



Universidad de Valladolid

**Trabajo Final del Máster Universitario de Profesor de Educación Secundaria
Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas
(Especialidad: Física y Química).**

Curso 2018-2019

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Presentado por:

Andrea Livián López

Dirigido por:

Dr. Manuel Bardají Luna

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Abstract	2
3. Introducción	3
3.1 Justificación del trabajo.....	4
4. Objetivos	5
5. Revisión del currículo de E.S.O y Bachillerato	5
5.1 Currículo en la E.S.O.....	6
5.2 Currículo en Bachillerato.....	7
5.3 Competencias clave.....	8
6. Los nanomateriales	11
6.1 Definición y clasificación.....	11
6.2 Historia y evolución de los nanomateriales.....	13
6.3 Relación de los nanomateriales y la vida cotidiana.....	17
6.4 Toxicidad y normativas al respecto.....	21
6.5 El grafeno: La nueva piedra filosofal.....	22
7. Enseñanza y aprendizaje de los nanomateriales en la E.S.O y Bachillerato	24
7.1 Enseñanza-aprendizaje de los nanomateriales.....	24
7.2 Actividades tradicionales.....	25
7.3 Nanoilustraciones.....	35
7.4 Pensamiento crítico.....	57
8. Atención a la diversidad	62
9. Conclusiones	63
10. Bibliografía	65
11. Listado de tablas y figuras	67
11.1 Listado de tablas.....	67
11.2 Listado de figuras.....	68

1. Resumen

Los avances científicos en nanociencia y en nanotecnología se han incrementado exponencialmente en las últimas décadas y gracias a ellos, cada vez son más las investigaciones acerca de nanomateriales que proporcionan mayor versatilidad y una mejoría en sus propiedades respecto a sus versiones de mayor tamaño, las cuales permiten desarrollar aplicaciones en diversos ámbitos sociales, que hace unos años eran impensables. Se han producido avances en la medicina, la electrónica, la tecnología y los transportes, entre otras. Desde el presente Trabajo de Fin de Master, se construye una propuesta didáctica que consta de una serie de actividades y experiencias prácticas elaboradas empleando tanto metodologías tradicionales como innovadoras, cuyo objetivo es el aprendizaje de conceptos relacionados con los nanomateriales, su estructura, propiedades y aplicaciones reales o potenciales, que tiene como objetivo formar individuos que observen, desde un punto de vista reflexivo, estos descubrimientos presentes en la sociedad que habitan.

De un modo transversal, se pretende por un lado, fomentar la reflexión acerca de la posición que ocupan estos contenidos en el proceso educativo, que a pesar de la importancia que van cobrando, aún quedan relegados a un segundo plano en los currículos de E.S.O. y bachillerato y por el otro, proporcionar una serie de herramientas a otros docentes para que en combinación con su experiencia, sus criterios y sus nuevas ideas, puedan transmitirlos en las aulas de forma motivadora y cercana para suscitar el interés de las nuevas generaciones por la nanociencia y la nanotecnología.

2. Abstract

The scientific advances in nanoscience and nanotechnology have increased exponentially in recent decades and thanks to them, more and more research on nanomaterials that provide greater versatility and an improvement in their properties with respect to their larger versions, which they allow the development of applications in various social fields, which were unthinkable a few years ago. Thanks to them, advances have been made in medicine, electronics, technology and transport, among others. From the present Master's Thesis, a didactic proposal is constructed that consists of a series of activities and practical experiences elaborated using traditional and current methodologies, whose objective is the learning of concepts related to nanomaterials, their structure, properties and real or potential applications, which aims to train individuals to observe, from a reflective point of view, these discoveries present in the society they inhabit.

In a transversal way, it is intended, on the one hand, to foster reflection on the position that these contents occupy in the educational process, which despite the importance they charge, are still relegated to the background in ESO's curricula and baccalaureate and, on the other, provide a series of tools to other teachers so that in combination with their experience, their criteria and their new ideas, they can transmit them in the classroom in a motivating and close way to arouse the interest of the new generations for nanoscience and nanotechnology.

3. Introducción

La importancia que han ido cobrando los nanomateriales durante los últimos años en nuestra sociedad continúa creciendo exponencialmente. Estos materiales a escala nanométrica son la consecuencia de los avances en disciplinas como la nanociencia y la nanotecnología y son empleados para el desarrollo de infinidad de aplicaciones, centradas en diversos sectores de la sociedad, que proporcionan mejoras y contribuyen al bien común de los ciudadanos.

Los sectores de la sociedad en los que estas aplicaciones proporcionan impensables avances van desde la medicina, la tecnología, la electrónica, la moda, el deporte, la defensa o el transporte, hasta la construcción.

Los alumnos que participan del proceso educativo a lo largo de los años han visto, quizás sin ser conscientes, muchos de los avances que estos diminutos materiales nos proporcionan. Las nuevas generaciones han nacido en la era de la nanociencia y la nanotecnología, y es por ello que es imprescindible que desde las escuelas se aborden estos contenidos, ya que de otro modo quedarían obsoletas y totalmente desconectadas de la revolución que está viviendo la sociedad en este aspecto.

