

Evaluación del efecto de la indagación guiada sobre la competencia científica en estudiantes de Educación Secundaria

Evaluation of the effect of guided inquiry on scientific competence in secondary school students

DOI: 10.7203/DCES.43.22909

Daniel Albertos Gómez

IES Carpe Diem de Fuenlabrada, dalbertos@educa.madrid.org

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6049-7766>

RESUMEN: Esta investigación tiene dos objetivos: aportar evidencia acerca de la eficacia de la metodología Inquiry Based Science Education (IBSE) para desarrollar la competencia científica de estudiantes de 12-13 años y establecer una manera fiable de evaluar dicho proceso de aprendizaje mediante un test diseñado ad-hoc. Se empleó un diseño cuasi-experimental, con tres grupos que realizaron un test con medidas antes y después del tratamiento. Dicho test obtuvo un valor de fiabilidad de 0,75 en el estadístico alfa de Cronbach. El análisis de la varianza realizado mostró que el grupo que recibió el tratamiento mejoró su rendimiento en competencia científica de manera significativa con respecto a los grupos que siguieron un tratamiento de enseñanza expositiva. Igualmente, se observó que el tamaño del efecto fue muy alto ($d = 1,2$). El test se ha comportado como una herramienta útil en la evaluación cuantitativa de habilidades científicas en estudiantes de 1º de ESO.

PALABRAS CLAVE: competencia científica, evaluación, indagación guiada, diseño cuasi-experimental, test

ABSTRACT: This research has two objectives: to provide evidence about the efficacy of the Inquiry Based Science Education (IBSE) methodology to develop the scientific competence of 12-13-year-old students and to establish a reliable way to evaluate that learning process through an ad-hoc designed test. A quasi-experimental design was used, with three groups performing a test with pre- and post- treatment measures. This test obtained a reliability statistic value of 0.75 in Cronbach's alpha. The analysis of variance showed that the group that received the treatment significantly improved its performance in scientific competence with respect to the groups that followed an expository teaching treatment. Likewise, it was observed that the effect size was very high ($d = 1.2$). The test has proven to be a useful tool in the quantitative assessment of scientific skills in first-year ESO students.

KEYWORDS: scientific competence, evaluation, guided inquiry, quasi-experimental design, test

Fecha de recepción: diciembre de 2021

Fecha de aceptación: diciembre de 2022

1. INTRODUCCIÓN

La competencia científica forma parte de los currículos educativos desde hace ya algunos años, gracias al marco europeo de competencias clave. Las pruebas PISA han aportado información relevante sobre las dimensiones teóricas de la competencia científica y sobre cómo evaluar ésta, pero no son suficientes para configurar una estrategia de enseñanza eficaz de la misma. Debemos buscar la forma de transformar el conocimiento que nos proporciona PISA en secuencias de actividades que desarrollen la competencia científica de nuestros estudiantes (Aguilar y Tapia, 2008).

Sin embargo, su desarrollo práctico en las aulas de Educación Secundaria plantea numerosos interrogantes. La implementación de la competencia científica en las aulas requiere un cambio profundo en las prácticas educativas, con intervención de diversos factores como la propia naturaleza de la competencia científica, cambios en los programas, un apropiado desarrollo curricular, la metodología didáctica apropiada, y la formación del profesorado, entre otros (Franco, Blanco y España, 2017). Destaca la falta de desarrollo profesional del profesorado en España con respecto al marco competencial como gran obstáculo para la enseñanza de dicha competencia (Couso, 2009). Igualmente, la enseñanza de las ciencias debe transmitir un conocimiento relevante para el alumnado, permitiéndole comprender fenómenos cotidianos que le sean de utilidad para desenvolverse en la sociedad actual. La meta de la alfabetización científica plantea el reto de encontrar los métodos de enseñanza más favorecedores del desarrollo de la competencia científica (Romero-Ariza, 2017).

Para responder a este reto, se ha diseñado y evaluado un programa de enseñanza-aprendizaje de la competencia científica, durante un curso escolar, con el alumnado de primer curso de ESO, en el marco de la materia de Biología y Geología y mediante una metodología de indagación guiada. La presente experiencia tuvo lugar en el IES Carpe Diem, de Fuenlabrada, en el marco del Proyecto XXI, proyecto de innovación que el centro viene desarrollando desde hace varios años.

2. OBJETIVOS

El estudio se ha realizado para conseguir los siguientes objetivos:

1. Evaluar la eficacia de la metodología de indagación guiada para desarrollar la competencia científica en estudiantes de 1º de ESO, en el marco de la materia de Biología y Geología, mediante un diseño cuasi-experimental, con grupo control y con medidas antes y después del tratamiento.
2. Diseñar, implementar y validar un test para medir la competencia científica en las tres dimensiones fundamentales que propone el modelo de la OCDE de 2015.

La consecución de dichos objetivos debe contribuir a aportar conocimiento, basado en la evidencia científica, que ayude a tomar mejores decisiones a la hora de diseñar programas educativos que aborden de forma explícita el desarrollo de la competencia científica en el alumnado.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Competencia científica

La finalidad de la enseñanza de las ciencias ha de contemplar tanto la formación de futuros científicos como la formación de una ciudadanía con capacidad crítica, usuarios informados de los conocimientos que produce la ciencia. La importancia de la alfabetización científica ha sido centro de discusión desde principios del siglo pasado. Sin embargo, el primero que delimitó las dimensiones del concepto para que pudieran ser traducidas en objetivos concretos en los currículos de ciencias fue Showalter (1974, en Lederman, 2018). Posteriormente, se fueron concretando dichas dimensiones en el contexto educativo norteamericano, a través de diversas actualizaciones llevadas a cabo por la

National Science Teachers Association (1982) y el National Research Council (1996, 2007 y 2012) que se transformaron en una serie de estándares de educación en ciencias.

En un mundo repleto de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural (NRC, 1996, p. 1).

