

## Inmersión en el mundo de la nano-ciencia a través de una experiencia de indagación guiada con alumnos de Educación Secundaria

Jorge Pozuelo Muñoz. Universidad de Zaragoza  
Esther Cascarosa Salillas. Universidad de Zaragoza

Recepción: 17.10.2018 | Aceptado: 22.11.2018

Correspondencia a través de **ORCID**: Esther Cascarosa  **0000-0002-3696-7673**

Citar: Pozuelo Muñoz, J. y Cascarosa Salillas, E. (2018). Inmersión en el mundo de la nano-ciencia a través de una experiencia de indagación guiada con alumnos de Educación Secundaria. *ReiDoCrea*, 7, 376-387.

**Resumen:** En este trabajo se presenta un proyecto de inmersión en el mundo de la ciencia a escala nanométrica. Este proyecto se desarrolló con alumnos de 4º de ESO, a los que se les presentó un fenómeno sobre el que tenían que indagar. Dicho fenómeno consistió en la aplicación de un aerosol sobre muestras textiles observando como este aerosol evitaba que los textiles se ensuciaran. El objetivo principal de la experiencia ha sido analizar las destrezas que los alumnos han desarrollado en el proceso para dar explicación al fenómeno observado. Se ha prestado especial atención al tipo de preguntas que éstos formularon a lo largo de la actividad. A partir de las preguntas, se han analizado las destrezas y su nivel de desempeño en esta experiencia de indagación en grupo colaborativo. Se puede concluir que los niveles de desempeño relacionados con la planificación y la observación son bajos. Por otro lado, parte del alumnado ha conseguido dar explicación al fenómeno planteando las preguntas adecuadas.

**Palabras clave:** Indagación | Aprendizaje Colaborativo | Nanotecnología

***Immersion in the world of Nano-science through an inquiry guided experience with high school students***

**Abstract:** This paper presents a project of immersion in the world of science to scale Nano. This project was developed with the students of 4º CSE. These were presented with an unknown phenomenon on which to enquire. This phenomenon consisted in the application of an aerosol on textile samples observing how this spray prevented the textiles from getting dirty. The main goal has been to analyse the skills developed by the students in the process of explanation to the observed phenomenon. Special attention to the kinds of questions they made throughout the process has been paid. From these questions, the skills and their level of performance has been studied in this experience of research in cooperative group. It can be concluded that the performance levels related to planning and observation are low. On the other hand, some students were able to give explanation to the phenomenon by posing the right questions.

**Keywords:** Inquiry | Cooperative Learning | Nanotechnology

### Introducción

Una parte importante de la ciencia no aparece en el currículo oficial de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), más aún cuando nos centramos en actividades de tipo experimental o de indagación. Prueba de ello son los datos obtenidos en las pruebas PISA realizadas en 2015, en las que España, a pesar de haber mejorado respecto a ediciones anteriores, no supera la media de la OCDE. En estas pruebas se evalúa por encima de todo, la aplicación de conocimientos frente a la memorización de contenidos (Crujeiras y Jiménez, 2015). En concreto, se evalúan tres competencias científicas: identificación de cuestiones, explicación de fenómenos y uso de pruebas (OCDE, 2008). De los resultados obtenidos se puede extraer como conclusión que, en las aulas de nuestro país, todavía se aplican pocas metodologías que ayuden al desarrollo de estas competencias. Los resultados de este tipo de evaluaciones ayudan a fomentar cambios que contribuyen a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en ciencias (Bybee, 2009), así como a promover una actitud positiva de los estudiantes hacia la misma (Fensahm, 2009). Ahora bien, para que los alumnos se

planteen cuestiones, que les lleven a la indagación como medio para explicar fenómenos, las metodologías de enseñanza deben orientarse en este sentido. Es decir, los alumnos aprenderán de esa manera, si el docente les ha enseñado a que aprendan de esa forma. Tanto Couto et al. (2013), como Rivero García et al. (2013) demostraron en sus trabajos de investigación que los formadores de docentes escasamente desarrollaban la indagación científica, ni las habilidades asociadas a ésta, con los futuros docentes. Sin embargo, es bien sabido que si no se forma a los docentes mediante un enfoque de enseñanza por indagación basada en modelos, enseñando a realizar reflexiones explícitas sobre cómo se está aprendiendo y cómo enseñar, los futuros docentes no adoptarán la indagación como estrategia docente y por lo tanto, los alumnos no aprenderán de esta forma (Martínez-Chico et al., 2013).

