Zamorano *et al.* (2006), Moro *et al.* (2007), Velázquez y Guaiqueriano (2008), Sztrajman y Sztrajman (2008) y Vasini y Donati (2001) tratan tópicos más orientados hacia la geografía o la física, pues sus analogías se emplean para explicar los conceptos de Tierra y su eje de rotación, su forma y la de su órbita, la gravedad, el peso, la masa, la temperatura, procesos eléctricos, etc.

Boronat-Gil *et al.* (2018) presentan una propuesta didáctica en la que comparan el dióxido de carbono desde comienzo de la historia de la Tierra y su reacción de neutralización, lo cual hace que reduzca notablemente su cantidad, incluso en sistemas cerrados, con el gas generado en una comunidad microbiana productora del mismo. Esta propuesta se constituye como una práctica de laboratorio con la que se pretende profundizar en el debate entre docente y estudiante en materia medioambiental y acercar al alumnado a las reacciones químicas que le rodean en el día a día (Boronat-Gil *et al.*, 2018).

Galagovsky y Greco (2009), por otro lado, se centran en comparar el funcionamiento de una fábrica de producción con el de un organismo vivo como puede ser un árbol, un ser humano u otros. Así, trabajan con las ideas previas, los esquemas de conocimiento y las representaciones mentales de los estudiantes sobre sistemas abiertos, organismos vivos, etc. (Galagovsky, Greco, 2009) a la vez que evalúan la validez del aprendizaje modelo didáctico analógico.

En Barrera *et al.* (2008), los autores proponen una secuencia didáctica orientada a la comprensión del concepto de difusión simple y transporte pasivo. Esta secuencia se basa en que los estudiantes, a los que previamente se les ha impartido el contenido científico correspondiente, encuentren de forma autónoma la analogía entre la difusión en la célula y la red de transporte público. Así mismo, plantean preguntas que el alumnado debe responder, cuyo objetivo es la construcción de modelos basados en fenómenos macroscópicos que expliquen el tópico científico. Tras la puesta en práctica, se observa que la primera analogía resulta difícil de manejar, mientras que los modelos macroscópicos se presentan como recursos de gran utilidad.

Jiménez-Tenorio *et al.* (2016) presentan, por su parte, una propuesta didáctica en la que no solo el docente evalúa el rendimiento del alumnado, sino que el alumnado debe indicar en qué medida ha comprendido el sentido de las analogías empleadas. Cabe destacar, que el alumnado en este caso, también se trata de futuros maestros de primaria, lo cual se justifica con la importancia del nivel de conocimiento de los profesores sobre la herramienta o modelo que están empleando (Raviolo *et al.*, 2011). Así pues, presentan un artículo en el que mencionan tres analogías diferentes empleadas para explicar conceptos asociados con la Tierra: haciendo uso de plastilina y palillos modelizan la tierra y su eje de rotación y empleando un *hula hoop* muestran al alumnado la forma de la tierra, de su órbita y las diferentes percepciones que puede tenerse de una circunferencia según desde donde se observe la misma. Asimismo, hacen uso de otros modelos o ejemplificaciones de los fenómenos asociados a la rotación de la tierra en torno al sol, pero estas no constituyen analogías como tal, pues usan un globo terráqueo.

Zamorano *et al.* (2006) proponen un modelo didáctico para la enseñanza de los conceptos de energía interna y temperatura a partir de una analogía entre pelotas de ping pong chocando y las partículas

en movimiento y martillos intercambiados entre dichas pelotas de ping pong y la cantidad de energía intercambiada en Joule.

Velásquez y Guaiqueriano (2008) y Moro *et al.* (2007) abordan el aprendizaje de la gravedad, la interacción entre cuerpos, la masa y el peso. Los primeros plantean la analogía a partir del hecho de que nos hundimos en la arena al caminar y los segundos plantean analogías entre dos personas intercambiando objetos (tizas, juguetes, etc.) y los cuerpos astrales, específicamente la Luna y la Tierra, interaccionando y atrayéndose mutuamente.

