

## Perfiles y dificultades de los educadores científicos para la divulgación de la nanociencia a través de las TIC

Jerusalén Jaime Lahoz – Universidad de Zaragoza  
 Esther Cascarosa Salillas – Universidad de Zaragoza  
 Ana de Echave Sanz – Universidad de Zaragoza  
 Jorge Pozuelo Muñoz – Universidad de Zaragoza

 0000-0002-4543-908X  
 0000-0002-3696-7673  
 0000-0003-4252-0285  
 0000-0002-9223-6832

Recepción: 14.11.2024 | Aceptado: 28.11.2024

Correspondencia a través de **ORCID**: Esther Cascarosa Salillas

 **0000-0002-3696-7673**

Citar: Jaime Lahoz, J, Cascarosa Salillas, E, Echave Sanz, A, & Pozuelo Muñoz, J (2024). Perfiles y dificultades de los educadores científicos para la divulgación de la nanociencia a través de las TIC. *REIDOCREA*, 13(43), 639-650.

Área o categoría del conocimiento: Didáctica de las Ciencias Experimentales

**Resumen:** Actualmente los y las estudiantes recurren a las redes sociales y otras plataformas para formarse en ciencias. El conocimiento (contenidos y didáctico) de las personas que se dedican a la divulgación mediante el uso de las TICs es crucial en esa formación. Por eso, el objetivo de esta investigación ha consistido en caracterizar el perfil de estos/as educadores científicos, concretamente los/as dedicados a la Nanociencia, analizando también las dificultades que encuentran en el desarrollo de su labor. Para ello, se ha diseñado un cuestionario ad hoc, con preguntas cerradas y abiertas. El análisis de los resultados muestra un perfil de educador con estudios de doctorado, especializado en Ciencias Físicas o Químicas principalmente, que valora como importante el uso de vocabulario técnico específico y el uso de la competencia didáctica, por lo que se diferencia del divulgador tal como lo conocemos. Entre las dificultades planteadas están las relacionadas con la escala nanométrica, la falta de visión espacial o la ausencia de alineación entre el concepto de Nanociencia y el currículo de educación obligatoria. Conocer el perfil de estos educadores, y las dificultades que encuentran, son un punto de partida para el rediseño de las labores divulgadoras de estos educadores.

**Palabra clave:** Divulgación científica

### ***Profiles and difficulties of science educators for the dissemination of nanoscience in non-formal education by means of ICT***

**Abstract:** Currently, students turn to social networks and other platforms to educate themselves in science. The knowledge (content and didactic) of the people who are dedicated to dissemination through the use of ICTs is crucial in this training. Therefore, the objective of this research has been to characterize the profile of these science educators, specifically those dedicated to Nanoscience, and to know the difficulties they find in the development of their work. For this, an ad hoc questionnaire with closed and open questions has been designed. The analysis of the results shows a profile of an educator with doctoral studies, specialized in Physical or Chemical Sciences mainly. In the tasks as educator, the use of specific technical vocabulary and the use of didactic competences are valued as important, which is why the educator differs from the disseminator that we know. Among the difficulties raised are those related to the nanometric scale, the lack of spatial vision or the lack of alignment between the concept of Nanoscience and the curriculum of compulsory education. Knowing the educators' profiles and the difficulties they encounter in their task, are a starting point for the re-design of the dissemination tasks of these educators.

**Keyword:** Science dissemination

## Introducción

En el mundo actual resultaría prácticamente inconcebible realizar las actividades más cotidianas sin la presencia tangible de los más diversos adelantos científicos. La ciencia está presente en nuestra vida cotidiana en cuestiones como la alimentación, la salud o las fuentes de energía y, esta influencia, es observable en la creciente demanda de conocimiento científico y tecnológico para la toma de decisiones comunes, de carácter individual o social. Además, para poder desarrollar y expresar un pensamiento crítico al

respecto, es necesario poder adquirir nueva información científica e incorporarla a nuestros esquemas cognitivos previos (Muñoz, 2017).

Algunos acontecimientos recientes a nivel global (pandemia por COVID-19), ponen de manifiesto la necesidad de la alfabetización científica de la población para poder comprender la información transmitida a través de diferentes canales, y hacerlo desde una formación científica que permita el pensamiento crítico de las noticias (Cámara y López, 2015). A pesar de la necesidad de la alfabetización científica de la población, la motivación por la ciencia en alumnos de educación secundaria es baja. Esto es debido a que la educación científica que reciben es demasiado técnica y se aleja de lo cotidiano (Belastegui et al., 2020; Vizzotto y Mackedanz, 2020), pero también porque los canales de educación utilizados no se adaptan a la realidad de su cotidianidad. Un alto porcentaje del alumnado adolescente en España escoge para obtener información (de manera voluntaria) las redes sociales (Yuste, 2015). Esto se amortigua en parte a través de la divulgación de la ciencia, que acerca la ciencia a la población desde una perspectiva de utilidad en lo cotidiano (González-Arcaide et al., 2009) y, a través del uso de los medios a los que acuden los jóvenes para informarse y formarse (Morduchowicz, 2018). En este trabajo presentamos una investigación contextualizada de la labor de divulgación de la ciencia en entornos TIC. En concreto, hemos analizado las dificultades y las percepciones que tienen sobre su labor los/as educadores/as científicos, cuando ejercen su labor a través de las TIC (redes sociales, plataformas, etc).