En los últimos años son múltiples los programas de alcance internacional creados con el fin de introducir metodologías para promocionar el aprendizaje en ciencias basado en la indagación como el programa PROFILES (Profiles Consortium, 2010, Charro et al., 2012). Además, se han creado programas para conocer la disposición del alumnado frente a las implicaciones de la clase de ciencias, y en base a los resultados poder promover actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología (Vázquez y Manassero, 2009). Es sabido que este enfoque IBSE (*Inquiry Based Science Education*) desarrolla en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico, comunicación, colaboración, creatividad e innovación trabajando en equipos, contribuyendo al desarrollo de las competencias del saber-saber, saber-hacer y saber-ser. Trabajar de esta manera, además de potenciar tareas meramente manipulativas (*hands-on activities*), fomenta la búsqueda de pruebas para construir conocimiento y facilita la integración de los modelos teóricos en el proceso de construcción de este conocimiento (*minds-on activities*) (Windschitl et al., 2008, Viennot et al., 2011). Por lo tanto, parece necesario y, suficientemente justificado en base a las evidencias encontradas en la bibliografía, adoptar un proceso dinámico de enseñanza-aprendizaje, basado en la indagación del alumno, orientado a construir conocimiento descriptivo, explicativo y predictivo basado en las cuestiones planteadas por el propio alumno en la evolución de sus ideas acerca de la comprensión de un fenómeno (Schwarz, 2009, Martínez-Chico et al., 2014). Aquí cabe destacar la importancia de las preguntas que se plantean los alumnos. Las preguntas dirigidas a solventar déficit de conocimiento (nombradas así por Graesser et al. 1994) son las más interesantes para el análisis de la construcción del conocimiento de los alumnos según Torres et al. (2012). A pesar de ello, el sistema educativo está diseñado para valorar más las respuestas que las cuestiones que los alumnos se plantean, como consecuencia nuestros alumnos cada vez se formulan menos preguntas (SanJosé, 2010).

Así, según Bybee (2013) las reformas educativas deben plantearse para lograr que el alumno desarrolle las habilidades requeridas para el S. XXI tales como la innovación, pensamiento crítico, la resolución de problemas, comunicación y colaboración, todo ello basado en la formulación de preguntas. Por otro lado, en el marco de las nuevas tecnologías y conocimientos asociados al S. XXI encontramos aquellas relacionadas con la nanotecnología y la nanociencia. El carácter innovador de esta incipiente tecnología (nanotecnología) la llevó a ser incluida como una de las Acciones Estratégicas del Plan Nacional de I+D+I 2008-2009 con extensión hasta la actualidad por La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, 2009). El estudio de esta tecnología, y algunas de sus aplicaciones, ha sido introducido en el currículo oficial de la ESO dentro de la materia de Cultura Científica. Sin embargo, no son pocas las dificultades para lograr una comprensión acertada ante este tipo de tecnologías, pues tal y como dice García y Foladori (2015) “¿qué es algo 70 mil veces menor que el diámetro de un cabello humano?” y en este sentido podríamos afirmar que la enseñanza de las nanotecnologías no puede abordarse de la misma forma que cualquier otro tema de Ciencia y Tecnología. De esta forma es fácil identificar la

dificultad del alumnado para entender aquello que no pueden percibir directamente, implicando a su vez una mayor dificultad en la percepción del valor de las tecnologías de carácter nanométrico. La ciencia de lo microscópico está presente en multitud de los materiales que los alumnos utilizan en su día a día, sin embargo, al no ser visible debido al orden de magnitud con el que se trabaja, pocas veces existe un cuestionamiento de la ciencia que hay detrás.

### ***Objetivos o hipótesis***

En base a lo expuesto, en este trabajo se presenta un proyecto de inmersión al mundo nanométrico a través de una indagación guiada. Para acercarse a esta nanociencia al alumno y fomentar así su proceso de indagación se ha decidido utilizar un aerosol cuyo fundamento y fabricación se basa en la nanotecnología. El objetivo principal es analizar las destrezas desarrolladas por los alumnos al trabajar conceptos de nanociencia y nanotecnología a través de la indagación en grupo colaborativo, intentando que el propio alumno construya de manera reflexiva su conocimiento (De Pro y Rodríguez, 2011). En concreto, se ha investigado la habilidad de los alumnos para la identificación de problemas y formulación de preguntas que tratan de facilitar la comprensión de un fenómeno observado. En resumen, se trata de identificar, cómo trabajando algunas de las fases de la indagación (identificar un problema/fenómeno, formular preguntas, buscar pruebas, analizar e interpretar la información recogida, comunicar e intercambiar ideas y formular explicaciones) para tratar de dar explicación a un fenómeno observado (nanociencia en este caso), los alumnos desarrollan destrezas científicas específicas.

### **Métodos**

#### ***Contexto***

La propuesta se realiza en 4º de ESO de un centro público tipo de Aragón, dentro de la materia optativa de Cultura Científica. El grupo se compone de 20 personas (16 chicas y 4 chicos). En líneas generales muestran interés por la ciencia, aunque también encontramos alumnado con una especial apatía por su estudio, principalmente relacionada con dificultades de tipo matemático. Por otro lado, las destrezas implicadas en procesos de indagación están muy poco desarrolladas, pues es esta la primera vez que realizan una actividad de este tipo.