Sztrajman y Sztrajman (2008) y Vasini y Donati (2001) centran su propuesta en los procesos eléctricos y electroquímicos. De este modo, se encuentra una analogía entre un cilindro de gas comprimido y un condensador eléctrico y una entre la expansión y la compresión de gases y los procesos redox de una pila. Estas analogías pueden considerarse las más complejas de la muestra, pues el propio análogo requiere un nivel de conocimiento científico previo, alejándose de la condición de cotidianidad de los análogos frecuentemente empleados.

Por otro lado, la muestra cuenta con dos artículos pertenecientes a la misma línea de investigación: Gómez *et al.*, 2013 y García *et al.*, 2015, los cuales no emplean analogías específicas para explicar tópicos concretos, sino que trabajan con el alumnado la resolución de problemas mediante la transferencia analógica. Las analogías que surgen en estos casos dependen de la familiaridad del alumnado con el contexto del problema, de la estructura del problema y de otros aspectos comentados al principio de este apartado.

Por último, con Olvera *et al.* (2018) ocurre, al contrario que con otros artículos, pues no exponen analogías específicas con un fin educativo determinado. Por el contrario, este trabajo se enfoca hacia la formación del profesorado, específicamente de infantil, mediante un taller impartido por físicos. En dicho taller, las analogías surgen inicialmente cuando las profesoras expresan sus conocimientos científicos y, en segundo plano, cuando los físicos explican los conceptos asociados al campo eléctrico.

En la tabla 5 se presentan las analogías y sus tópicos científicos abordados en los diferentes artículos.

TABLA 5
Analogías y tópicos

Tópico científico	Análogo	Artículo
Átomo y moléculas	Frutas y fruteros	Aragón et al. (2013) Aragón et al. (2014) Oliva et al. (2001)
	Piezas de lego	Aragón et al. (2013) Aragón et al. (2014)
	Fichas circulares de colores	Aragón et al. (2013) Oliva y Aragón (2007) Oliva et al. (2003)
	Perros mordiendo un mismo hueso	Oliva (2006)
	Tuercas y tornillos	
Número de Avogadro	Tablero de ajedrez y granos de maíz	Aguirre et al. (2008)
Estados de agregación	Batallón militar (sólido)	Rubio et al. (2018)
	Pista de baile (líquido)	
	Partido de fútbol (gaseoso)	
	Migas de pan	Guidice y Alonso (2008)
	Futbolistas Arena Collar de perlas	
Modelos científicos	Caja negra cerrada	Raviolo et al. (2010)
	Mapas de ciudades	Raviolo et al. (2011) Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2016)
CO ₂ y reacción de neutralización (naturaleza)	Consumo de CO ₂ en comunidad microbiana	Boronat-Gil et al. (2018)
Difusión simple a través de membrana plasmática	Red de transporte público	Barrera et al. (2008)
	Abrir frasco de perfume en habitación cerrada	
	Colocar terrón de azúcar en vaso de agua	
Funcionamiento de organismo vivo	Fábrica	Galagovsky y Greco (2009)
Tierra y eje de rotación	Plastilina y palillos	Jiménez-Tenorio et al. (2016)
Forma de la tierra y sus órbitas	Hula hoop	Jiménez-Tenorio et al. (2016)
Condensador eléctrico	Cilindro de gas comprimido	Sztrajman y Sztrajman (2008)
Procesos redox en pilas	Expansión - compresión de gases	Vasini y Donati (2001)
Interacción entre Luna y Tierra	Intercambio de tiza entre dos personas	Moro et al. (2007)