### ***La nanociencia***

En estas últimas décadas, la Nanociencia y la Nanotecnología han irrumpido como áreas punteras de investigación que han comenzado a proporcionar sus primeras aplicaciones comerciales en muchos sectores como la cosmética (Silpa et al., 2012), la electrónica (Huang et al., 2018) o la industria textil (Chen et al., 2016; Melchor-Alemán et al., 2016), entre otros, y presenta avances prometedores en el tratamiento y detección de enfermedades (Asadujjaman et al., 2020; Bayda et al., 2020). Por ello, se ha convertido en un tema de gran repercusión mediática provocado por la fascinación por controlar la estructura y composición de la materia a escala atómica y molecular, usando diferentes técnicas y aproximaciones (Sánchez-Mora y Tagüeña-Parga, 2011; Serena, 2013). Pero, aunque cada vez el público escucha más términos e información vinculada con la Nanociencia y la Nanotecnología, difícilmente los comprende (Sánchez-Mora, 2009). La principal dificultad es que se trata de conocimientos cuyo manejo presupone obstáculos de tipo conceptual, que en gran parte amplían la distancia entre los científicos y la sociedad, de acuerdo con el modelo canónico de la comunicación científica, ya que los conocimientos que se utilizan no pueden ser conceptualizados a través de proyecciones metafóricas (Bucchi, 1996). En este sentido, la divulgación de esta ciencia es fundamental para acercar su conocimiento al ciudadano (Olmedo-Estrada, 2011; Sánchez-Mora, 2013). Ahora bien, si entendemos que la divulgación debe llegar al público que se está formando, hay que divulgar a través de las redes sociales, a las que recurren para buscar información.

### ***La figura del educador científico***

La tarea divulgadora contempla una gran variedad de prácticas realizadas a través de diferentes canales, en las que intervienen diversos perfiles de divulgadores, todos ellos con diferentes intereses o inquietudes, pero con el mismo objetivo final: acercar el conocimiento a la ciudadanía. La labor divulgativa está intrínsecamente relacionada con las habilidades y competencias comunicativas (Grosso-Mesa, 2017). Según Arias (2015), la competencia comunicativa se refiere a la habilidad que posee el individuo para interactuar con otras personas de manera oral o escrita, de forma clara y concisa siendo

capaz simultáneamente, de entender y procesar efectivamente la información que recibe, de interpretarla y de expresarse en términos comprensivos para con sus receptores. Si ponemos el foco en la divulgación científica la misión del educador científico trasciende la mera transmisión de información y puede verse más bien como una labor multidimensional para la formación de una cultura científica. Por lo que, según Reynoso (2008), debe cumplir con, al menos, las siguientes características: 1) poseer una cultura científica, 2) manejar algún medio de comunicación, y, 3) ser capaz de adaptar el discurso científico en función del público receptor del mensaje.

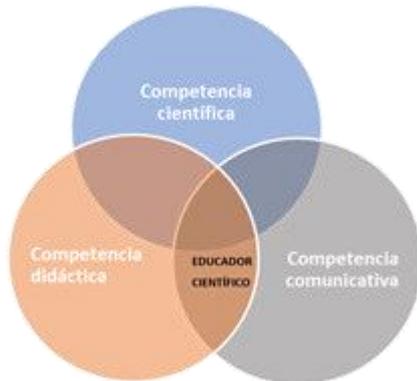
En las últimas décadas también ha irrumpido con fuerza la utilización de aplicaciones y redes sociales (el uso de las TIC) como herramienta para la divulgación de la ciencia (López-Alonso y Santillan-García, 2019; Vizcaíno Verdú et al., 2020). Por lo que, al educador científico se le presupone competencia en el ámbito de las TIC.

Además de lo anterior, existe una característica del educador científico no contemplada anteriormente que debemos tener en cuenta: la dimensión didáctica, es decir, una serie de competencias asociadas con la práctica docente. Por ejemplo, la necesidad de partir de las ideas previas y de las dificultades de aprendizaje detectadas para el diseño de las secuencias de divulgación de la ciencia. Benlloch (2002) mostraba la importancia de tener en cuenta las concepciones previas de los aprendices en la adquisición de conocimientos. A este respecto debemos recordar que los niños interpretan los fenómenos a partir de su marco de referencia (Ausubel, 2000). El aprendizaje parte de esas ideas previas, ya que la información nueva se interpreta a través de la que había anteriormente. Si no tenemos en cuenta este proceso, los nuevos conocimientos no se vinculan con los conocimientos previos.

En resumen, las competencias del educador que se han comentado se representan en la Figura 1.

**Figura 1.**

Interrelación entre las competencias del educador científico para la divulgación en educación no formal.