#### ***Propuesta***

La propuesta desarrollada se planteó como una introducción a la indagación para trabajar los contenidos relativos a la nanociencia y nanotecnología, contenidos presentes en el currículo de 4º curso de ESO. Para ello se partió de una situación inicial: una demostración del uso de un aerosol hidrofóbico en muestras textiles. A partir de ahí, los alumnos debían tratar de explicar qué sucedía allí. Para ello, se aplica este aerosol sobre distintos textiles, sin observar cambios aparentes en ellos, sin embargo, al verter después sobre éstos, agua u otros fluidos se puede observar que han adquirido carácter hidrofóbico. Por lo tanto, los alumnos descubren que, a pesar de no apreciar diferencias perceptibles entre las zonas con y sin aerosol, sí que existe un efecto que demuestra que algo ha ocurrido a nivel microscópico.

Al tratarse de una actividad de iniciación a la indagación, se decidió trabajar desde un enfoque colaborativo, donde se potenciara la construcción del conocimiento en grupo, por encima de la competición y el individualismo (Tobin, 2010). Para ello, se agrupó a la clase en 4 equipos (G1, G2, G3 y G4). Todos y cada uno de ellos debía tratar de dar

al menos una respuesta al fenómeno observado. Al ser la primera vez que los alumnos trabajan así, el docente les dio las siguientes indicaciones: cada grupo debía plantear una serie de cuestiones sobre el fenómeno observado. Una vez que cada grupo presentara sus cuestiones, se pondrán de acuerdo en gran grupo, para seleccionar aquellas a resolver. Estas cuestiones debían tratar de solucionarse buscando información y basándose en las evidencias que tenían. Inicialmente, la búsqueda de información se llevó a cabo por cada grupo, para después ser puesta en común ante todos los participantes en la actividad. Finalmente, cada uno de los grupos debía exponer las conclusiones extraídas y la metodología seguida hasta llegar a ellas.

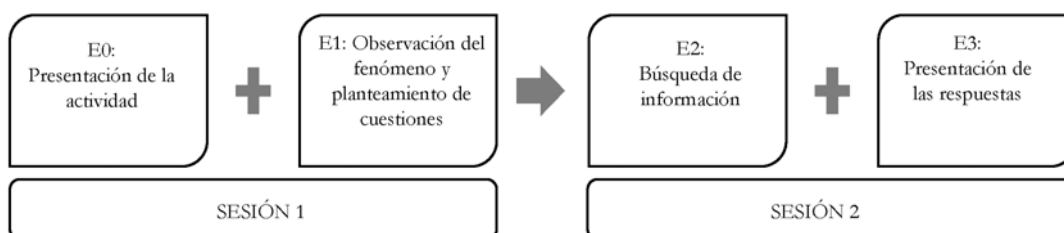


Figura 1: Secuencia didáctica y producciones de los alumnos, recogidas para su análisis.

La actividad constó de 4 etapas desarrolladas en 2 sesiones de 50 minutos (S1 y S2) tal y como se recoge en la Figura 1.

La S1 comienza con la presentación (E0) de la actividad en la que se informa al alumnado sobre la metodología de indagación guiada que van a seguir y los objetivos de esta propuesta. Seguidamente (E1), se muestra un vídeo donde el docente añade un aerosol a distintos textiles. Esto se hace mediante un vídeo, ya que una vez aplicado el aerosol, hay que esperar cierto tiempo para lograr el efecto deseado, por lo que no es posible hacerlo en la propia sesión, sino que hay que hacerlo previamente. A continuación, el profesor vierte agua y ketchup a los mismos textiles que aparecen en el video, con y sin aerosol para poder observar las diferencias (ver Figura 2).



Figura 2: Probando a mojar los textiles sin impregnar e impregnados en aerosol.

Con el objetivo de que el alumnado comience a plantear las preguntas, se les facilitaron tres tesis clave sobre las que reflexionar: sobre el fenómeno observado y el aerosol, sobre lo que puedo y no puedo ver y sobre la ciencia y la tecnología que hay detrás del aerosol. En esta fase, el alumnado puede manipular el aerosol y experimentar con los textiles. Además, tenían a su disposición una serie de lupas de distintos aumentos, que podían utilizar si así lo consideraban. A diferencia de lo que propusieron Crujeiras y Cambeiro (2018) en su trabajo, en el proceso de indagación de este proyecto es el alumnado quien plantea las cuestiones a analizar, resultando esta parte de gran interés como se comentará posteriormente.

En la Tabla 1, se adjuntan las tres tesis fundamentales (aportadas al alumnado), y las cuestiones y respuestas que el docente toma como referencia y objetivo (no aportadas al alumnado).