Formación del profesorado

La muestra cuenta con algunos artículos en los que la investigación se centra también o principalmente en la formación del profesorado, ya sea en la formación inicial docente, como es el caso de Raviolo *et al* (2011), Jiménez-Tenorio *et al.* (2016) y Aguirre *et al.* (2008) o en la formación permanente en el trabajo de Olvera *et al* (2018). De este modo, los grupos de investigación presentan propuestas didácticas las cuales tienen como objetivo que el profesorado comprenda el funcionamiento de las analogías, así como su validez y sus limitaciones de cara a la didáctica de conceptos científicos abstractos y difíciles para el alumnado más joven. En el caso de Raviolo *et al* (2011) los estudiantes pudieron “proyectar sobre su futuro rol como docentes” (p. 69) lo que resulta de suma importancia, pues es necesario que los futuros docentes comprendan estos y otros aspectos de la ciencia para poder trabajar desde una visión integradora con su futuro alumnado. No obstante, los autores también concluyeron que los estudiantes tienen dificultades en la comprensión de contenidos abordados y mencionan un artículo previo no perteneciente a la muestra - Raviolo *et al* (2010) - en el que analizan dichas dificultades. Por su parte, Jiménez-Tenorio *et al.* (2016) presentan una investigación en la que analizan las percepciones de futuros docentes sobre la utilidad de los modelos analógicos como recurso. Las valoraciones del modelo analógico como recurso van desde considerarlo como algo neutral hasta útil. Entre los modelos más empleados por el profesorado en formación y, por lo tanto, considerados de mayor utilidad destacan el globo terráqueo, el cual no constituye una analogía como tal, pero también el *bula hoop* para introducir el concepto de órbita terrestre. Sin embargo, los resultados de esta investigación indican que el futuro profesorado tiene dificultades para ver la posible utilización en la enseñanza de niños.

En el caso de Aguirre *et al.* (2016), la propuesta de aula va enfocada a alumnos de Magisterio con pocos conocimientos en química. Se trata de una secuencia de actividades que pretende acercar al alumnado a la magnitud del número de Avogadro y la notación científica. Tras el asombro de los futuros docentes al comprender la cantidad de partículas que comprenden un mol, los autores concluyen que la analogía empleada refuerza el placer por el descubrimiento lo cual facilita el aprendizaje. Además, logran un aprendizaje interdisciplinar, pues al aprender a manipular la notación científica se acercan a los cálculos en física.

Por otro lado, Olvera *et al* (2018), presentan un taller en el que físicos trabajan con profesoras de infantil para profundizar en la didáctica de las ciencias y las herramientas que pueden resultar útiles para transmitir los conocimientos científicos a los estudiantes más jóvenes. Este taller se realizó durante 40 horas y como temas científicos específicos se propuso la ley de coulomb y su relación con el concepto de fuerza, el campo eléctrico y otros. Los autores pudieron concluir que “la interacción entre físicos y profesoras de preescolar es positiva” (Olvera *et al.*, 2018, p. 21), dado que enriquece el trabajo tanto de las profesoras, en este caso, discentes, como de los físicos, docentes del taller. Además, hacen hincapié en el interés que tendría un estudio de la puesta en práctica en clase de lo aprendido en el taller.

Enseñanza de las ciencias: modelización

Numerosos autores debaten sobre el papel de las analogías y su utilidad como herramientas de acercamiento a los modelos de la ciencia escolar, concluyendo que las analogías aportan a la competencia de modelización del alumnado. Es lógico, por lo tanto, que se encuentren varios artículos en la muestra objeto de estudio en este trabajo, en los que el fundamento de la investigación sea la modelización, su introducción, desarrollo y evolución a lo largo de las propuestas didácticas. De este modo, se encuentran ocho artículos -Fernández *et al.* (2005), Zamorano *et al.* (2006), Oliva y Aragón (2007), Aragón *et al.* (2008), Aragón *et al.* (2013), Aragón *et al.* (2014), Jiménez-Tenorio *et al.* (2016) y Aragón-Méndez y Oliva (2020)- que hablan de la modelización.

Resulta evidente que algunos sean de una misma línea de investigación, pues los autores coinciden, dando a entender que son investigadores frecuentes en el ámbito.