### ***Dificultades en la divulgación de la nanociencia***

Dado que uno de los objetivos de esta investigación es avanzar en el conocimiento sobre las dificultades que tienen los y las educadores/as científicos en la divulgación de la nanociencia, se reflexiona sobre las posibles dificultades que se pueden encontrar. La divulgación y comprensión de la investigación en la nanoescala incluye la adquisición de un vocabulario de términos relacionados con el nanomundo, como punto de partida para la adquisición de una cultura científica sobre el tema, pero la falta de comprensión de conceptos, como por ejemplo el de átomo o molécula, suponen una barrera para la comprensión del mismo (Crone y Koch, 2006). Además, esta carencia implica también

la falta de comprensión de conocimientos como la estructura básica de la materia y su carácter discontinuo (formada por partículas) y hace que se razone incorrectamente en relación a que los átomos y moléculas de una sustancia tengan las mismas propiedades que dicha sustancia tiene en la macroescala, que es el axioma contrario al que rige las propiedades y aplicaciones de la Nanociencia. Además, existen grandes dificultades para comprender las escalas invisibles al ojo humano (Crone y Koch, 2006; Tagüeña, 2011).

Sánchez-Mora (2009) señala dos obstáculos principales de aprendizaje en estudiantes de secundaria sobre la comprensión de las nanoescalas: la concepción de la dimensión de nanómetro y la interpretación de las nanoescalas. Existe además una dificultad añadida, basada en “el punto ciego del experto” de acuerdo a Nathan et al. (2001). Según el modelo de Sprague et al. (2018), en el desarrollo cognitivo que experimentamos cualquier persona en el paso desde que somos aprendices sobre un tema, a expertos en cualquier disciplina del saber, desarrollamos una especie de inconsciencia que nos desconecta del proceso una vez que alcanzamos el nivel de expertos. Por ejemplo, en el campo de la educación científica, una vez somos expertos en algo, obviamos la dificultad en percibir relaciones entre situaciones distintas, resolver problemas en contextos diferentes, etc. Por ello, sin percibirlo, el experto puede proponer métodos o actividades de aprendizaje obviando pasos que son clave para los principiantes, sin apreciar la importancia de una adecuada secuencia didáctica o errar en la correcta planificación del tiempo que requerirá el correcto aprendizaje (Ruíz, 2021). Los conocimientos didácticos o conocimientos sobre cómo enseñar, son precisamente los que pueden ayudar a compensar ese punto ciego.

Podrían existir también otro tipo de obstáculos vinculados con la actitud hacia la práctica divulgadora, como el reconocimiento social o económico de la labor divulgadora o como las actitudes hacia los contenidos a divulgar. En la figura 2, se exponen las posibles dificultades.

**Figura 2.**  
Posibles dificultades en la divulgación de la nanociencia.



## Objetivos

Atendiendo a lo expuesto, nos planteamos los siguientes objetivos para la investigación:

1. Analizar el perfil del educador/a científico en el campo de divulgación de la Nanociencia.
2. Evaluar las dificultades que encuentran los educadores/as científicos dedicados a la divulgación de esta ciencia mediante el uso de las TIC

## **Método**

### ***Participantes***

Los participantes de la investigación fueron educadores/as que se dedican a la divulgación de la nanociencia a través de redes sociales y plataformas (TikTok, X, Instagram y Youtube). Se ha contado con un total de 29 personas, de edades comprendidas entre los 18 y los 52 años, de diferentes ciudades del territorio español, siendo equitativa la muestra en cuanto a representación de género (51,7% mujeres). De los 29 participantes, 7 personas se dedicadas profesionalmente al mundo de la divulgación de la nanociencia (3 hombres y 4 mujeres) y el resto son estudiantes, recién titulados y jóvenes investigadores/as en nanociencia.

### ***Diseño del cuestionario***

Para obtener información específica sobre los perfiles de los y las participantes en el estudio y las dificultades en su labor de divulgación, se diseñó un cuestionario ad hoc. Este cuestionario fue validado por expertos/as antes de que la muestra participante completara el cuestionario. La validación del cuestionario se describe en el apartado de Resultados, por ser un resultado en sí mismo. El cuestionario se compone de 34 ítems, con preguntas cerradas y abiertas, agrupadas en 4 dimensiones que se describen a continuación.

#### Dimensión 1: Perfil del educador científico

Esta dimensión pretende identificar un perfil tipo de educadores científicos. Para ello se incluyen preguntas de caracterización de la muestra como por ejemplo la edad, el sexo, la formación académica o la experiencia en divulgación, entre otras. Para analizar esta dimensión se diseñaron 14 preguntas cerradas, de selección múltiple o tipo Likert.

#### Dimensión 2: Conocimientos sobre Nanociencia.

Esta dimensión pretende explorar los conocimientos de los educadores sobre los contenidos a divulgar. Para ello se plantean preguntas de respuesta libre como la propia definición de nanociencia o explicar en qué consiste el “efecto Lotus”. La dimensión consta de 4 preguntas abiertas que requieren respuestas descriptivas.