La clave de estos documentos es que dibujan el paradigma dominante en la educación científica en los Estados Unidos. La ciencia debe enseñarse como un proceso de investigación, como actividad basada en la práctica. Dicha actividad, sin embargo, no debe tomarse como un medio para ilustrar o comprobar la explicación de los fenómenos naturales aportadas por el profesorado, sino como una herramienta para desarrollar una comprensión profunda de la naturaleza de la ciencia (Osborne, 2014). En un ámbito educativo más cercano al nuestro, la OCDE proporciona un marco teórico para la alfabetización científica, a través del desarrollo de la competencia científica, desde el año 2000, que va actualizando periódicamente. Éste sienta las bases de las evaluaciones PISA que realiza cada tres años dicho organismo internacional. La versión más reciente y completa, en lo que al marco teórico de la competencia científica se refiere, la describe compuesta de tres dimensiones: explicación científica de los fenómenos, evaluación y diseño de investigaciones científicas e interpretación de datos de forma científica (OECD, 2019). Dicho marco se compone, asimismo, de cuatro aspectos interrelacionados: contexto, competencias, actitudes y conocimiento.

El contexto no sólo incluye el ámbito escolar, sino que abarca situaciones del ámbito personal, familiar, local, nacional y global. Estos contextos requieren que el alumnado muestre unas determinadas habilidades científicas. La característica clave del aspecto contextual, en relación con las competencias, es que posibilita la capacidad del alumnado de transferir las mencionadas habilidades, junto con el conocimiento que implican, a una gran variedad de situaciones. Por otra parte, la capacidad de mostrar competencia científica estará influenciada, a su vez, por las actitudes que muestre el alumnado en cuanto al interés por la ciencia y la valoración que hagan de la misma.

En cuanto a la propia competencia científica, como se ha indicado anteriormente, se compone de tres dimensiones: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica, e interpretar datos y pruebas científicamente. Para poner en juego la capacidad de explicar fenómenos científicamente, el alumnado debe recordar los contenidos adecuados para interpretar y explicar un determinado fenómeno natural, para predecir posibles cambios en el mismo, para formular hipótesis, para movilizar modelos científicos, y también para realizar y justificar predicciones. En cuanto a la dimensión de evaluar y diseñar la investigación científica, el alumnado debe ser capaz de distinguir las cuestiones científicas de otro tipo de preguntas, de realizar las preguntas adecuadas en un determinado contexto, de reconocer las características de una investigación científica para poder proponer o evaluar formas de abordar una determinada pregunta y asegurarse de que dichas formas cumplen las premisas de calidad y fiabilidad de los datos. Finalmente, en lo referente a la interpretación de datos y pruebas científicamente, el alumnado debe tener la capacidad de interpretar datos presentados en diferentes formas y sacar conclusiones adecuadas a partir de los mismos. También, debe reconocer y evaluar argumentos basados en pruebas, extraídos de diferentes fuentes.

Para movilizar estas competencias, se necesitan tres tipos de conocimiento científico; de contenido, procedimental y epistémico. El conocimiento del contenido es el más habitual en nuestras aulas. Se trata de conocer los conceptos y principios fundamentales de la naturaleza, divididos en tres bloques: sistemas físicos, sistemas vivos, y sistemas terrestres y espaciales. El conocimiento procedimental, por su parte, se refiere al conocimiento de las características de la investigación empírica, su funcionamiento y la forma en la que se obtienen datos fiables y válidos. El conocimiento epistémico, por último, requiere comprender la función de cada paso de la metodología científica, sus

objetivos, la naturaleza de los razonamientos científicos, y la finalidad de la ciencia (OECD, 2016).

Este marco teórico tiene gran valor como guía para el profesorado que quiera iniciarse en el diseño de un programa educativo competencial (Muñoz y Charro, 2017). Asimismo, los ítems liberados de las pruebas PISA constituyen una herramienta útil en dos sentidos. Primero, para la elaboración de pruebas diagnósticas o sumativas; y, segundo, como aprendizaje de los constructos teóricos que subyacen a esta prueba. Este conocimiento permitirá al docente tener una visión más clara de cómo aplicar el marco teórico a su práctica educativa

3.2. Indagación guiada

El aprendizaje por indagación o, más concretamente, el Inquiry-Based Science Education (IBSE) comenzó su etapa de desarrollo tras la publicación de los National Science Education Standards en los años 90 por parte de las autoridades educativas norteamericanas. En el ámbito europeo, el despegue llegó más tarde, fundamentalmente a partir de la publicación de un informe de la Comisión Europea, dirigido por Michael Rocard en el que se afirma que la ISBE aumenta los niveles de logro y de motivación de los estudiantes de primaria y secundaria (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, y Hemmo, 2007). La Comisión Europea (2015), citado por Romero-Ariza (2017), define el enfoque de indagación como:

Un proceso complejo de construcción de significados y modelos conceptuales coherentes, en el que los estudiantes formulan cuestiones, investigan para encontrar respuestas, comprenden y construyen nuevo conocimiento y comunican su aprendizaje a otros, aplicando el conocimiento de forma productiva a situaciones nuevas no familiares. (p.289)

Las definiciones de indagación son numerosas y variadas, con lo que el concepto de indagación se convierte en polisémico. Se puede abordar la indagación desde tres puntos de vista. Primero, como una capacidad indagativa que debe desarrollar el alumnado y que puede tomar diferente graduación en la profundidad de su tratamiento, desde un carácter simplemente manipulativo hasta un desarrollo más profundo de las prácticas científicas. Segundo, como actividad inherente a la práctica de la ciencia por parte de los científicos, con un carácter epistémico de la enseñanza de las ciencias. Y, tercero, como una metodología de enseñanza de las ciencias, en el que se centra la atención en la forma de enseñar y aprender ciencias. Es esta última acepción la que se puede interpretar como propia de la IBSE y tiene una serie de características específicas, en contraposición a la enseñanza tradicional: se organiza en entornos de investigación; el estudiante adquiere un rol activo, guiado por el profesorado; la actitud y la motivación son protagonistas; el alumnado, que goza de autonomía, se plantea preguntas y usa u obtiene datos; y se diseña siguiendo las fases de la propia metodología científica (Couso, 2014).