Tabla 1: Temas propuestos al alumnado y preguntas y respuestas de referencia a la investigación.		
Tema	Preguntas de referencia	Respuestas objetivo
Sobre el fenómeno observado y el aerosol	¿Qué efecto ha producido el aerosol?	Al añadir el aerosol, el textil repele el agua
	¿Qué información me aporta el aerosol?	Nanoprotector, nanotecnología, efecto loto
	¿Se produce algún cambio visible?	A simple vista, nada cambia. Son partículas muy pequeñas.
	¿Por qué no lo puedo ver?	
Sobre lo que puedo y no puedo ver	¿Hasta qué escala puede ver el ojo humano?	0,1 milímetros
	¿Qué escalas hay más allá de lo visible?	Micro, nano, pico, ...
	¿Qué encontramos en estas escalas?	Células, moléculas, átomos, ...
Sobre la ciencia y la tecnología que hay detrás del aerosol	¿Qué tecnología trabaja con estas escalas?	La nanotecnología
	¿Existen otros materiales similares?	Sí, por ejemplo el grafeno
	¿Cuáles?	
	¿Qué otras aplicaciones podemos encontrar?	Medicina, electrónica y otras muchas

Una vez finalizado el tiempo para la formulación de cuestiones, se pasa a la puesta en común, eligiendo después entre todos, aquellas cuestiones más acordes a la investigación planteada. Estas preguntas son recogidas por el docente e impresas para que todos las tengan en el desarrollo de la segunda etapa. Ésta (E2) se inició con la búsqueda de información para tratar de responder a dichas cuestiones. Para esta búsqueda de información, cada grupo cuenta con un total de 25 minutos, 8 de los cuales pueden destinar a buscar en internet. El resto del tiempo pueden consultar los materiales de clase y el frasco del aerosol. La tercera etapa (E3) consta de dos partes. La primera de ellas consiste en presentar la información encontrada mediante una puesta en común, en la que el docente anota en la pizarra las respuestas generadas por el alumnado permitiendo a su vez que estos extraigan las principales conclusiones de la actividad. En la segunda parte, cada grupo entrega un trabajo escrito en el que responden a una serie de preguntas (estas sí propuestas por el docente, pero en base a las que habían ido proponiendo los propios alumnos (adaptadas) (ver Anexo I).

En cada una de las etapas descritas, el alumnado pone en marcha una serie de destrezas implicadas en el proceso de indagación en grupo colaborativo. Éstas se presentan en la Tabla 2, diseñada específicamente para la presente investigación tomando como referencia la tabla que Crujeiras y Cambeiro (2018) adaptaron de NRC (2012) y también la diseñada por Ferrés, Marbá y Sanmartí (2014) adaptada a su vez de Tamir, Nussinovitz y Friedler (1982).

Tabla 2: Destrezas implicadas en las etapas de indagación.		
Etapa	Categoría	Destreza
1	Planificación de la investigación	Formular y sintetizar preguntas adecuadas al fenómeno observado Planificar la investigación del fenómeno desde los distintos enfoques planteados
	Observación y toma de datos	Explorar las propiedades de los elementos investigados Distinguir entre causa y efecto del fenómeno observado Realizar el paso conceptual de macro a micro
2	Búsqueda de información	Planificar la búsqueda de información utilizando todos los medios disponibles para ello de forma eficaz Seleccionar de forma adecuada la fuente de información Organizar adecuadamente la información
3	Presentación de la información	Utilizar el lenguaje científico en formato escrito y oral Presentar un discurso claro y ordenado tanto escrito como oral
	Interpretación de resultados	Analizar los datos extraídos para la búsqueda de información Relacionar los datos extraídos con la observación del fenómeno Identificar la información y datos inconexos con el fenómeno observado
	Conclusiones	Utilizar los datos extraídos para justificar las conclusiones
	Metarreflexión	Relacionar los métodos de indagación con la práctica científica Analizar la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida cotidiana

En el presente trabajo se investigan cuáles de estas destrezas ha desarrollado cada uno de los grupos, así como el nivel de destreza alcanzado por cada uno. Este nivel de destreza alcanzado permitirá categorizar a los grupos participantes en el estudio.

### Resultados

A continuación, se describen los resultados obtenidos en cada una de las etapas presentadas en la Figura 1.

#### **Etapa 1: Preparación de la actividad y observación**

En esta etapa el alumnado debe realizar recoger las evidencias que crea oportunas e recoger información sobre los elementos aportados para generar las preguntas. Inicialmente, el alumnado no sabe cómo empezar. No obstante, es el Grupo 3 (G3) quien se muestra más receptivo ante la propuesta y comienza leyendo la etiqueta del aerosol. Por otro lado, G4 y G2 se centran en las prendas textiles utilizando las lupas para intentar observar las gotas de agua sobre la ropa, es decir, tratan de recoger evidencias. Al no observar nada significativo, pasan a utilizar las lupas para leer la etiqueta, dando lugar a un momento de confusión, dado que la etiqueta del aerosol es perfectamente legible a simple vista.