Estos autores parten de la premisa de que el cambio químico, siendo un contenido relevante en la EC, pues ayuda a explicar numerosos fenómenos de la realidad que nos rodea, se debe enseñar haciendo uso del aprendizaje a través de modelos. En base a esto, presentan los diferentes formatos existentes para los modelos (proposicional e icónico), así como los diferentes ámbitos de representación de la materia y sus cambios: macroscópico (representaciones mentales procedentes de la realidad observable), simbólico (representación de conceptos químicos usando medios, modelos, dibujos, etc.) y submicroscópico (interpretación de procesos mediante partículas submicroscópicas)

Así, la propuesta de Aragón *et al.* (2013) consiste en analizar la evolución de los modelos explicativos de los estudiantes sobre el cambio químico, viendo qué modelo, formato y ámbito presenta mayores dificultades. De este modo, afirman que la mayoría de los estudiantes utilizan el modelo proposicional macroscópico, al ser este el más intuitivo y relacionado con su conocimiento intrínseco, y que muy pocos hacen uso del submicroscópico. No obstante, también comentan, que, a pesar de no utilizarse todos los modelos en igual medida, al finalizar la propuesta, gran parte del alumnado fue capaz de emplear varios modelos diferentes, confirmándose entonces la evolución de la capacidad de modelización al emplear analogías.

En un segundo artículo los autores dirigen la mirada al estudio de los procesos de modelización empleados por el alumnado a lo largo de la propuesta didáctica. Estos procesos “se consideran indicadores de las demandas exigidas” (Aragón *et al.*, 2014, p. 2) a los estudiantes, además, de las oportunidades a la hora de desarrollar la competencia de modelización, entendiéndola esta como la capacidad de aprender los modelos de las ciencias, pero también, trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos. Con este marco teórico, la propuesta didáctica se basa en la aplicación de analogías, ya mencionadas anteriormente, con el fin de demostrar una serie de afirmaciones. Tras poner en práctica la propuesta y analizar los resultados, concluyen que un alto porcentaje del alumnado logró un nivel de desempeño avanzado y que, por lo tanto, las analogías constituyen un recurso útil para el aprendizaje de modelos en ciencia escolar y para el desarrollo de habilidades y destrezas de modelización. No obstante, también comentan que se debe analizar también en qué medida el alumnado es capaz de aprender a criticar y revisar los modelos, así como investigar también la incorporación de estos aspectos a la formación del profesorado.

Por otro lado, Jiménez-Tenorio *et al.* (2016) parten de la idea de que los modelos desempeñan un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias experimentales, “como mediadores entre los modelos científicos y la realidad cercana y tangible del alumnado” (Jiménez-Tenorio *et al.*, 2016, p. 3). En esta línea existen investigaciones centradas en constatar el valor de los recursos o justificar su interés. Sin embargo, el artículo en cuestión se centra en estudiar la incidencia de las analogías y la competencia de modelización desde la perspectiva de los estudiantes y, además, desde la perspectiva de futuros maestros. En cierto modo, el artículo elaborado por estos autores presenta respuestas a las ideas que Aragón *et al.* (2014) plantean como futuras investigaciones.

Resolución de problemas: transferencia analógica

Las aportaciones de Gómez *et al.* (2013) y García *et al.* (2015), fundamentan su investigación en base a la resolución de problemas a partir de la transferencia analógica. Puesto que dos de los autores de cada uno de los artículos coinciden, puede asumirse que se trata de la misma línea de investigación. Esto se refuerza, además, al analizar tanto la metodología empleada, como los aspectos objeto de estudio: ambos trabajos parten de una hipótesis que debe ser probada mediante la propuesta didáctica, ambos grupos de investigación estudian la capacidad del alumnado de resolver problemas en función de la familiaridad con el contenido y el contexto del problema, del nivel académico del alumnado y del tipo de estudios que se estén cursando (ciencias o letras). En el primer artículo llevan a cabo una investigación con alumnado únicamente de 4º ESO, mientras que en

el segundo artículo se compara el rendimiento de estudiantes de este nivel, con el de otros de Bachillerato, diferenciando en este caso también entre Bachillerato de ciencias y de letras. Tras realizar la investigación de aula y analizar los resultados obtenidos, se puede extraer de ambos trabajos que, efectivamente, el alumnado con mayor familiaridad hacia el problema, podrá resolverlo con menor dificultad.