Las intervenciones que recoge la literatura pedagógica bajo el paraguas de la indagación son múltiples, y se mueven en diferentes graduaciones según el grado de autonomía del estudiante y el nivel de guía recibido por parte del profesor (Romero-Ariza, 2017). En este sentido, Bevins y Price (2016) proponen una graduación de modelos de indagación según el grado de intervención del profesorado a la hora de guiar el proceso de aprendizaje del alumnado, estableciendo cuatro niveles y cinco dimensiones de destrezas, desde el nivel 0 en el cual el alumnado sólo realiza actividades de verificación, hasta el nivel 3 en el que la indagación es totalmente abierta.

La enseñanza de las ciencias mediante indagación ha evolucionado desde planteamientos de mera promoción de la indagación, centrados en aspectos manipulativos, hasta planteamientos más reflexivos, con un papel destacado del pensamiento crítico, la argumentación y la modelización. Un aspecto clave en los nuevos enfoques de indagación es la relación entre los datos y las pruebas, producto de la investigación, y las teorías y modelos explicativos (Couso, 2014). Esta tendencia de la indagación muestra un paralelismo con el actual marco teórico de PISA que evalúa la competencia científica (Romero-Ariza, 2017).

En España, la IBSE está en aún en una fase de desarrollo temprano, según muestra una amplia revisión de investigaciones publicadas en revistas especializadas en Didáctica de las Ciencias Experimentales en el ámbito nacional, desde el año 2007 hasta el 2017 (Aguilera, Martín, Rodríguez, Ruiz, Williams, Vélchez y Perales, 2018). De los 55 artículos seleccionados de este período, si bien casi la mitad corresponden a experiencias desarrolladas en Educación Secundaria, la mayoría, un 60 %, son trabajos teóricos. Del resto, el diseño más repetido constituye la descripción de una experiencia didáctica, siendo el estudio de caso el diseño de carácter empírico más utilizado. Finalmente, el diseño experimental ocupa una presencia residual, no superando el 10 %. En este sentido, el presente estudio aporta un caso práctico de implementación de la metodología IBSE en el aula, utilizando un diseño empírico que, basado en el rigor metodológico, permite obtener evidencias y cuantificar efectos.

El modelo de Pedaste, Mäeots, Siiman, De Jong, Van Riesen, Kamp y Tsourlidaki (2015) constituye una aproximación muy completa a la práctica de la indagación guiada. Se compone de varias fases:

1. Orientación: se introduce el tema de investigación por parte del profesorado, fomentando el interés del alumnado y motivándoles para afrontar el reto. Un aspecto clave es finalizar con la declaración del problema.
2. Conceptualización: se busca comprender los conceptos que pertenecen al problema definido anteriormente. Se divide en dos subfases. La primera es la generación de la pregunta de investigación, derivada del problema inicial y, la segunda, la formulación de una hipótesis que intente contestar adecuadamente a la misma.
3. Investigación: fase activa en la que se busca una respuesta a la pregunta de investigación o a la hipótesis planteada. Consta de tres subfases, exploración, experimentación e interpretación de datos. Durante la exploración se investiga para encontrar la relación entre las variables de estudio, no siendo necesario partir de una hipótesis. En cambio, la subfase de experimentación pretende encontrar pruebas que apoyen la hipótesis de investigación, definiendo el control o la variación de las variables al plantear el experimento. Tanto si el proceso se dirige hacia la exploración como si lo hace hacia la experimentación, se deben recoger datos, que se interpretarán en la última subfase.
4. Conclusión: a raíz de la interpretación de los datos anteriores, se sacarán las conclusiones oportunas, volviendo a considerar si el análisis de los datos responde o apoya a la pregunta o la hipótesis planteada en la fase de conceptualización.
5. Discusión: se compone de dos subfases, comunicación y reflexión. La comunicación, como proceso externo, implica que el alumnado presenta sus conclusiones a los demás. En contraposición, la reflexión es un proceso de carácter interno en el que el alumnado piensa sobre el proceso realizado y sus resultados.

Para utilizar este ciclo correctamente se deben tener en cuenta algunas consideraciones. Las subfases de la conceptualización pueden darse de forma independiente, de tal forma que si se opta por la pregunta iniciaremos un proceso de investigación inductivo que seguirá con la exploración en la siguiente fase. Mientras que, si decidimos partir de la hipótesis, elegiremos la opción deductiva, que continuará con la posterior fase de experimentación. Cabe, además, unir estas dos opciones en una secuencia lineal, con una pregunta a la que le sigue la hipótesis correspondiente. Para decidir qué camino seguir, la clave es fijarse en las preconcepciones del alumnado sobre el problema planteado en la fase de orientación. En función de estos conocimientos previos, puede ser más conveniente que comiencen con preguntas que guíen un proceso de exploración o, en cambio, plantear hipótesis y seguir el camino de la experimentación. Al finalizar el ciclo, en las conclusiones, se puede decidir, si el análisis de los datos obtenidos así lo aconseja, volver a la pregunta o a la hipótesis para plantear otras nuevas e iniciar otro nuevo ciclo. Además, hay flexibilidad para comenzar el ciclo de varias formas (Pedaste et al., 2015).

4. MARCO METODOLÓGICO

El mencionado ciclo de indagación guiada se muestra como una metodología bastante alejada de la enseñanza tradicional. Por ello, cabría preguntarse si obtendrán mejores resultados, en términos de competencia científica, los y las estudiantes que siguen una enseñanza de la ciencia basada en la indagación guiada que los que siguen una metodología tradicional expositiva. Para contestar esta pregunta se ha realizado un contraste de hipótesis, partiendo de la siguiente hipótesis nula:

No hay diferencias estadísticamente significativas, en cuanto al desarrollo de la competencia científica, entre los estudiantes que siguen una metodología de enseñanza de la ciencia basada en la indagación guiada y los que siguen una metodología tradicional expositiva de enseñanza de la misma.

Se fija el nivel de significación alfa en 0,01, para minimizar la posibilidad de cometer un error de tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Se realiza la prueba estadística paramétrica F, en el contexto de un diseño de investigación cuasi-experimental. El diseño (Tabla 1) es el apropiado al contar con grupos naturales. La muestra está formada por 60 estudiantes de 12-13 años de un instituto de Fuenlabrada (Madrid), pertenecientes a tres grupos de 1º de ESO. Uno de los grupos, con 20 alumnos y alumnas, constituye el grupo experimental, mientras que los dos restantes, con 20 estudiantes cada uno, conforman el control. Todos los grupos realizaron una prueba de competencia científica antes del tratamiento, a principios de curso, volviendo a realizar la misma prueba al finalizar el mismo.