Una vez han analizado los materiales disponibles, comienzan a generar las preguntas. En la Tabla 3 se presentan algunas de las preguntas planteadas por cada grupo según las tesis propuestas.

Tabla 3: preguntas realizadas por cada grupo.				
	G1	G2	G3	G4
Sobre el fenómeno observado y el aerosol	¿Qué ha ocurrido? ¿Qué tipo de aerosol es?	¿Cómo actúan ketchup y agua con y sin aerosol? ¿Por qué el ketchup y el agua no se adhieren a las fibras?	¿Por qué el aerosol impermeabiliza la tela? ¿Qué pasa si lo lavas en la lavadora? ¿Y si añadimos a un material que ya tiene?	¿De qué manera protege las fibras? ¿Funcionaría igual en otros materiales?

<b>Sobre lo que puedo y no puedo ver</b>	¿Qué le provoca el aerosol a la superficie? ¿Por qué hay que esperar un tiempo para realizar el experimento?	¿Ocurrirá lo mismo si aplicamos desodorante? ¿Crees que afecta a todo tipo de materiales? ¿Hasta qué unidades puede ver el ojo humano?	¿Se puede aplicar sobre la piel? ¿Varía la estructura del tejido? ¿Por qué no hay cambio aparente en la parte con aerosol y en la que no tiene?	¿Por qué no hay diferencia al tacto? ¿Por qué a simple vista no somos capaces de verlo y distinguir entre las dos superficies? ¿Se puede ver la diferencia con un microscopio?
<b>Sobre la ciencia y la tecnología que hay detrás del aerosol</b>	¿De qué elementos está hecho el aerosol? ¿Qué efecto produce en fluidos? ¿Por qué es tóxico?	¿Qué método o qué tecnología se ha utilizado para su fabricación? ¿Qué provoca que sea inflamable?	¿Qué elementos del aerosol producen el efecto loto? ¿En qué cantidad hay que aplicar el producto? ¿Cómo se puede eliminar el efecto loto?	¿Qué componentes tiene el aerosol que causan ese efecto? ¿Cómo está fabricado? ¿Por qué si es corrosivo no daña la tela?

Se pueden observar grandes diferencias en el tipo de cuestiones que plantean cada uno de los grupos. Los grupos G1 y G3 no distinguen de forma adecuada los temas propuestos para las cuestiones, y no llegan a plantearse el paso conceptual implícito en el fenómeno observado entre lo macro y lo micro. Ahora bien, aunque los grupos G2 y G4 tampoco identifican de forma clara los temas propuestos, se centran en el tema “sobre lo que puedo y no puedo ver”, de forma que finalmente identifican la importancia de plantearse el paso de macro a micro. G2 lo hace cuando formula la cuestión “¿hasta qué unidades puede ver el ojo humano?” y G4 cuando plantea “¿qué componentes tiene el aerosol que causan ese efecto?”.

Por otro lado, también se observa que tanto el G2, como el G4 intentan comparar, tratan de plantearse similitudes y diferencias. Por ejemplo, G2 lo hace cuando busca una comparación entre un desodorante y el aerosol. Y ambos grupos van un paso más allá, cuando son capaces de plantear cuestiones que implican la generalización del fenómeno. G2 plantea “¿afecta a todo tipo de materiales?” y G4 cuestiona “¿funcionaría igual en otros materiales?”. Además, este mismo grupo G4, plantea una última cuestión que entraña mucha más dificultad de entendimiento “¿Por qué si es corrosivo no daña la tela?”. En resumen, es G4 quien, en esta primera etapa, llega a la conclusión más robusta, mejor estructurada. Identifica en primer lugar la indiferencia al tacto entre las zonas con y sin aerosol, para seguidamente plantear esta misma cuestión para la visión, a partir de la cual deducen la imposibilidad de observar las causas del fenómeno.

Por otro lado, ningún grupo se ha percatado de que en la etiqueta del aerosol se puede leer “Nanoprotector-Nanotecnología”, centrándose en los componentes químicos de éste. El grupo más representativo de este caso es el G3, cuyas actitudes y motivación fue más que notable, sin embargo, se centró casi exclusivamente en la etiqueta del aerosol, descubriendo que el fenómeno se basa en “el efecto loto” a pesar de no conocer en qué consiste este, pero dejando de lado el análisis entorno a lo acaecido en las prendas textiles. Cabe destacar que dos componentes de G3 pidieron al docente la posibilidad de ir al laboratorio en horas libres para hacer más pruebas sobre las telas, aunque no se extrajeron nuevas conclusiones.

Finalmente, en la puesta en común, todos parecen estar de acuerdo en elegir las preguntas que parecen más adecuadas, dejando algunas descartadas.