Por otro lado, la hipótesis planteada en ambos estudios sostiene que el alumnado es capaz de aprender a resolver problemas mediante transferencia analógica. Esto es, comparar problemas resueltos (problemas ejemplo) con los problemas a resolver (problemas diana) y aprender a resolverlos a partir de las similitudes o las diferencias entre unos y otros. Para esto es necesario que el alumnado desarrolle la capacidad para el pensamiento analógico lo cual, según los resultados de ambos grupos de investigación, no necesariamente va asociado al grado que estén cursando los estudiantes. Así pues, García *et al.* (2015), se encontraron con que alumnado que no cursa el bachillerato de ciencias, fueron capaces de resolver ejercicios sin dificultades significativas debido a sus capacidades de transferencia analógica.

Implicaciones educativas

En general, los autores afirman que las analogías son un recurso útil en el aprendizaje de las ciencias. Esta utilidad se aplica no solo a los modelos más simples, sino también de cara al desarrollo de la competencia de modelización (Aragón *et al.*, 2013). Asimismo, aquellos artículos centrados en la formación de alumnado de primaria/infantil o del profesorado que imparte en dichas edades, concluyen que las analogías pueden ser aplicadas con beneficios y de forma satisfactoria, pues permite conectar la realidad más cercana del alumnado con los conocimientos abstractos de las ciencias (Olvera *et al.*, 2018). En relación con la formación del profesorado, se establece que el trabajo previo con analogías y modelos analógicos les permite no solo comprender las características de los modelos, lo cual ayuda de cara al trabajo con los estudiantes, sino también valorar las limitaciones que pueden llegar a tener algunas analogías para según qué tópicos científicos (Raviolo *et al.*, 2011). En estos artículos también se destaca la valoración positiva que hacen los usuarios de las analogías, aunque también se ha visto que se debe tener cuidado, pues es fundamental, no solo la comprensión del funcionamiento de las analogías, sino también la sintonía entre docente y estudiantes (Galagovsky y Greco, 2009). Esta limitación del modelo analógico se extiende también al nivel de preparación del profesorado y a la organización previa a las sesiones (Rubio *et al.*, 2018).

Por otro lado, las analogías pueden emplearse también de forma indirecta para la resolución de problemas por transferencia analógica (Gómez *et al.*, 2013 y García *et al.*, 2015). En este ámbito, se ha visto que lo primordial es la familiaridad del alumnado con el contenido preguntado en los ejercicios a resolver, lo cual coincide con la base del propio concepto de analogía.

CONCLUSIONES

La realización de una revisión sistemática de las investigaciones publicadas sobre propuestas de enseñanza con analogías ha sido la finalidad principal de este trabajo y después de haber analizado los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

En primer lugar, la investigación didáctica asociada a este tema es significativa ya que aporta informaciones y ejemplos didácticos útiles para la investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Estos artículos representan la base para fundamentar futuros estudios sobre propuestas didácticas con analogías y su puesta en práctica en el aula.

Los autores más prolíficos son Oliva, Aragón Méndez, Raviolo y Navarrete. Los demás autores, aunque no tan presentes en este estudio, comentan que sus artículos forman parte de una línea de investigación mayor.