#### Dimensión 3: Dificultades en la divulgación y conocimientos sobre didáctica.

A través del análisis de las respuestas de esta dimensión, se pretende determinar los conocimientos en didáctica de los educadores encuestados y las dificultades que encuentran en su tarea de divulgación. Para ello se les plantea diseñar una actividad para divulgar la nanociencia y se pregunta por los obstáculos que pueden encontrar en su desarrollo. La dimensión consta de 4 preguntas abiertas que requieren respuestas descriptivas.

#### Dimensión 4. Actitudes y motivación hacia la divulgación de la Nanociencia.

Esta dimensión pretende explorar las actitudes y la motivación hacia la tarea divulgadora y en cierta medida, hacia los contenidos a divulgar. Para ello se utilizan preguntas como el grado de consideración que a su juicio tiene la divulgación científica entre la sociedad o si se plantean la tarea divulgadora como actividad profesional principal. La dimensión consta de 12 ítems.

## Procedimiento y análisis de datos

El cuestionario se ha realizado a través de la herramienta Google Forms, y fue difundido a través de diferentes canales (email, RRSS como Twitter, Instagram y LinkedIn). Realizar cuestionarios a través de Internet tiene algunas ventajas, tales como la rapidez y el menor coste económico (Díaz de la Rada, 2012).

- Dimensiones 1 y 4: Para llevar a cabo el tratamiento de datos de las preguntas de respuesta de opción múltiple se realizó una analítica descriptiva de los datos, así como el cruce de variables. Para llevar a cabo el tratamiento de los datos de las preguntas cerradas se llevó a cabo una identificación de parámetros que permitiesen una codificación con la que se pudiese plantear un marco de construcción conceptual. Los resultados de las dimensiones 1 y 4 se analizaron de manera cuantitativa.
- Dimensión 2: Se ha llevado a cabo una cuantificación de diferentes palabras clave emergentes, relacionadas con el área de estudio.
- Dimensión 3: Se recopilaron las dificultades identificadas por los educadores en función de las audiencias. Se llevó a cabo una cuantificación de la relación de ejemplos o símiles que relacionasen el mundo a escala nanométrica o micrométrica con el macroscópico y que sirviesen de apoyo a la explicación, al igual que se consideraron ejemplos de aplicaciones en las que está presente la Nanociencia y se analizaron las estrategias para identificar y trabajar en base a ideas previas de la audiencia.

## Resultados

### Validación del cuestionario

Antes de utilizar el cuestionario para la recogida de datos, este fue validado por expertos con los siguientes criterios: a) Personas de diferentes perfiles y background formativo, que constituyen un equipo multidisciplinar que permite abarcar las diferentes facetas de la divulgación de la ciencia (comunicación, medios, didáctica, investigación, tecnología y aplicaciones, estadística y conocimiento científico de la materia). b) Profesionales de prestigio y expertos en las diferentes materias: Didáctica de las Ciencias Experimentales, Nanociencia y educadores científicos especializados en Nanociencia. En la tabla 1 se describen los perfiles de los expertos que llevaron a cabo dicha validación.

**Tabla 1.**  
Perfiles de los expertos que realizaron la validación del cuestionario.

	<b>Formación</b>	<b>Profesión</b>	<b>Sexo</b>
<b>Experto 1</b>	Ingeniería	Asesora	Mujer
<b>Experto 2</b>	Química	Investigadora	Mujer
<b>Experto 3</b>	Físico	En paro	Hombre
<b>Experto 4</b>	Periodista	Agencia Comunicación	Mujer
<b>Experto 5</b>	Relaciones Públicas y Marketing	Asesora Comunicación	Mujer
<b>Experto 6</b>	Filología	Autónoma	Mujer
<b>Experto 7</b>	Doctora en Didáctica	Docente Universitaria	Mujer
<b>Experto 8</b>	Químico	Divulgador	Hombre

Los expertos llevaron a cabo una revisión atendiendo a los siguientes parámetros:

- 1) Adecuación del vocabulario. Por ejemplo, en la dimensión de caracterización de la muestra, en la pregunta para seleccionar el “sexo”, se sugiere ofrecer la opción de elegir: “mujer, hombre u otro”.
- 2) Expresión con sus propias palabras del significado percibido y la redacción de cada ítem para verificar su correcta comprensión.
- 3) Exactitud y corrección de los enunciados de las preguntas en términos de comprensibilidad y extensión. Por ejemplo, en la pregunta: “¿Cómo podríamos ver una estructura nanométrica?” se propone modificar la redacción por: “¿Se pueden ver las estructuras nanométricas? ¿Con qué instrumentos?”
- 4) Determinación de la correcta categorización de las preguntas.
- 5) Supervisión de las palabras utilizadas, el formato de respuesta y las instrucciones. Por ejemplo, en la pregunta “¿Consideras importante tener conocimientos en comunicación?”, se consideró oportuno replantear su redacción por “¿En qué medida consideras importante tener conocimientos en comunicación?”, ofreciendo una escala de respuestas de “nada importante” a “muy importante”.
- 6) Detección de debilidades, como el ejemplo en el que los expertos consideraron que la pregunta: “¿Cómo explicarías una actividad nanocientífica en el aula de primaria en torno al grafeno?” podía carecer de sentido si el encuestado planteaba dificultades en la pregunta anterior “¿Se te ocurre alguna dificultad vinculada con el aprendizaje de la nanociencia para alumnos de Educación primaria? Justifica tu respuesta”.