TABLA 1. Diseño de investigación

Grupo	Número	Pretest	Variable independiente	Postest
Experimental	20	SI	Indagación guiada	SI
Control	40	SI	Instrucción tradicional	SI

Fuente: Elaboración propia

4.1 Análisis del instrumento

El instrumento para medir la competencia científica de los estudiantes consistió en una prueba objetiva, cuyo piloto se testó en el curso 2017-18 con el objetivo de medir y mejorar su fiabilidad. Analizando los resultados, se modificaron algunos ítems y se eliminaron otros, de tal forma que se redujo el tamaño de la prueba de 36 ítems iniciales a 24 ítems en la versión final. Se decidió utilizar el mismo instrumento tanto para el pretest como para el postest debido a que el tiempo transcurrido entre las dos pruebas, de 9 meses, es suficientemente amplio como para que la influencia del factor recuerdo no contamine los resultados.

Para obtener una prueba óptima es necesario analizar sus elementos con el objetivo de asegurar una buena fiabilidad y validez con el menor número posible de ellos. La fiabilidad se identifica con la precisión en la medida y nos garantiza que obtendremos puntuaciones similares cada vez que utilicemos la misma prueba. Una fiabilidad alta en el test nos indica que la muestra de sujetos se ordena en función de su nivel de competencia científica. La validez, por su parte, nos asegura que el test mide realmente aquello que dice medir.

En lo referente a la validez, se estudió la validez de contenido a partir del análisis de los elementos de la prueba por parte de cuatro profesores del Departamento de Biología y Geología. El

objetivo de dicho análisis fue buscar relaciones entre las dimensiones de la competencia científica, sus habilidades concretas, y el tipo de conocimiento que subyacen en cada ítem, con el objeto de establecer si la prueba diseñada seguía las recomendaciones de las pruebas PISA en cuanto a la distribución de dimensiones y de tipos de conocimiento. El proceso empezó con la descripción de las habilidades o procesos que cada uno de los ítems demandaba. A continuación, se relacionaron dichos procesos con las tres dimensiones de la competencia científica. En paralelo, se clasificaron los citados procesos según el tipo de conocimiento que requerían. En el caso del conocimiento de contenido, este tipo se subdividió en dos bloques, los sistemas terrestre y espacial, por un lado, y los seres vivos, por otro. El resultado del análisis (Tabla 2) nos lleva a establecer que la distribución de ítems por dimensiones es bastante similar a la que muestran las pruebas PISA para la competencia científica. En el test, los porcentajes para las dimensiones explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica e interpretar datos y pruebas científicamente son, respectivamente, 50 %, 25 % y 25 %. En PISA, estos porcentajes son 40-50 %, 20-30 % y 30-40 %, respectivamente. En cuanto a la distribución deseada de ítems por tipo de conocimiento, PISA recomienda 54-66 %, 19-31 % y 10-22 % para conocimiento de contenido, procedimental y epistémico, respectivamente. En la prueba, la distribución fue 54 %, 21 % y 25 %, respectivamente.

TABLA 1. Dimensiones y tipos de conocimiento de los ítems de la prueba

	Conocimiento de contenido		Conocimientos procedimental (Pr) y epistémico (Ep) (11 ítems)
	Sistemas terrestre y espacial (8 ítems)	Sistemas vivos (5 ítems)	
Explicar fenómenos científicamente (12 ítems)	Ítem 2: interpretar y explicar un fenómeno Ítem 7: identificar predicciones adecuadas Ítems 8 y 9: reconocer la explicación adecuada Ítem 10: interpretar fenómenos y predecir posibles cambios Ítem 13: identificar y utilizar modelos explicativos Ítem 19: reconocer y aplicar el conocimiento para explicar un fenómeno	Ítem 14: interpretar fenómenos Ítem 15: interpretar fenómenos y predecir cambios Ítems 20, 21 y 24: reconocer y aplicar el conocimiento científico para explicar un fenómeno	
Evaluar y diseñar la investigación científica (6 ítems)			Ítem 1: reconocer la cuestión que puede investigarse (Ep) Ítem 5: distinguir una cuestión científica de otras formas de investigación (Ep) Ítem 16: identificar la cuestión estudiada en un estudio (Ep) Ítems 17, 18 y 23: conocer las características clave de la investigación científica (Ep)
Interpretar datos y pruebas científicamente (6 ítems)	Ítem 12: interpretar el significado de las pruebas		Ítems 3 y 4: analizar e interpretar datos y sacar conclusiones pertinentes (Pr) Ítem 6: evaluar argumentos (Pr) Ítem 11: interpretar datos en forma de gráfica (Pr) Ítem 22: evaluar conclusiones (Pr)

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente enlace se puede obtener la prueba completa:

<https://guiadepensamientocritico.files.wordpress.com/2021/09/prueba-competencia-cientificaleso.pdf>

4.2 Tratamientos

El tratamiento de los grupos que actuaron como control consistió en una instrucción tradicional, con un enfoque basado en los contenidos y con el libro de texto como guía fundamental. El tratamiento del grupo experimental, por su parte, se implementó bajo una metodología de indagación guiada, con un enfoque competencial y con materiales específicos coherentes con dicha metodología. Los dos tratamientos fueron realizados por profesores diferentes, ambos con experiencia en las metodologías respectivas, a lo largo del curso 2018-19.

El tratamiento por indagación realizado en el grupo experimental constituyó una combinación de enseñanza guiada y estructurada, tal y como proponen Bevins y Price (2016). En el lado estructurado, los y las estudiantes pudieron concretar las preguntas que se les propusieron, recibieron datos para su análisis, se les facilitó ejemplos de cómo se usan las pruebas para realizar explicaciones, se proporcionaron posibles conexiones con el conocimiento científico, y se les dio directrices para enfocar correctamente la comunicación. En el lado guiado, los y las estudiantes seleccionaron preguntas y plantearon otras nuevas, se les orientó para la búsqueda de datos, se les guió en el proceso de realizar explicaciones a partir de pruebas, se les dirigió hacia áreas de conocimiento científico, y se les orientó en las estrategias de comunicación adecuadas. Al principio de la intervención, en los primeros meses, se siguió una enseñanza más estructurada, pasando, gradualmente, a la versión guiada.

