

¿De qué color es el oro? Introducción a la nanotecnología en Secundaria Obligatoria

Miguel Ángel Queiruga-Dios¹, Emilia López-Iñesta², María Diez-Ojeda³, Noelia Velasco-Pérez⁴ y José Benito Vázquez-Dorrío⁵

¹Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, maqueiruga@ubu.es

²Departamento de Didáctica de la Matemática, Universitat de València, emilia.lopez@uv.es

³Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, mdojeda@ubu.es

⁴Departamento de Química, Universidad de Burgos, nvperez@ubu.es

⁵Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, bvazquez@uvigo.es

Resumen

A pesar del interés científico y la repercusión social de la nanotecnología, se encuentra prácticamente ausente en el currículum de Secundaria Obligatoria. Se describen algunas experiencias para trabajar en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO que se pueden introducir en el aula utilizando materiales accesibles.

Palabras clave

Nanotecnología, Secundaria Obligatoria, nanopartículas, oro, Física y Química.

Introducción y marco teórico

Plenty of Room at the Bottom (al fondo hay mucho espacio) es el título de la conferencia impartida por Richard Feynman en la Sociedad Americana de Física en 1959. Feynman planteó al público la pregunta “¿Por qué no pueden ser escritos los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler?” (Feynman, 1960; p. 22), aludiendo a las inmensas posibilidades que ofrecería la manipulación de los átomos individualmente. A pesar de los grandes avances en la nanotecnología, esta disciplina sigue siendo desconocida para el público en general (Marschalek y Hofer, 2017). Una búsqueda de la palabra nanotecnología en el Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, arroja un único resultado en Secundaria Obligatoria. Esta palabra aparece en 4º de ESO, en la asignatura Cultura Científica, en el Bloque 5 de Nuevos materiales. El estándar de aprendizaje evaluable en el que aparece es “3.1. Define el concepto de nanotecnología y describe sus aplicacio-

nes presentes y futuras en diferentes campos” (MECD, 2015; p. 467). Esto parece estar en contraposición con las líneas de desarrollo en ciencia y tecnología europeas: el Programa Horizonte 2020 ha destinado a la nanotecnología 3.850 millones de euros (ICONO, 2018) esperando que su desarrollo aporte soluciones innovadoras a muchos de los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual. Por ello se consideran de gran importancia las acciones emprendidas para acercarla al ámbito de la educación (CE, 2004). Sin embargo, en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO, en el Bloque 2 de La materia, podemos leer el estándar de aprendizaje evaluable “8.2. Analiza las distintas formas alotrópicas del carbono, relacionando la estructura con las propiedades” (MECD, 2015; p. 264). Entre estas formas alotrópicas se encuentran el grafeno, los fullerenos o los nanotubos de carbono, denominados materiales nanotecnológicos cuando son generados mediante el control atómico o molecular (Martín-Gago, Casero, Briones y Serena, 2008). Estos materiales presentan características distintas dependiendo del tamaño de las nanopartículas y de su estructura, como el oro y la plata, que presentan distinta coloración dependiendo del tamaño de sus partículas (Figura 1).



Figura 1. Variedad de color que presenta la disolución de nanopartículas de plata en función de su tamaño. Fotografía propia.

Dado el carácter multidisciplinar de la nanotecnología, podría incorporarse en otras asignaturas de Secundaria como se muestra en la Tabla 1.

Asignatura	Curso	Bloque (B)
Biología y Geología	1º y 3º ESO	B1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica B7. Proyecto de investigación
Física y Química	2º ESO	B1. La actividad científica B2. La materia B3. Los cambios
Física y Química	3º ESO	B1. La actividad científica B2. La materia B3. Cambios químicos y sus repercusiones
Física y Química	1º Bachillerato	B5. Química del carbono
Química	2º Bachillerato	B4. Síntesis orgánica y nuevos materiales

Tabla 1. Asignaturas en las que se podrían implementar contenidos de nanotecnología (Fuente: MECD, 2015).

Metodología

Se presentan tres actividades para implementar en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO como introducción a la nanotecnología.

Materiales hidrofóbicos

Una de las aplicaciones de la nanotecnología es el desarrollo de materiales con propiedades hidrofóbicas denominado “efecto loto”: las hojas de estas plantas repelen el agua y resultan imposibles de mojar. Esta actividad permite mostrar una de las aplicaciones de los productos nanotecnológicos y, por otro lado, que muchos de los materiales que se investigan imitan propiedades (efecto loto) o materiales que se encuentran en la naturaleza. El alumnado puede recoger distintos tipos de hojas y comprobar qué ocurre cuando se deja caer una gota de agua sobre su superficie, y a partir de ahí, puede intentar buscar distintas explicaciones. El profesorado puede revisar con el alumnado el concepto de tensión superficial, y cómo esta fuerza tiende a mantener la esfericidad en una gota de agua, lo que ocurre si el agua “no moja” esa superficie. Se observará, con una muestra suficiente de hojas de planta, que las gotas sobre su superficie presentan mayor o menor esfericidad, lo que se corresponde con una mayor o menor hidrofobicidad. Con una representación muy sencilla (Figura 2) es posible guiar al alumnado hacia el hecho de que, dependiendo de la estructura microscópica de la hoja, la gota de agua puede no mojarla (superhidrofobicidad), como ocurre en la flor de loto.



Figura 2. Con distintos cepillos del pelo, con distinta distancia entre cerdas, y una canica, puede orientarse al alumnado hacia la existencia de nanoestructuras hidrofóbicas sobre la hoja de la planta que mantienen la esfericidad de la gota de agua. Imagen propia.