Con relación a los aspectos metodológicos destaca la heterogeneidad en cuanto al número de estudiantes implicados en los trabajos, aun remarcando la importancia de los estudios de caso y a contextos limitados también parece necesario disponer de nuevos estudios en los que se amplíe el número de participantes que permita ciertas generalizaciones. Otro aspecto reseñable es la variedad de instrumentos de recogida de información, siendo las producciones escritas realizadas por el alumnado las más utilizadas.

En cuanto al uso de analogías hay que indicar que es muy frecuente en la EC y más concretamente en educación secundaria, aunque en aquellos temas que son más abstractos, las analogías se convierten en necesarias para acercar al alumnado a los contenidos (Iglesias, 2010). Precisamente, en este trabajo se ha visto que las analogías más frecuentes son aquellas empleadas para explicar los contenidos asociados con la teoría cinético-molecular y que los estudiantes no pueden observar en su día a día: el átomo, las moléculas, sus movimientos, etc. Estos contenidos se explican empleando análogos y modelos prácticos que permitan que el alumnado manipule por sí mismo el material, logrando así que identifiquen las relaciones entre análogo y contenido, lo cual es de suma importancia, porque de lo contrario, el modelo analógico carece de valor (Felipe, Gallareta y Merino, 2006). Las principales analogías utilizadas en los artículos son: átomos y moléculas como frutas y fruteros, como piezas de lego o como fichas circulares de colores.

Es importante remarcar la importancia de las percepciones que el alumnado tiene sobre la validez de las analogías utilizadas durante los procesos de enseñanza aprendizaje, pues, al fin y al cabo, serán quien aprenda los contenidos con ellas y quienes tendrán que emplearlas para comprender fenómenos científicos, lo cual, como indican Jiménez-Tenorio *et al.* dicho análisis “aporta un punto de vista alternativo” (2016, p. 92). Teniendo esto en cuenta y viendo que la muestra incluye únicamente 3 artículos que analizan este aspecto, se echa en falta un mayor estudio de las opiniones de los estudiantes que permita valorar la validez y las limitaciones de las analogías empleadas desde diferentes puntos de vista.

Sobre las implicaciones educativas que aportan los estudios, sus autores coinciden en que las analogías son un recurso útil para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Distinguiendo principalmente tres ámbitos de aplicación de las analogías: enseñanza de conceptos abstractos, desarrollo de la competencia de modelización y la resolución de problemas por transferencia analógica. No obstante, también señalan que, para poder utilizar las analogías en el aula de forma satisfactoria, es necesario que el profesorado conozca su estructura, el funcionamiento y sus limitaciones. Parece imprescindible incluir formación específica sobre analogías en la formación del profesorado.

Respecto del alcance de estos resultados, es necesario advertir de que están limitados por las fuentes utilizadas, pudiendo haber quedado excluidos artículos publicados en otras revistas y bases de datos, también de calidad. Se ha de tener en cuenta la variabilidad de los resultados en función del momento en el que se hagan las consultas, pues se ha observado algunas variaciones en este sentido. Así mismo, los criterios establecidos para acotar la investigación también pueden ser motivo de una posible revisión, ya que una disminución de estos permitiría ampliar la muestra y tener una visión más genérica sobre el tema. Sin embargo, teniendo en cuenta el nivel de calidad y exigencia tanto en *WOS* como en *SCOPUS* y los objetivos que se pretenden con este estudio, la muestra utilizada se puede considerar amplia y representativa. Finalmente, atendiendo a la importancia de esta temática en el ámbito de la enseñanza de las ciencias y a algunos de los resultados expuestos, se plantea como futura línea de investigación el diseño de propuestas de enseñanza con analogías en el contexto de la formación docente.