La estructura del tratamiento experimental fue similar a la de la prueba, en cuanto a dimensiones de la competencia científica y tipo de conocimiento. En cada una de las siete unidades didácticas implementadas se trabajó un ciclo de indagación completo. Dichas unidades se corresponden con los siguientes temas: Universo y la Tierra; la hidrosfera y la atmósfera, la geosfera, la biosfera, la clasificación de la vida; y los ecosistemas. El resto de las actividades fueron diseñadas para desarrollar específicamente determinadas habilidades de las propuestas por el marco teórico de la OCDE de 2015. Se prestó atención especial a la modelización y a la argumentación, aspectos que deben ser protagonistas en la indagación de calidad (Couso, 2014; Romero-Ariza, 2017).

A continuación, se ilustra el uso de un ciclo de consulta, siguiendo el modelo de Pedaste et al. (2015), mediante un ejemplo sobre el estudio de las estaciones enmarcado dentro de la unidad del Universo y la Tierra:

- Fase de contextualización:

- Actividad de iniciación: solemos asociar la Navidad con el invierno, el frío y el abrigo. El Sol hace un recorrido muy corto por el cielo y hay pocas horas de luz. Pero no en todos los lugares de nuestro planeta sucede así. En Australia, por ejemplo, celebran las fiestas navideñas en bañador, puesto que el Sol sube muy arriba y su recorrido es más largo. Del mismo modo, todos hemos podido comprobar las diferencias de recorrido del Sol en un mismo lugar en distintas épocas del año. En Fuenlabrada, por ejemplo, el Sol sube más alto en el cielo en verano que en invierno.

Planteamiento didáctico: la situación es conocida por el alumnado ya que es habitual ver imágenes, en los medios de comunicación, de las celebraciones navideñas de diferentes países. Asimismo, en la discusión inicial podrán aflorar las ideas previas del alumnado. En ese momento, el profesorado guiará al alumnado hacia la combinación de traslación con inclinación del eje terrestre como mejor explicación a la existencia de estaciones. Es posible que algunos estudiantes identifiquen sólo el movimiento de traslación como causante de las estaciones, pensando erróneamente que la distancia Tierra-Sol es la clave.

En este caso, es conveniente pedir a dichos estudiantes que busquen los datos de afelio y perihelio y las épocas del año correspondientes.

• Fase de conceptualización:

- Actividad 1: indica cuál de las siguientes cuestiones es la más correcta como pregunta de investigación:
 - a) ¿Por qué el Sol está más arriba en verano que en invierno?
 - b) ¿Qué provoca la existencia de diferentes estaciones a lo largo del año?
 - c) ¿Hay alguna diferencia en la posición del Sol en las diferentes estaciones?
 - d) ¿Qué diferencias de inclinación de los rayos solares se observan en diferentes estaciones?

Planteamiento didáctico: la pregunta debe cumplir dos características para que sea investigable. Por un lado, debe sugerir la relación causal entre las variables y, por otro, debe poder ser respondida mediante análisis de datos. Por ello, la cuarta opción es la más adecuada.

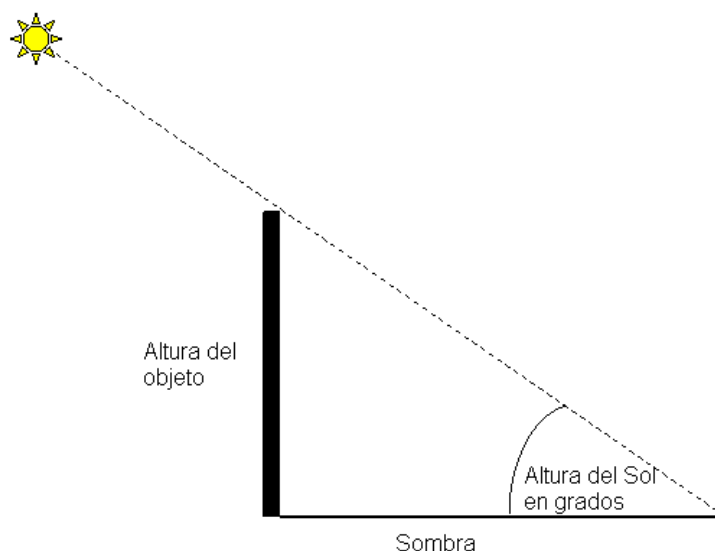
- Actividad 2: formula una hipótesis que conteste a la pregunta.

Planteamiento didáctico: la hipótesis debe ser coherente con la pregunta y reflejar la relación de causalidad entre las variables independiente y dependiente. Por ejemplo, los rayos solares tienen un mayor grado de inclinación en verano que en invierno.

• Fase de investigación:

- Actividad 3: mide experimentalmente la inclinación de los rayos solares, según se muestra en el dibujo y utiliza la fórmula para calcular su grado de inclinación (Figura 1). Para calcular la inclinación de los rayos solares, hay que tomar dos medidas y realizar un cálculo matemático. Coge un palo recto, por ejemplo, el de una escoba, y mide su longitud en cm. Después ponla en el suelo y procura que le dé el Sol, a las 12 h del mediodía solar, que es cuando el Sol está más alto en el cielo. Mide la longitud de la sombra en cm. Lleva estos dos datos a la fórmula matemática y obtendrás los grados de inclinación.

FIGURA 1. Cálculo experimental de la inclinación de los rayos solares



$$\text{Inversa de la tangente del ángulo (grados)} = \frac{\text{longitud del objeto (cm)}}{\text{longitud de la sombra (cm)}} =$$

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, inserta el dato obtenido en la tabla con los grados de inclinación en otros momentos del año (Tabla 3), y complétala con los nombres de las estaciones correspondientes.