Tras analizar las respuestas de los/as expertos/as el cuestionario definitivo se muestra en el siguiente enlace: <https://forms.gle/wZ1UkmadQT8a2mGE8>

### **Resultados del cuestionario a los educadores científicos**

A continuación, se presentan las respuestas al cuestionario contestado por los/as educadores/as científicos, agrupando las respuestas de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño de este cuestionario.

- Dimensión 1: De acuerdo a las respuestas de esta dimensión, el 52% de los encuestados tiene el grado de doctor (mayoritariamente son doctores en Química o Física). La mayoría (70%) tiene experiencia en divulgación, algunos de ellos (14%) experiencia de más de 10 años y casi la mitad compaginan la tarea de divulgación con su trabajo principal, la mayoría indica que dedica a esta tarea menos del 25% de su jornada laboral. Casi el 59% trabaja en colaboración con otras personas, empresas o entidades habitualmente.  
En relación a la importancia que creen que tiene la divulgación, un 38% consideran la divulgación de la nanociencia como imprescindible. Sobre la percepción de la divulgación en la sociedad, casi el 80% opina que no se valora como debería, aunque más del 62% piensa que esta valoración ha mejorado con la pandemia.
- Dimensión 2: Tras identificar las palabras clave más utilizadas en las respuestas a las preguntas de esta dimensión, destacan las palabras “nanómetro” (11 repeticiones), “escala” (43 repeticiones), “estructura” (29 repeticiones), “microscopio electrónico” (6 repeticiones), “mojar” (4 repeticiones) y “cuántica” (6 repeticiones).
- Dimensión 3: Los educadores utilizan ejemplos o símiles que permitan vincular los mundos macroscópico y microscópico y ejemplos de aplicaciones de la nanotecnología vinculados, bien a conceptos conocidos por los destinatarios, o con objetos o mecanismos cotidianos. Igualmente utilizan ejemplos de objetos o materiales “populares” a lo largo de la historia para explicar propiedades de los materiales en función de su estructura en la nanoescala. Por ejemplo, algunos de

los citados son: "...el diamante y el grafito son diferentes por la manera en que se organizan sus cristales (organización subnanométrica); el cuarzo y el vidrio son distintos porque sus estructuras, a nivel micrométrico, son distintas. en otras sustancias, la diferencia se establece por las estructuras nanoscópicas", "...es muy importante saber que la ciencia y la investigación están detrás de todo lo que forma parte de nuestro día a día. El chubasquero Goretex que te pones cuando llueve, el chip procesador del nuevo iPhone 12, el tinte del pelo que te gustaría probar y que le queda tan guay a tu amigo, o el televisor Qled de tu vecina donde sí se veía bien el capítulo 8x03 de "Juego de tronos". importante ver cómo se ha avanzado, qué implican esas mejoras y quiénes están detrás de todo ello. Ver que la persona que desarrolló los Oled también tiene dos brazos y dos piernas, y que se le daba mal el análisis morfosintáctico en el instituto, hará que los estudiantes de Secundaria eliminen barreras y entiendan son capaces de hacer ciencia." Entre los 27 ejemplos recogidos, se presentan varias aplicaciones directas de la nanociencia: nanorrecubrimientos, transistores, spray ignífugo, celdas fotovoltaicas, tratamientos tumorales, chubasquero, chip procesador iPhone 12, tinte de pelo, televisión Oled, copa Liturgio y vidrieras.

Las dificultades que los educadores encuentran en la divulgación se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

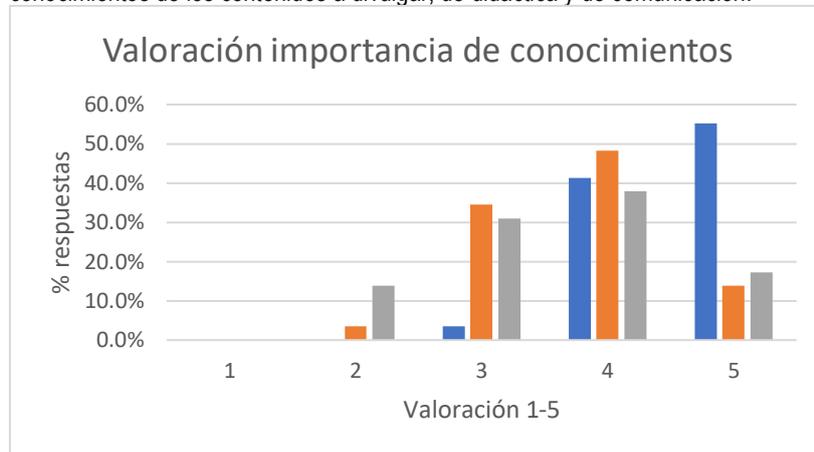
Dificultades que describen los y las educadores/as científicos en la tarea de la divulgación de la nanociencia a través de las TIC.