REFERENCIAS

- Aguirre, C., Vázquez, A., y Fernández, R. (2008). Analogías para la enseñanza de los conceptos de mol y número de Avogadro. Enseñanza de Las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las ciencias, 627–632. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.10

- Aragón-Méndez, M., y Oliva, J. M. (2020). Relación entre la competencia de pensamiento analógico y la competencia de modelización en torno al cambio químico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 15(1), 83–100. <https://doi.org/10.14483/23464712.14441>
- Aragón, M. del M, Oliva-Martínez, J.M. y Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 337-356. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1193>
- Aragón, M. del M, Oliva, J.M. y Navarrete, A. (2008). Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo de los modelos explicativos de los alumnos acerca del cambio químico. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, 127-132. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.1111>
- Aragón, M. del M, Oliva, J.M. y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.832>
- Barrera, C. R., Higuera, S. T., y Gutiérrez, W. J. (2008). Metodología para la enseñanza del concepto de difusión simple y Ley de Fick a partir de trabajo interdisciplinar. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 3(1), 103–108. <https://doi.org/10.14483/23464712.5270>
- Boronat-Gil, R., Gómez-Tena, M. y López-Pérez, J.P. (2018). Diseño experimental de un sumidero de CO₂ y sus implicaciones en el cambio climático. Una experiencia de trabajo con alumnos en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 617-627. https://doi.org/10.5267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1202
- Duit, R. (1991) On the role of analogies and metaphors in learning Science, *Science Education*, 75(6), 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Felipe, A.E., Gallarreta, S.C. y Merino, G. (2006). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista Iberoamericana de educación*, 37(2), 1-10. <https://doi.org/10.35362/rie3762678>
- Fernández, J., González, B. M., y Moreno, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 2(3), 430–439. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.10
- Fracaro, A. C. (2013). La búsqueda de analogías y diferencias como estrategia de enseñanza de las interacciones a distancia y del concepto de campo en Física. *Enseñanza de Las Ciencias*, 3(31), 265–273. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i3.03
- Galagovsky, L. y Greco, M. (2009). Uso de analogías para el «aprendizaje sustentable»: el caso de la enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos y sus propiedades emergentes. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 10-33. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i1.12
- García, P., Sanjosé, V. y Solaz-Portolés, J.J. (2015). Efectos de las características del problema, captación de su estructura y uso de analogías sobre el éxito de los estudiantes de secundaria en la resolución de problemas. *Teoría de la Educación*, 27(5), 221-244. <https://doi.org/10.14201/teoredu2015272221244>
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(1), 155-170. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0702_3
- Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: a teaching with analogies model. En Glynn y otros (eds.), *The psychology of learning science*, Hillsdale, Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203052396-17>
- Gómez, C. B., Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 135-151. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.782>
- González, B.M. (2005). El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33 (Número Extra-2), 1-16. <https://doi.org/10.35362/rie3722716>

- Guidice, J., y Alonso, M. (2008). Analogías creadas por los alumnos para enseñar la naturaleza discontinua de la materia. *Enseñanza de Las Ciencias, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 1736–1740. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02
- Harrison A. y Coll, R. (eds.) (2008) *Using analogies in middle and secondary science classrooms*, Corwin Press, California.
- Iglesias, F.A. (2010). Analogías utilizadas habitualmente en la enseñanza de química básica en la ESO. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1(64), 86-98.
- Jiménez-Tenorio, N., Aragón, L. y Oliva, J.M. (2016). Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 91-112. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1943>
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., Clarke, M., Devereaux, P.J., Kleijnen, J. y Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ (Clinical research ed.)*, 339. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- Marrero, J., González, P. y Negrín, M. (2020). Utilización de analogías con formato digital para la enseñanza de las ciencias en la formación inicial del profesorado de secundaria del siglo XXI. En E. López-Meneses, D. Cobos-Sanchiz, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez y A.H. Martín-Padilla (Eds.) *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa (cap. 255)*. Ediciones Octaedro.
- Moro, L. E., Viau, J. E., Zamorano, R. O., y Gibbs, H. M. (2007). Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 4(2), 272–286. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.04
- Newton, D. y Newton, L. (1995). Using analogy to help young children understand. *Educational Studies*, 21(3), 379-393. <https://doi.org/10.1080/0305569950210305>
- Oliva, J. M. (2006). Actividades Para la Enseñanza / Aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(1), 104-114. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i1.08
- Oliva, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de las analogías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 5(1), 15–28. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i1.03
- Oliva, J. M. y Aragón, M. del M (2007). Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(4), 21-41. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i1.03
- Oliva-Martínez, J.M., y Aragón-Méndez, M.M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(27), 195-208. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3731>
- Oliva, J. M., Aragón, M. del M., Bonat, M., y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de Las Ciencias*, 3(21), 429–444. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i1.03
- Oliva, J. M., Aragón, M. del M., Mateo, J., y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 3(19), 453–470. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.10
- Oliva, J. M., Aragón, L. y Jiménez, N. (2015). Analogías y progresión del conocimiento del alumnado en la clase de ciencias. *Alambique*, 1(79), 35-44.
- Olvera, M., Pérez, L., Méndez, A.F. y Ramírez, M.H. (2018). Interacción entre físicos y profesoras de preescolar para desarrollar estándares de ciencia. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(17), 741-768. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.404>
- Ramos, T., Mendonça, P. C. C., y Mozzer, N. B. (2021). Análisis de la agencia epistémica de los estudiantes en un contexto argumentativo. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(2), 2102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2102