TABLA 3. Inclinación de los rayos solares en la localidad de

DÍA DEL AÑO	INCLINACIÓN RAYOS SOLARES (grados)	ESTACIÓN
21 Diciembre	26	
31 Enero	32	
15 Febrero	37	
2 Marzo	42	
20 Marzo	49	
16 Abril	60	
1 Mayo	65	
31 Mayo	71	
21 Junio	73	
15 Julio	71	
30 Julio	68	
29 Agosto	59	
23 Septiembre	49	
28 Octubre	37	
27 Noviembre	29	
12 Diciembre	28	

Fuente: Elaboración propia

Planteamiento didáctico: esta actividad tiene un gran potencial didáctico puesto que muestra a los estudiantes la necesidad de tomar datos que apoyen las hipótesis. Una vez obtenidos los mismos, es necesario ayudarles a realizar el cálculo correcto. La inserción de dicho resultado en la tabla otorga sentido al caso de estudio mostrando la coherencia con el resto de los datos.

- Fase de conclusión:

- Actividad 4: convierte los datos de la tabla en una gráfica de barras para su mejor interpretación. ¿A qué conclusión se llega después de analizar los resultados del experimento?

Planteamiento didáctico: analizar los datos en forma de gráfica ayuda al alumnado a relacionar las estaciones con diferentes grados de inclinación de los rayos solares. Así, puede llegar más fácilmente a concluir que la hipótesis es correcta.

- Fase de discusión:

- Actividad 5: muestra tus hallazgos a los demás compañeros. Puedes utilizar dibujos, maquetas, simulaciones o cualquier otro recurso que te pueda ayudar en tu argumentación.
- Actividad final: comparte tus reflexiones sobre la investigación realizada.

Planteamiento didáctico: cada alumno, o grupo, si se ha planteado como trabajo cooperativo, expone su investigación a los demás compañeros de la clase, con la ayuda de cualquier medio de modelización que permita una mejor comprensión del fenómeno estudiado. Los modelos pueden ser generados por el alumnado o facilitados por el profesorado en aquellos casos en los que el alumnado necesite esa ayuda. Se fomentará especialmente la capacidad de argumentación. Posteriormente, para finalizar, se realiza una reflexión conjunta para desarrollar tanto la comprensión de la naturaleza de la ciencia como el pensamiento crítico de los estudiantes.

5. RESULTADOS

5.1 Valoración de la prueba de competencia científica

Los análisis estadísticos se han realizado con la ayuda del programa Excel. En cuanto al análisis de la fiabilidad de la prueba, se utilizaron dos procedimientos. Por un lado, se calculó su consistencia interna utilizando el coeficiente alfa de Cronbach. En la prueba piloto, el valor de alfa fue 0,68, mientras que en la prueba aplicada en la investigación arrojó un valor de 0,75. Por tanto, el valor de alfa obtenido indica una buena consistencia interna (Oviedo y Arias, 2005).

Por otro lado, se calculó la capacidad de discriminación de los ítems de la prueba. Dicha discriminación se puede valorar mediante el índice de homogeneidad, que nos indica el grado en que un ítem cualquiera de la prueba mide la misma variable que todos los demás. Se obtuvo mediante la correlación entre la puntuación de cada ítem y la puntuación total de la prueba. Se revisaron o eliminaron aquellos ítems por debajo de 0,30 en el índice de homogeneidad (Tabla 4). Si $p \geq 0,40$, el ítem tiene gran poder discriminativo, si $0,30 \leq p \leq 0,39$ la discriminación es aceptable, si $0,20 \leq p \leq 0,29$ el ítem discrimina poco y necesita una revisión, si $p \leq 0,20$ el ítem no es adecuado y debe ser modificado o eliminado (Ebel y Frisbie, 1986). Por tanto, se revisaron 12 de los 36 ítems de la prueba piloto y se eliminaron otros 12, de tal forma que los valores de discriminación de la mayoría de los ítems seleccionados para el test de competencia científica fueron buenos o excelentes, garantizándose de esta manera la consistencia interna de la prueba.

TABLA 4. Índices de homogeneidad de los ítems de la prueba

Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8
Homogeneidad	0,395	0,400	0,336	0,418	0,282	0,349	0,436	0,308
Ítems	9	10	11	12	13	14	15	16
Homogeneidad	0,472	0,514	0,399	0,411	0,396	0,411	0,469	0,419
Ítems	17	18	19	20	21	22	23	24
Homogeneidad	0,470	0,453	0,347	0,446	0,453	0,208	0,298	0,340

Fuente: Elaboración propia

5.2 Contraste de hipótesis

Al realizar el ANOVA (Tabla 5) se puede observar que no hay diferencia significativa entre los grupos experimental y control al comienzo de la investigación ya que el valor de F obtenido, 0,0085, es menor que el valor crítico de 7,314 para distribuciones de una cola. En cambio, al finalizar el tratamiento las diferencias entre los dos grupos sí son estadísticamente significativas, ya que F arroja un valor de 19,1052, mayor que el mencionado valor crítico.

TABLA 5. Resultados del ANOVA

PRETEST					
FUENTE VARIACIÓN	SC ¹	GL ²	MC ³	F ⁴	P-valor
ENTRE GRUPOS	0,1333	1	0,1333	0,0084	0,927
DENTRO GRUPOS	910,85	58	15,7043		
TOTAL	910,9833	59	15,4403		

POSTEST					
FUENTE VARIACIÓN	SC	GL	MC	F	P-valor
ENTRE GRUPOS	316,875	1	316,875	19,1052	0,000086
DENTRO GRUPOS	961,975	58	16,5857		
TOTAL	1278,85	59	21,6754		

Nota. 1. Suma de los cuadrados, 2. Grados de libertad, 3. Media cuadrática, 4. Estadístico F.

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la siguiente hipótesis alternativa:

Existen diferencias estadísticamente significativas, en cuanto al desarrollo de la competencia científica, entre los estudiantes que siguen una metodología de enseñanza de la ciencia basada en la indagación guiada y los que siguen una metodología tradicional de enseñanza de la misma.