En conclusión, se ha podido observar en esta etapa la dificultad del alumnado para identificar las cuestiones clave que podrían llevarles a dar explicación al fenómeno observado, centrándose principalmente en los efectos del fenómeno y no en las causas. Por otro lado, también ha quedado patente la dificultad en realizar el paso conceptual de lo macro a lo micro.

### ***Etapa 2: Búsqueda de información***

En la búsqueda de información son G2 y G4 quienes destacan debido a la organización del grupo. Estos dos grupos enseguida relacionan el fenómeno observado con la nanotecnología y, por lo tanto, su búsqueda de información es más efectiva. Los grupos G1 y G3 tardan más en hacerlo. G1 no sigue ningún tipo de pauta, y es necesario guiarlo dado que comienza a buscar en libro de texto página a página. Se le indica que consulte el índice, y en un primer momento se centra en la unidad dedicada a hidrostática (buscaban información sobre las propiedades del agua). G3 tarda menos tiempo en dar con el contenido, sin embargo, intenta proceder con demasiada minuciosidad, de forma que no tiene tiempo suficiente para responder a las preguntas.

En la puesta en común, cada grupo expone su información. En líneas generales G2 y G4 han llegado a respuestas adecuadas a todas las preguntas, mientras que G1 y G3 no lo han conseguido totalmente. Sin embargo, G3 presta especial atención a las respuestas del resto de grupos, realizando anotaciones en las preguntas que aún no había podido responder, así es G3 quien más habilidades colaborativas ha mostrado.

Es notable que finalmente todos los grupos han relacionado el fenómeno observado con la nanotecnología, extrayendo la información puesta en común y afianzando las conclusiones principales y el contenido trabajado.

### ***Etapa 3: Presentación de la información y conclusiones***

Para la presentación de la información, cada grupo tiene que entregar un pequeño informe con unas preguntas planteadas por el docente. Estas preguntas estarán relacionadas con las conclusiones extraídas en la etapa 2, principalmente enmarcada en la nanotecnología, nanociencia, nuevos materiales y aplicaciones. Entre los informes presentados destaca el de G3. Responden a las preguntas utilizando lenguaje científico y extrayendo conclusiones acertadas.

### **Evaluación de las destrezas**

Para la evaluación de las destrezas se diseñó una herramienta adaptada a partir de las propuestas por Crujeiras y Cambeiro (2018) y Ferrés, Marbá y Sanmartí (2014). Para cada dimensión se formulan 3 ítems respectivamente. En la Tabla 4 se muestran los ítems conseguidos por cada grupo.

Tabla 4: Destrezas y consecución de ítems en cada grupo.					
Dimensión	Ítems propuestos	Grupos			
		1	2	3	4
Planificación de la investigación	Formula interrogantes adecuados de acuerdo al fenómeno observado				■
	Concreta y sintetiza los interrogantes planteados	■	■		■
	Distingue entre los distintos enfoques propuestos				■



Observación y toma de datos	Explora las propiedades de todos los elementos aportados	■	■	■	■
	Distingue entre causa y efecto del fenómeno observado				■
	Realiza el paso conceptual de macro a micro		■		■
Búsqueda de información	Planifica la búsqueda de información utilizando todos los medios disponibles de forma eficaz		■		■
	Selecciona la fuente adecuada para las preguntas		■		■
	Organiza la información de forma clara y sintetizada			■	■
Presentación de la información	Utiliza el lenguaje científico en formato escrito y oral		■		■
	Presenta un discurso claro y ordenado tanto en formato escrito como oral		■	■	■
	Sabe explicar toda la información que presenta				■
Interpretación de resultados	Analiza los datos extraídos para la búsqueda de información		■		■
	Identifica aquellos datos e información inconexa con el fenómeno observado				■
	Explica el fenómeno observado en base a los datos e información extraída	■	■	■	■
Conclusiones y Metarreflexión	Utiliza los datos e información extraída para justificar las conclusiones				■
	Relaciona los métodos de indagación con la práctica científica		■	■	■
	Analiza la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida diaria		■	■	■
Trabajo colaborativo	Existe una buena integración en el grupo trabajando de manera conjunta			■	■
	Presta atención a todas las propuestas realizadas por los miembros del grupo	■	■	■	■
	Presta atención a las propuestas realizadas por todos los grupos				■

Finalmente, atendiendo a lo establecido por Crujeiras y Cambeiro (2018) y Ferrés, Marbá y Sanmartí (2014), se agrupan en 4 los niveles de consecución alcanzados por cada grupo, de forma que, la consecución de cada nivel dependerá del número de ítems superados. Estos niveles serán los siguientes: indagador, cuando el grupo haya alcanzado los tres ítems de cada dimensión de la rúbrica (Tabla 4), indagador inseguro si ha alcanzado 2 ítems, pre-científico si ha alcanzado 1 y acientífico si no ha logrado ninguno.