Obtención de grafeno

El grafeno es un material de especial interés debido a sus propiedades y potenciales usos. Con esta experiencia el alumnado puede obtener grafeno a partir del grafito como lo hicieron los ganadores del Premio Nobel de Física del 2010, Andre Geim y Konstantin Novoselov (Vázquez, 2011). Es una técnica muy sencilla que consiste en colocar un trozo de grafito entre dos capas de cinta adhesiva. Al separar estas dos capas de cinta adhesiva, el fragmento de grafito que se ha quedado en cada una de ellas es de menor grosor. Repitiendo este proceso, se obtendrán fragmentos de grafito de espesor cada vez menor, hasta que llegaría un momento (idealmente) en el que una tira de cinta adhesiva contendría una sola capa de grafito. Ese material es el grafeno (Figura 3).

¿De qué color es el oro?



Figura 3. Obtención de grafeno a partir de grafito. Imagen propia.

Fabricación de nanopartículas de oro

Para la síntesis de nanopartículas de oro puede utilizarse ácido cloroáurico, HAuCl_4 , y, como agente reductor, un producto natural como es la vitamina C, ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), según la reacción representada en la Figura 4.

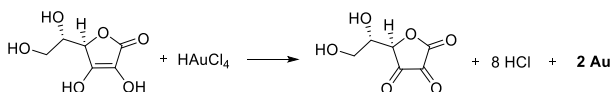


Figura 4. Representación de la reacción de síntesis de nanopartículas de oro.
Elaborado con el *software* ChemDraw Professional 15.0.

Esta síntesis de partículas de oro se encuentra detallada en Martín-Gago et al. (2008; p. 112). El alumnado puede observar que, para una concentración dada de ácido cloroáurico, dependiendo de la concentración del agente reductor, obtendrá disoluciones de distinto color que se corresponderán con distinto tamaño de nanopartículas. Al iluminar con un láser la disolución, podrá apreciar que se produce la dispersión de la luz provocada por las partículas de oro. Podrá experimentar qué ocurre en función de la temperatura a la que ha calentado la disolución al agregar el agente reductor. También se podrá hipotetizar de lo que se observa al añadir sal común a la disolución.

Resultados y conclusiones

La realización de las experiencias permitió al alumnado conocer el significado de nanotecnología. Las ideas previas al respecto estaban relacionadas con *algo muy pequeño* o con *nanorobots*, en el sentido reflejado en las películas de ficción, más que con máquinas moleculares. El alumnado presentaba dificultades a la hora de establecer el tamaño de los objetos, por lo que fue necesario utilizar analogías como: *un nanómetro es a una pelota, lo que la pelota es a la Tierra*.

Algunos expertos opinan que sería conveniente la incorporación de contenidos de nanotecnología en el aula debido a su papel relevante en la ciencia y la tecnología actual y su carácter multidisciplinar. Esto conllevaría también la formación del profesorado (Aguilar, 2013). Pero, aunque existen distintas iniciativas y recursos que permiten la incorporación de este tipo de contenidos en el aula (Mallmann, 2008), el profesorado percibe dificultades para su implementación, entre las que se señalan la existencia de otros contenidos científicos novedosos

así como la sobrecarga curricular de los planes de estudios de ciencias (Ghattas y Carver, 2012). Por ello es un reto importante de la educación la divulgación del conocimiento científico desarrollado en este campo (Tutor-Sánchez, 2013). Actividades como las presentadas permiten su inclusión en el aula con materiales accesibles.

Agradecimientos

“The Colours of Science” Erasmus+ Project (2019-1-ES01-KA229-064196). Esta comunicación refleja solamente los puntos de vista de los autores.

Referencias

Aguilar, Z. P. (7 de abril de 2013). *Should nanotechnology be taught in high school or in gradeschool science classes?* [Question]. ResearchGate. <https://bit.ly/3dc4ttR>

ChemDraw Professional (15.0) [Software]. Massachusetts, PerkinElmer.

Comisión Europea (CE) (2004). Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías. Bruselas. <https://bit.ly/3etWJVj>

Feynman, R. P. (1960). There's plenty of room at the bottom. *California Institute of Technology, Engineering and Science magazine*. Recuperado de: <http://calteches.library.caltech.edu/1976/1/1960Bottom.pdf>

Ghattas, N. I. y Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30 (3), 271-284. <https://doi.org/10.1080/02635143.2012.732058>

ICONO (2018). Documento de trabajo ICONO: evolución de la Nanotecnología en España. Madrid: FECYT. Recuperado de <https://bit.ly/2KixrLH>

Mallmann, M. (2008). Science in School: Nanotechnology in school. Recuperado de: <https://www.scienceinschool.org/2008/issue10/nanotechnology>

Marschalek, I. y Hofer, M. (2017). Nano and the public. *Nature nanotechnology*, 12 (1), 92-92. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/mnano.2016.288/>

Martín-Gago, J. A., Casero, E., Briones, C. y Serena, P. A. (2008). *Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología*. Madrid: FECYT.

MECD (2015). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Madrid: MECD. Recuperado de: <http://bit.ly/36eKHus>

Tutor-Sánchez, J. D. (2013). Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en Iberoamérica. *MOMENTO*, (46E), 42-53.

Vázquez, A. L. (2011). Ha nacido una estrella. El grafeno. *Anales de Química*, 107 (3). Madrid: RSEQ. Recuperado de: <https://bit.ly/2TNOOcy>

¿De qué color es el oro?