El tamaño del efecto de la mejora en competencia científica del grupo experimental se ha calculado mediante la d de Cohen, cuando el tamaño de los grupos es desigual. El valor obtenido es 1,217, lo que nos permite afirmar que el efecto es fuerte (Cohen, 1988) o muy fuerte (Sawilowsky, 2009).

Para conocer qué porcentaje de la varianza es explicada por la variable independiente se ha calculado η^2 , dando un valor de 0,2478. Por tanto, el porcentaje de varianza total explicada por el uso de la metodología IBSE es del 24,78 %. En el contexto del ANOVA también se puede interpretar la varianza total explicada mediante la razón de correlación. En este caso, $r = 0,4978$, lo que se interpreta como un efecto grande (Cohen, 1988).

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aún muchos profesores, al menos en la etapa Secundaria, siguen defendiendo la instrucción tradicional, centrada en el docente y en los contenidos del libro de texto, como la mejor forma de enseñar ciencias. Algunos autores, críticos con la enseñanza basada en la investigación (Kirschner, Sweller y Clark, 2006), defienden esta postura, que se puede ver apoyada por cierta interpretación en los informes de las pruebas PISA. Así, en el informe de ciencias de 2015 (OECD, 2016) se asocia positivamente el rendimiento en ciencias con la metodología de enseñanza dirigida por el docente, mientras que se encuentra una relación negativa entre el rendimiento de los estudiantes en ciencias y la metodología de enseñanza basada en la investigación. Sin embargo, un reciente estudio que analiza los resultados del correspondiente informe español pone en duda algunas cuestiones metodológicas, concluyendo que el índice utilizado no mide adecuadamente la enseñanza dirigida por el profesor y que no está justificado la suposición de que esa metodología produzca mejores resultados en los estudiantes de ciencias (Álvarez, Carleos, Corral y Prieto, 2018).

Por otra parte, existe numerosa evidencia a favor de la enseñanza basada en la investigación como metodología óptima para que el alumnado aprenda ciencias. Cabe destacar las tres revisiones más recientes realizadas sobre el efecto del enfoque metodológico IBSE (Alfieri, Brooks y Aldrich, 2011, en Pedaste et al., 2015; Furtak, Seidel, Iverson y Briggs, 2012, y Lazonder y Harmsen, 2016, en Romero-Ariza, 2017). Los resultados, que comentamos a continuación, son coherentes con los obtenidos en la presente investigación, en la que se ha constatado una mejora significativa en habilidades científicas obtenidas por los estudiantes que han seguido una metodología de aprendizaje basada en la indagación, en comparación con los que siguieron una metodología tradicional, centrada en el docente.

En el primer metanálisis, Alfieri et al. (2011) compararon la metodología por indagación con otros métodos, como la instrucción directa o la investigación por descubrimiento, llegando a la conclusión de que la enseñanza por indagación es mejor forma de aprendizaje de las ciencias que las

otras dos, con un tamaño de efecto medio de $d = 0,30$. A una conclusión similar llegaron Hussain, Azeem y Shakoor (2011) en una investigación con estudiantes de Educación Secundaria en la materia de Física, en la que compararon cuatro tratamientos, tres de indagación y uno tradicional, utilizando una metodología experimental, con pretest y postest. Los resultados mostraron que la indagación guiada, la indagación no guiada y la combinación de ambas son mejores métodos para la enseñanza de la física que la metodología tradicional.

Por su parte, Furtak et al. (2012) realizaron una revisión exhaustiva de artículos de gran calidad científica, experimentales o cuasi-experimentales, con diseño pre-post test y con grupo control. Clasificaron los trabajos en función del tipo de actividades que predominaban en la metodología por indagación utilizada en los estudios: procesuales, epistemológicas, conceptuales y sociales. Asimismo, también clasificaron los trabajos en intervenciones con menor o mayor guía por parte del profesorado. Los resultados mostraron que las investigaciones guiadas por el profesor tuvieron un tamaño del efecto 0,40 superior que las investigaciones no guiadas. Además, encontraron un tamaño medio de efecto de $d = 0,50$, con un mayor impacto de aquellos en los que contaban con actividades epistemológicas.

En este sentido, existe suficiente evidencia, tras numerosos años de investigación en el campo de enseñanza de las ciencias, de que una enseñanza explícita es más efectiva que una enseñanza implícita para mejorar el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia (Acevedo, 2009). Más aún, dentro de la opción de enseñanza explícita, sería más conveniente utilizar un enfoque de infusión, en el que se instruye explícitamente en las habilidades a desarrollar en los estudiantes desde el interior de una disciplina, en este caso, Biología y Geología. Una revisión de 117 estudios en el campo de la habilidad de pensamiento crítico, muy asociada a diferentes dimensiones de la competencia científica, como la argumentación, comparó diferentes formas de instrucción, concluyendo que la manera más conveniente de enseñar una determinada habilidad de pensamiento es a través de la integración de la instrucción explícita con el contenido académico (Abrami, Bernard, Borokhovski, Wade, Surkes, Tamim y Zhang, 2008).

Por último, en la revisión de Lazonder y Harmsen (2016), con criterios de selección similares a la revisión anterior, se clasificaron los estudios en orden a resultados de aprendizaje y tipo de guía. La indagación guiada mostró un efecto positivo, con tamaños de efecto diferentes en función del resultado de aprendizaje analizado, con $d = 0,66$ en habilidades de investigación, con $d = 0,71$ en calidad de los procesos producidos por los estudiantes, y con $d = 0,50$ en el propio aprendizaje de los mismos.

Por tanto, hay evidencia más que suficiente para afirmar que la aplicación del enfoque de indagación guiada favorece la adquisición de competencias relacionadas con la metodología científica y, en este sentido, es mejor opción que la enseñanza de las ciencias tradicional, basada en contenidos y en el uso de libro de texto como herramienta docente principal. Además, ofrece muchas otras ventajas, señaladas en la revisión de Aguilera et al (2018), como fomentar la autonomía del alumno, incentivar el trabajo cooperativo, generar actitudes positivas hacia la ciencia, elevar la motivación y satisfacción hacia el aprendizaje de las ciencias, mejorar la adquisición de contenidos, favorecer la reflexión y el pensamiento crítico, tomar conciencia de la utilidad del conocimiento científico en la vida de los estudiantes, etc.