En base a esto, en la Tabla 5 se presenta los niveles de desarrollo de las destrezas que corresponden con la categorización del nivel científico alcanzado por cada grupo en relación a cada una de las dimensiones estudiadas.

Indagador	G4	G4	G4	G3	G3	G3	G3
Indagador Inseguro		G2	G2	G4	G1-G4	G1-G2	G2-G4
Pre-científico	G1-G2	G1-G3	G3	G1-G2	G2	G4	G1
Acientífico	G3		G1				
	Plan. de la investigación	Obs. y datos	Búsq. de información	Present. de la información	Interp. de resultados	Concl. y metarreflexión	Trabajo colaborativo

En general, el desempeño de los grupos se encuentra en los niveles intermedios, aunque en cada una de las dimensiones analizadas, encontramos al menos un grupo en el nivel más alto. Se observa que son G4 y G3 quienes más destacan, aunque es llamativo la evolución que tienen dependiendo de la dimensión trabajada. G4 es el que mejor puntuación obtiene en la etapa 1 y 2. Recordamos que este grupo es quien plantea las preguntas más adecuadas para la actividad, aunque en la interpretación de resultados y principalmente en las conclusiones, no obtiene una puntuación elevada. Ocurre justo al contrario que en el caso de G3. Este grupo desde un primer momento se ha mostrado muy participativo en la actividad, sin embargo, en la parte de observación y planificación no ha obtenido una buena puntuación, al no plantear cuestiones en relación a los temas propuestos, centrándose tan solo en hipotéticos experimentos que no se iban a realizar. Las actitudes mostradas por este grupo ante la ciencia son realmente positivas, aunque ha quedado patente el déficit existente ante actividades de indagación.

## **Discusión**

En este artículo se ha descrito una actividad de inmersión en el mundo nanométrico a través de una experiencia guiada. Tras analizar los resultados obtenidos, se extraen las siguientes conclusiones. En primer lugar, se ha comprobado que los niveles de desempeño relacionados con la planificación y observación son bajos. Llama especialmente la atención el caso del G3, un grupo trabajador y con especial interés por las ciencias, pero que, sin embargo, no ha sabido focalizar dichas virtudes en la primera parte de la actividad. Este grupo se ha centrado en la resolución de problemas y cuestiones ya propuestas, pero con grandes dificultades a la hora de buscar sus propios planteamientos. Esto puede deberse a la falta de experiencia en este tipo de actividades. Esto nos lleva a concluir que es necesario implementar este tipo de actividades con la intención no solo de motivar al alumnado sino de formarlos en todas las destrezas de la práctica científica. Por otro lado, en G4 encontramos el caso contrario. Este grupo contaba con una persona con actitudes positivas hacia la ciencia, pero con tres miembros poco motivados. Sin embargo, la curiosidad por el problema propuesto y la oportunidad de trabajar mediante indagación guiada ha llevado a este grupo a obtener buenas puntuaciones en las dimensiones de planificación y observación, realizando además con éxito el salto del mundo macroscópico al microscópico. En los casos de G1 y G2 han obtenido unas puntuaciones intermedias. En ellos se ha comprobado que el interés por la actividad no ha sido tan elevado como el resto de casos. Se puede concluir que, aunque la introducción de estas metodologías en el aula con fines motivacionales tiende a funcionar, no siempre lo van a hacer por igual en todos los grupos.

Se ha podido comprobar que, sin aportar información alguna sobre la temática a trabajar, todo el alumnado ha sabido identificar el tema a través de la relación con el fenómeno observado. En este sentido se puede valorar satisfactoriamente la actividad de indagación puesta en marcha. También es importante comentar la importancia del planteamiento de preguntas, siendo tal vez la parte de la actividad más relevante en el análisis nanotecnológico del aerosol utilizado. Se ha encontrado que dos grupos lo han logrado gracias a las preguntas planteadas, valorando positivamente esta parte de la actividad. Sin embargo, ha sido interesante observar como los otros dos grupos tan solo planteaban preguntas relacionadas con los hipotéticos efectos del aerosol en otros casos, sin centrar las preguntas en torno al problema propuesto. Esta observación es de especial interés, ya que de nuevo indica la necesidad de formar al alumnado en este tipo de actividades.