Obstáculos	EP	ESO	Ejemplo de respuesta en función de la edad del receptor
Dificultad para interiorizar la magnitud de la escala y escaso manejo de este orden de magnitud	X	X	SECUNDARIA: ...la escala nanométrica no se ve, necesitarían acceder a microscopios, espectrómetros... para poder "ver" los conceptos en lo nano, y poder relacionar esto con las propiedades de los materiales, la causalidad de los procesos físicos, químicos o biológicos... creo que esto es necesario para entender las implicaciones en la "vida real" de que los materiales tengan propiedades en la nanoescala.
Falta de conocimiento de conceptos previos	X	X	PRIMARIA. Quizá no sepan lo que son los átomos y mucho menos la cuántica. SECUNDARIA: sobre todo, en los cursos más bajos, entender qué es o por qué se enseña. Creo que algunos conceptos necesitan de mayor conocimiento previo para ser impartidos.
Utilización de conceptos abstractos	X	X	PRIMARIA: ...requiere mucha abstracción SECUNDARIA: ...conceptos abstractos, conceptos cuánticos
Fenómenos difícilmente explicables con ejemplos cotidianos	X		PRIMARIA: ... creo que una dificultad de la población en general a la hora de aprender nanotecnología está en que los fenómenos de la nanoescala no resultan intuitivos, lo que la hace más difícil en comparación con otras ramas de la ciencia en las que se pueden establecer ejemplos con fenómenos cotidianos.
Falta de comprensión de la relación estructura-propiedades de la materia	X		PRIMARIA:...hay evidentemente una dificultad debido a la inaccesibilidad a la observación directa de la interpretación de los fenómenos: creo que una aproximación al problema incidiendo en que, para muchas propiedades, no es tan importante cuáles son los constituyentes de la materia (átomos y moléculas), sino cómo se organizan (desde la formación de estructuras cristalinas, a la organización a escala nanométrica, micrométrica e incluso macroscópica), presentando ejemplos distintos sobre la forma en que estas organizaciones influyen, permite dar una aproximación global al tema, quedando la nanociencia como uno de los aspectos relevantes en el concepto de la relación estructura-propiedades de la materia.
Falta de visión espacial	X	X	PRIMARIA Y SECUNDARIA: Otro aspecto es la falta de visión espacial...
Exceso de información		X	SECUNDARIA: ...elegir la cantidad de información suficiente para que suene creíble pero no tanta, o muy complicada para que todos lo entiendan.
Contenidos fuera del currículo académico o no alineados con el mismo	X	X	PRIMARIA: la disponibilidad de materiales y conocimientos específicos por parte de los docentes, además que no está incluida en el curriculum académico de primaria.
Dificultades para adaptar los contenidos al nivel	X	X	PRIMARIA: Es difícil adaptar este tipo de contenido a estos niveles.

Riesgo de crear una visión científica	X	X	PRIMARIA Y SECUNDARIA: ...la dificultad de ofrecer solo aspectos más o menos espectaculares y meramente fenomenológicos de la nanociencia. Los alumnos podrán conocer (y hasta retener) los ejemplos concretos que se les presenten, pero no serán conceptos científicos, no se ajustarán a un modelo general sobre cómo está constituido el orden material de la naturaleza y nuestro entorno. Serán meras maravillas, de carácter anecdótico, que difícilmente ayudarán a una concepción general de una "cultura científica forma.
Falta de motivación		X	SECUNDARIA: ...en educación secundaria algunos conceptos clave quizá los dominan más. Pero aquí la dificultad está en motivarlos más, en que sientan que es una cosa atractiva, y útil. Que les guste.
Falta de referentes		X	SECUNDARIA: Mucho más atractiva todavía si eres capaz de verte reflejada en las personas que están detrás de los avances en nanociencia.

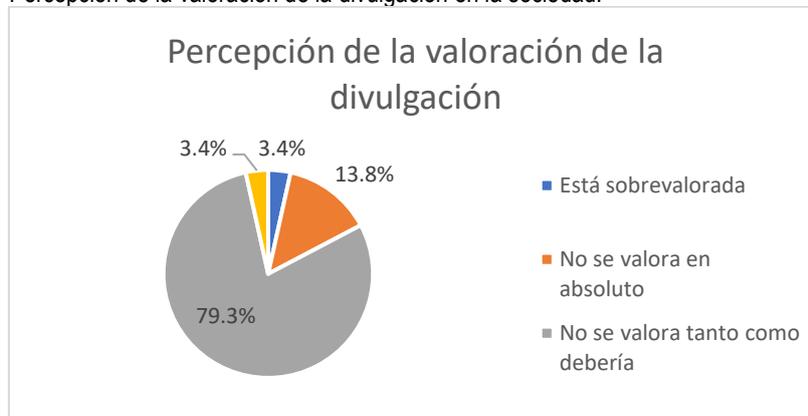
- Dimensión 4: En la figura 3, se muestra la importancia que los encuestados otorgan (en una escala del 0 al 5, siendo 5 la importancia más alta) a tener conocimientos para llevar a cabo la divulgación sobre: contenidos científicos (color azul), de didáctica (color naranja) y de comunicación (color gris).