En cuanto a la presente investigación, una instrucción de este tipo ha favorecido que los estudiantes del grupo experimental hayan desarrollado competencias científicas a las que los estudiantes del grupo control no han tenido prácticamente oportunidad de acceder, fundamentalmente las de tipo procedimental y epistémico. Al proponer a los participantes del grupo experimental investigaciones auténticas, como por ejemplo investigar cuál es el efecto de diferente cantidad de agua en el crecimiento de plantas de lenteja, se desarrollan aspectos de la alfabetización científica como la argumentación o el control de variables en la experimentación que, por el contrario, no han sido fomentados en el resto de estudiantes.

Dichas diferencias han sido correctamente detectadas por el instrumento de evaluación diseñado, que contiene una proporción adecuada de ítems de las tres dimensiones que conforman el actual marco de competencia científica de la OCDE. Por ello, sería interesante desarrollar instrumentos similares en otros cursos de la educación secundaria. En este sentido, cabría recomendar que, cuando se comience este tipo de metodología con estudiantes sin experiencia en la misma, es conveniente partir de una estrategia de indagación estructurada por parte del profesorado. Así, en las primeras semanas, sería más oportuno que el profesor detallase las instrucciones acerca de cómo resolver las cuestiones que se van planteando en el aula. Posteriormente, a medida que el alumando vaya adquiriendo experiencia en resolver actividades científicas, se podría ir introduciendo la modalidad guiada.

Es evidente que la práctica de la indagación guiada requiere un cambio metodológico que, necesariamente, debe venir de la mano de una actualización profunda de la formación docente. Como es bien conocido, la práctica docente va más allá del conocimiento del contenido de la materia, siendo imprescindible el llamado conocimiento del contenido pedagógico (Kunter, Klusmann, Baumert, Richter, Voss y Hachfeld, 2013). Aunque en la actualidad estamos asistiendo a una aceleración del paradigma competencial, gracias a los nuevos currículos, la realidad de las aulas de ciencias en España sigue todavía muy ligada a la instrucción directa de conceptos. En este sentido, los resultados de este estudio podrían motivar a otros docentes de Educación Secundaria a iniciar un cambio metodológico real en la enseñanza de las ciencias.

Referencias

- Abrami, P.C., Bernard, R.M., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M.A., Tamim, R., y Zhang, D. (2008). Instructional interventions affecting critical thinking skills and dispositions: A stage 1 meta-analysis. *Review of Educational Research*, 78(4), 1102-1134. DOI: 10.3102/0034654308326084
- Acevedo-Díaz, J.A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, Nueva Jersey y Tenenbaum, HR (2011). ¿La instrucción basada en el descubrimiento mejora el aprendizaje? *Revista de psicología educativa*, 103(1), 1. DOI: 10.1037/a0021017.supp
- Aguilera Morales, D., Martín Páez, T., Rodríguez, V., Ruiz Delgado, Á. Williams, L., Vílchez-González, J.M. y Perales, F. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-274. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-381-388
- Álvarez Morán, S., Carleos Artime, C.E., Corral Blanco, N.O. y Prieto Rodríguez, E. (2018). Metodología docente y rendimiento en PISA 2015: Análisis crítico. *Revista de Educación*, 379, 85-113. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-379-370
- Aguilar, M. y Tapia, A. (2008). *PISA en el Aula: Ciencias*. México: Instituto Nacional para la Evaluación.
- Bevins, S. y Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29. DOI: 10.1080/09500693.2015.1124300
- Cohen, J. (1988). *Análisis de poder estadístico para las ciencias del comportamiento* (2ª ed.). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Editores.
- Couso D. (2009). Y después de PISA, ¿qué? Propuestas para desarrollar la competencia científica en el aula de ciencia de profesores en ejercicio y futuros profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, extra*, VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias, 3547-3550.

- Couso, D. (2014). *De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica*. Ponencia a los XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Huelva.
- Ebel, R.L. y Frisbie, D.A. (1986). *Essentials of Educational Measurement*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Franco Mariscal, A.J., Blanco López, Á. y España Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 38-53. DOI: 10498/18845
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. y Briggs, D.C. (2012). Estudios experimentales y cuasiexperimentales de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación: un metaanálisis. *Revisión de la investigación educativa*, 82(3), 300-329. DOI:10.3102/0034654312457206
- Hussain, A., Azeem, M. y Shakoor, A. (2011). Physics teaching methods: scientific inquiry vs traditional lecture. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(19), 269-276.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. y Clark, R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. DOI: 10.1207/s15326985ep4102_1.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. y Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805. DOI: 10.1037/a0032583.
- Lazonder, A.W. y Harmsen, R. (2016). Metaanálisis del aprendizaje basado en la investigación: efectos de la orientación. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. DOI:10.3102/0034654315627366.
- Lederman, N.G. (2018). La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 5-22. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2661.
- Muñoz, J. y Charro, E. (2017). Los ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de los conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 317-338. DOI: 10498/19220.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press. DOI:10.17226/4962.
- National Research Council (2007). *Taking science to school*. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/11625.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press. DOI: 10.17226/13165.
- National Science Teachers Association (1982). *Science-technology-society: Science education for the 1980s*. Washington, DC.
- OECD (2016). *PISA 2015 Science Framework, in PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: PISA OECD Publishing. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>. (20 de mayo de 2020).
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: PISA OECD Publishing. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>. (11 de octubre de 2022).
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. DOI: 10.1007/s10972-014-9384-1.
- Oviedo, H.C. y Arias, A. C. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4), 572-580.

- Pedaste M., Mäeots M., Siiman L.A., De Jong T., Van Riesen S.A., Kamp E.T. y Tsourlidaki E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review* 14, 47-61, DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D. Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Rocard report of the European Commission. Science education now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. Bruselas: European Commission.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿Existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 286-299. DOI: 10498/19218.
- Sawilowsky, S.S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), 597-599. DOI: 10.22237/jmasm/1257035100.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Albertos Gómez, D. (2022). Evaluación del efecto de la indagación guiada sobre la competencia científica en estudiantes de Educación Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 43, 141-156. DOI: 10.7203/DCES.43.22909