- Raviolo, A. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química, *Educación Química*, 20(1), 55-60. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30007-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30007-7)
- Raviolo, A. y Garritz, A. (2007a). Analogías en la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, 18(1), 16. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2007.1.65973>
- Raviolo, A. y Garritz, A. (2007b). Uso de analogías en la enseñanza de la química: necesidad de elaborar decálogos e inventarios, *Alambique*, 51, 28-39.
- Raviolo, A., Aguilar, A., Ramírez, P. y López, E. (2011). Dos analogías en la enseñanza del concepto de modelo científico: análisis de las observaciones de clase. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6(1), 61-70. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.01
- Raviolo, A., Ramírez, P., y López, E. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 3(7), 581–612. https://doi.org/http://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.01
- Raviolo, A., Siracusa, P., Gennari, F., y Corso, H. (2004). Utilización de un modelo didáctico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados. *Enseñanza de Las Ciencias*, 22(3), 379–388. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3871>
- Rodríguez, J. (2013). Diseño, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para trabajar la enseñanza de los circuitos eléctricos en tercer ciclo de educación primaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 2(31), 275–284. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.812>
- Rubio, J., Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (2017). Percepción del profesorado de una propuesta de enseñanza utilizando analogías, sobre los estados de agregación de la materia. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra-X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 5455-5461.
- Rubio, J., Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (2018). Percepción de profesores y estudiantes de 3. ESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia. *Revista Eureka*, 15(2), 1-15. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2104
- Sztrajman, J., y Sztrajman, A. (2008). Enseñanza de la capacidad eléctrica por analogía con un cilindro de gas natural comprimido. *Enseñanza de Las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de la Ciencia*, 1851–1855. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02
- Tejera, C., Marrero, J., Escartín, N., González, B. y Fernández, J. (2008). *Ejemplificación del método de aprendizaje con analogías*. XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, ÁPICE, Almería.
- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Vasini, E. J., y Donati, E. R. (2001). Uso de analogías adecuadas como recurso didáctico para la comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel universitario inicial. *Enseñanza de Las Ciencias*, 3(19), 471–477. <https://doi.org/https://doi.org/10.36443/10259/128>
- Vázquez-Alonso, Á., y Manassero-Mas, M. A. (2016). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educar*, 53(1), 149. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.839>
- Velásquez, F. y Guaiqueriano, E. (2008). El uso de analogías en la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de la Ciencia*, 207-212. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02
- Zamorano, R. O., Gibbs, H. M., Moro, L. E., y Viau, J. E. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 3(3), 392–408. https://doi.org/https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i3.04

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Marrero Galván, J. J. y González Pérez, P. (2023) Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(1), 1101. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101