**Figura 3.** Valoración de la medida en la que los educadores consideran importante poseer conocimientos de los contenidos a divulgar, de didáctica y de comunicación.



En este caso (figura 4), presentamos la gráfica con la percepción de los encuestados sobre cómo está valorada la divulgación científica entre la sociedad.

**Figura 4.** Percepción de la valoración de la divulgación en la sociedad.



Más del 62% afirma que esta valoración ha mejorado tras la pandemia. El 60% de ellos afirma que ha mejorado en una medida de 4 sobre 5.

## Discusión y conclusiones

El objetivo de esta investigación ha sido el de conocer los perfiles y dificultades que encuentran los educadores científicos en el desarrollo de la labor de divulgación de la Nanociencia a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación.

Atendiendo a la primera pregunta de investigación planteada, y en base al análisis detallado de los cuestionarios, se presenta un “perfil tipo” de educador/a de Nanociencia: Persona mayor de 33 años, igualdad de género, doctorado, con formación sobre todo en Ciencias Físicas y Químicas, con experiencia de más de 4 años en divulgación científica. Mayoritariamente estas personas desempeñan su función laboral en la Administración (funcionariado o laboral), con responsabilidad en la gestión de equipos de trabajo, y la compaginan con la divulgación, a la que dedican en torno al 25% del tiempo de su jornada laboral. Estos divulgadores/as consideran que la divulgación en Nanociencia es imprescindible y, que es necesario contar con conocimientos fundamentalmente del tema a difundir, pero también creen necesaria una mínima formación en didáctica y en comunicación, y su percepción general es que la divulgación no se valora como se debería.

Hasta el momento no se habían analizado los perfiles de los divulgadores científicos en España, por lo que esta investigación es una aportación inicial al conocimiento sobre el tema. Aun siendo conscientes de las limitaciones que presenta la muestra estudiada, nos basamos en ella para establecer un “perfil de educador” de manera inicial conectarlo con las dificultades que éstos/as encuentran en el desarrollo de sus labores divulgadoras.

En relación a la segunda pregunta de investigación, entre estas dificultades destacan la importancia de la formación, no solo de los contenidos a divulgar, sino también de formación en didáctica y el dominio de la competencia comunicativa, tal como exponía Blanco (2004) o Rojas-Caballero (2017). En relación a los conocimientos sobre Nanociencia, los educadores científicos que han formado parte del estudio utilizan palabras relacionadas con la Nanociencia, siendo “escala”, “estructura” y “nanómetro” las más abundantes. El uso de estos vocablos específicos es indicativo del conocimiento del contenido que poseen estos educadores. En la valoración sobre la dimensión didáctica, los resultados muestran que los educadores utilizan ejemplos o símiles que facilitan establecer vinculaciones entre los mundos macroscópico y microscópico, además exponen numerosos ejemplos de aplicaciones de la nanotecnología en situaciones cotidianas que, por tanto, puedan ser familiares para el estudiantado. En cambio, en el diseño de actividades que plantean, apenas se definen los objetivos de las actividades y hay una ausencia total de diseño de estrategias para la adaptación de la divulgación en función del público objetivo.

Las dificultades registradas se podrían agrupar por tanto en tres grupos en función del agente que presenta la dificultad: dificultades de los receptores de la divulgación, como por ejemplo la falta de conocimientos previos, el nivel de abstracción necesario o el escaso manejo de la escala nanométrica; dificultades de los educadores, como la dificultad para la adaptación de los contenidos en función del nivel o el riesgo de divulgar una visión acientífica de la nanociencia; dificultades de contexto, como la falta de alineación entre los contenidos de la nanociencia y el currículo académico.

El hecho de que poquísimos encuestados se dediquen a la divulgación científica como trabajo principal, y la mayoría de ellos lo compaginen con otro trabajo, podría ser un indicativo de que, a pesar de lo necesario de que exista una divulgación específica y

sería a través de redes sociales (que es donde los/as adolescentes recurren para informarse), todavía no se valora socialmente esta labor.

Dada la importancia otorgada a la necesidad de tener conocimientos sobre el tema a divulgar, formación didáctica y formación en comunicación, creemos que las necesidades identificadas en esta investigación deben servir para fortalecer estos puntos y mejorar así las competencias de los futuros educadores científicos.