## Referencias

- Bybee R. (2009). Scientific literacy and contexts in PISA 2006 Science. *Journal of Research in Science Teaching* 46(8), 862-864.
- Bybee R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association.
- Charro E., Gómez A., Padilla Y., Plaza S. (2012). PROFILES: Un proyecto para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria. VII Seminario Ibérico/III Seminario Iberoamericano CTS en la enseñanza de las Ciencias "Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias". Organización de estudios Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura. Madrid.
- Couto, P, García-Barros, S. y Martínez Losada, C. (2013). Cómo son las actividades de didáctica de las ciencias que proponemos a los futuros maestros de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 877-882.
- Crujeiras B., Cambeiro F. (2018). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1201.
- Crujeiras B., Jiménez M.P. (2015). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítem de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(3), 386-401.
- De Pro A., Rodríguez J. (2011). La investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Educatio Siglo XXI* 29(1), 129-148.
- Fensham P.J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context-Based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching* 46(8), 884-896.
- Ferrés C., Marbá A., Sanmartí N. (2014). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 22-37.
- Fundación española para la ciencia y la investigación (2009). *Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Madrid.
- García M., Foladori G. (2015). Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(3), 508-519.
- Graesser, A.C., McMahan, C.L. y Johnson, B.K. (1994). Question asking and answering, en M. Gernsbacher (ed). *Handbook of Psycholinguistics*, 517-538. Nueva York: Academic Press.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Jiménez-Liso, M.R. y Acher, A. (2013). Propuesta de formación inicial de maestros fundamentada en la enseñanza por indagación centrada en el modelo de sol-tierra. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 2173-2178.
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M.R. y López-Gay, R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608.
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). (2008). *Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana.
- PROFILES Consortium (2010): <http://www.profiles-project.eu/> (Status: 11-01-15).
- Rivero García, A., Hamed Al-lal, S., Martín del Pozo, R., Solís Ramírez, E., Fernández Arroyo, J., Porlán Ariza, R., Rodríguez Marín, F., Solís Espallargás, C., Azcárate Goded, P. y Ezquerro, A. (2013). La formación inicial de maestros de primaria: qué hacer y cómo en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 3045-3050.
- SanJosé, V. (2010). Las preguntas de los estudiantes en las clases de ciencias, en Caballero, C., Moreira, M.A. y Meneses, J. (coordinadores), *III Encuentro Internacional sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, 31-61. Burgos: Servicio de publicaciones de la Universidad de Burgos.
- Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744.
- Tamir P., Nussinovitz R., Friedler Y. (1982). The development and use of a Practical Test Assessment Inventory. *Journal of Biological Education* 16, 42-50.
- Tobin, K. (2010). Reproducir y transformar la didáctica de las ciencias en un ambiente colaborativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 301-314.
- Torres, T., Duque, J., Ishiwa, K., Sánchez, G., Solaz-Portolés, J.J. y SanJosé, V. (2012). Preguntas de los estudiantes de educación secundaria ante dispositivos experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 049-060.
- Vázquez A., Manassero M.A. (2009). La relevancia de la educación científica: Actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias* 27(1), 33-48.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge?. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 18, 22-36.
- Windschitl, M., Thompson, J. Y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92, 941-967.

**Agradecimientos: Los autores agradecen al proyecto MINECO EDU2016-76743-P su apoyo en el desarrollo de este trabajo. También agradecen al grupo de investigación BEAGLE y al IUCA, ambos de la Universidad de Zaragoza.**

## Anexos

### Preguntas adaptadas, propuestas por los alumnos.

Preguntas para responder en la sesión	Sobre el fenómeno observado y el spray	¿Qué efecto ha producido el aerosol?
		¿De qué forma protege las fibras? ¿Efecto loto?
	Sobre lo que puedo y no puedo ver	¿Hasta qué unidades puede el ser humano apreciar la materia?
		¿Qué unidades hay más allá de las que el ojo humano puede ver?
		¿Por qué a simple vista no somos capaces de distinguir entre una superficie y otra? ¿Y en un microscopio?
	Sobre la ciencia y la tecnología que hay detrás del aerosol	¿Qué componentes del aerosol causan ese efecto?
		¿Qué método o qué tecnología se ha utilizado para su fabricación?
¿Existen otras aplicaciones relacionadas con esta tecnología?		
Preguntas extra	¿Qué elementos del aerosol producen el efecto Loto? ¿Efecto Loto?	
	¿Por qué no hay diferencia al tacto?	
	¿Funciona en otros materiales?	
	¿Qué pasa si aplicamos aerosol en un material que ya tiene?	
	¿Qué pasa si lo lavas en la lavadora?	
	¿Por qué hay que esperar un tiempo para realizar el experimento?	
	Si echamos desodorante, ¿ocurrirá lo mismo?	
	¿Crees que funciona igual en todo tipo de materiales?	
	¿Varía la estructura del tejido con aerosol?	
	¿Qué efecto produce sobre los fluidos?	
	¿Por qué huele fuerte el aerosol? ¿Por qué es tóxico?	
	¿Qué provoca que este material sea inflamable?	
	¿En qué cantidad hay que aplicar el producto?	
	¿Cuánto tiempo dura el efecto?	
	¿Se puede aplicar sobre la piel?	
	¿Por qué si es corrosivo no daña la tela?	
	¿Existe algún material que rompa la barrera de la impermeabilidad?	