## Referencias

- Arias, IM (2015). Diseño y validación de un cuestionario de escala formativa para valorar las competencias transversales de estudiantes universitarios. Una propuesta para dispositivos móviles basada en Android. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1, 84-87, <https://doi.org/10.17345/ute.2015.1.661>
- Asadujjaman, M, Cho, KH, ..., & Jee, JP (2020). Nanotechnology in the arena of cancer immunotherapy. *Arch. Pharm. Res.*, 43(3), 58-79. <https://doi.org/10.1007/s12272-020-01207-4>
- Ausubel, D, Novak, J, & Hanesian, H (2000). Educational psychology. A cognitive point of view. Threshing.
- Bayda, S, Adeel, M, ..., & Rizzolio, F (2020). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*, 25(1), 112. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>
- Belastegui, T, Palomar, M, ..., & Matarredona, J (2020). ¿En qué aspectos es más deficiente la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3302. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3302)
- Benlloch, M (2002). La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica. Paidós.
- Blanco, A (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2) 70-86.
- Bucchi, M (1996). When scientists turn to the public: Alternative routes in science communication. *Public Understanding of Science*, 5, 375-394.
- Cámara, M, & López, JA (2015). La población española ante el riesgo y las aplicaciones de la ciencia. El caso de los procientíficos moderados. *Percepción Social de la Ciencia (FECYT 2014)*.
- Chen, F, Liu, X, ..., & Xu, W (2016). A simple one-step approach to fabrication of highly hydrophobic silk fabrics. *Applied Surface Science*, 360, 207-212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.10.186>
- Crone, W, & Koch SE (2006). Bringing nano to the public: A collaboration opportunity for researchers and museums. Minnesota: NISE Network. Science Museum of Minnesota.
- Díaz de Rada, V (2012). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. *Papers: revista de sociología*, 97(1), 193-223.
- González-Arcaide, G, Valderrama-Zurián, JC, & Alexandre-Benavent, R (2009). La investigación sobre la divulgación de la ciencia en España: situación actual y retos para el futuro. *Arbor*, CLXXXV(738), 861-869.
- Grosso-Mesa, J (2017). Ciencia en televisión: las estrategias divulgativas del programa Redes 2.0 de Eduard Punset (TVE, 2008-2013). [Tesis doctoral Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/47521>
- Huang, W., Ling, S, ..., & Kaplan, LD (2018). Silk worm silk-based materials and devices generated using bio-nanotechnology. *Chem. Soc. Rev.*, 47(17), 6486-6504. <https://doi.org/10.1039/c8cs00187a>
- López-Alonso, SR, & Santillan-García, A (2019). Las redes sociales son necesarias para la difusión de la ciencia, pero no suficientes. *Index Enferm*, 28(4), 171-173.
- Melchor-Alemán, MA, Mesta-Torres, L, & Martel-Estrada, SA (2016). Aplicaciones de nanopartículas en textiles para el diseño de interiores. *Espacio I+D: Innovación más Desarrollo*, 5(10). <https://doi.org/10.31644/IMASD.10.2016.a07>
- Morduchowicz, R (2018). Cómo se informan los adolescentes en la era digital. Penguin Random House.
- Muñoz, A (2017). La imagen de la ciencia en España a través de la lente del modelo PIZA. En: FECYT (ed.), pp. 151-177. *Percepción social de la ciencia y a tecnología 2016*, Madrid: FECYT.
- Nathan, MJ, Koedinger, KR, & Alibali, MW (2001). Expert blind spot: When content knowledge eclipses pedagogical content knowledge. In *Proceeding of the third international conference on cognitive science* (Vol. 644648).
- Olmedo-Estrada, JC (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, (2), 137-148. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2011.v8.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.01)
- Reynoso, E (2008). La evaluación de los comunicadores de la ciencia: una perspectiva mexicana. *Razón y Palabra: Primera Revista Digitalizada en Iberoamérica Especializada en Comunicología*, 69.
- Rojas-Caballero, GB (2017). The epistemological obstacle and critical thinking. *Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.*, 13(2), 305-320. <https://doi.org/10.18004/riics.2017.diciembre.305-320>
- Ruiz, H (2021). ¿Cómo aprendemos?: Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza. Graó.

Sánchez-Mora, MC (2009). La enseñanza de la nanociencia: un acercamiento mediante imágenes. *Revista Colombiana de Educación*, 56, 60-78.

Sánchez-Mora, MC (2013). Museos de ciencias, escuelas y profesorado, una relación a revisarse. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 377-393. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2013.v10.i3.05](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.05)

Sánchez-Mora, C, & Tagüeña-Parga, J (2011). El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la Nanociencia. *Mundo Nano*, 4(2), 97-99.

Serena, PA (2013). La Nanociencia y la Nanotecnología: En la frontera de lo pequeño, *Revista Española de Física*, 27(1), 29-33.

Silpa R, Shoma J, ..., & Sabitha, M (2012). Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. *J Pharm Bioallied Sci.*, 4(3), 186-193. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.99016> PMID: PMC3425166

Sprague, J, Stuart, D, & Bodary, D (2018). *The Speaker's Handbook, Spiral bound Version*. Cengage Learning.

Tagüeña, J (2011). El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia. *Mundo Nano* 4(2), 83-102.

Yuste, B (2015). Las nuevas formas de consumir información de los jóvenes. *Revista de estudios de juventud*, 108, 179-191.

Vizcaíno-Verdú, A, de Casas-Morneo, P, & Contreras Pulido, P (2020). Divulgación científica en YouTube y su credibilidad para docentes universitarios. *Educación XXI*, 23(2), 283-306. <https://doi.org/10.5944/educXX1.25750>

Vizzotto, PA, & Mackedanz, LF (2020). Alfabetização Científica e a Contextualização do conhecimento: um estudo da Física aplicada ao trânsito. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20190027. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0027>