La educación en estos conceptos puede resultar un motor de motivación y curiosidad para estos alumnos, puesto que al igual que en otras disciplinas científicas, los descubrimientos no tienen fin, ni límites. Siempre habrá algo por lo que seguir investigando. Presentar estos contenidos desde la importancia que tienen, de un modo atractivo, puede ayudar a despertar la vocación investigadora de algún alumno, ya que no suele ser lo común, y este hecho resulta preocupante. Las mentes con nuevas ideas y espíritu por cambiar las cosas son el aval de una sociedad moderna.

Desde el ámbito educativo, al igual que de otras cuestiones de las que están tomando conciencia los jóvenes como lo es la cuestión medioambiental, se debería promover la importancia de las inversiones económicas en ciencia por parte de los gobiernos de los diferentes países. El presupuesto económico en I+D en España alcanza la cifra de 14.052 millones de euros en el año 2017 [15], y aunque podría considerarse como asequible, no es suficiente para poder costear las investigaciones a las que tendrán que hacer frente las

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

nuevas generaciones. Pero estas aspiraciones tan solo se podrán satisfacer si también desde la enseñanza de las ciencias se fomenta el pensamiento crítico, tan imprescindible en avances de los que no se conocen ni sus alcances ni riesgos.

En este trabajo se presenta una propuesta educativa para la enseñanza de la nanociencia y la nanotecnología tanto en E.S.O. y en bachillerato. Se trata de darle un contexto a las informaciones relacionadas con estos avances científicos y tecnológicos que reciben los alumnos desde los diversos medios de comunicación. Al contrario que la enseñanza de otros contenidos científicos, que resultan áridos de relacionar con lo ordinario, al desarrollar las actividades que propone este TFM se trata de contextualizar y explicar algo que ya forma parte de la vida cotidiana y que muchas veces se escapa de nuestros conocimientos por lo novedoso.

Tratar de conocer cómo se nos proporciona salud, como se alcanzaron las propiedades textiles de nuestra ropa, si en algún momento tendremos pantallas plegables en nuestros teléfonos móviles o por qué la raqueta de Rafa Nadal aguanta todos los golpes [11] podría considerarse como fuente de curiosidad, investigación y motivación para los alumnos.

3.1 Justificación del trabajo

Las actividades que aparecen recogidas en el presente trabajo se proponen con el fin de dar la visibilidad necesaria a estos conceptos, que no ocupan un papel fundamental en los currículos de E.S.O. y bachillerato, y de proporcionar herramientas didácticas a otros docentes que deseen darle mayor protagonismo a estos contenidos en el aula.

Con la búsqueda de información, las ilustraciones de algunas propiedades de estos nanomateriales, la experimentación [5] y la confrontación de ideas los alumnos adquieren las herramientas idóneas para observar la nanotecnología desde un punto de vista reflexivo ante todas las informaciones que se emiten desde diferentes ámbitos e intereses políticos o comerciales.

Con esta propuesta didáctica se les introduce en un mundo en constante cambio y evolución, en el que los descubrimientos de la década anterior son considerados obsoletos,

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

se les motiva por tanto a estar permanentemente informados. Tratando, en el mejor de los casos, de despertar el espíritu investigador de algunos alumnos.

Finalmente se han tratado de emplear diferentes metodologías [1] para desarrollar las actividades, puesto que de este modo se muestra al alumno diferentes formas de enseñar y por consecuencia de aprender, dando un abanico más amplio a la tarea más importante que cualquier alumno tiene, aprender a aprender.

4. Objetivos

- ✓ Comprobar el currículo relacionado con los nanomateriales en E.S.O. y bachillerato regulado por las órdenes vigentes.
- ✓ Ahondar en la historia de los nanomateriales, desde sus inicios hasta los últimos avances y las repercusiones y aplicaciones sociales que han tenido.
- ✓ Desarrollar una propuesta didáctica que combine la enseñanza tradicional con metodologías novedosas teniendo como eje central el aprendizaje de aspectos relacionados con los nanomateriales desde un punto de vista práctico y motivador.
- ✓ Proponer a los actuales y futuros docentes diferentes herramientas metodológicas y actividades para impartir contenidos relacionados con los nanomateriales.
- ✓ Dotar a los alumnos de las herramientas necesarias para cuestionarse los nuevos avances en el campo de la nanociencia y la nanotecnología.
- ✓ Guiar al estudiante en el contraste de los aspectos positivos y negativos de la falta de límites ante un avance científico.

5. Revisión del currículo en E.S.O. y bachillerato.

Para estudiar los contenidos que se imparten, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables existentes en los diferentes cursos se han de consultar la Orden EDU/362/2015 [17] y la Orden EDU/363/2015 [18] para la E.S.O. y bachillerato, respectivamente.

Tras la revisión de estos documentos se observa que las asignaturas en las que se enseñan contenidos relacionados con los nanomateriales son cultura científica de 4º de E.S.O., física y química de 1º de bachillerato y se nombran, aunque no se expliquen en profundidad, en la

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

asignatura de física de 2º de bachillerato. También, de un modo indirecto, se tratan en la asignatura de cultura científica de 1º de bachillerato.

La asignatura de cultura científica, que es relativamente novedosa, engloba conocimientos de diversas asignaturas, como lo son la geología, la física y química, la tecnología y la biología. Los alumnos que cursan esta asignatura, proceden tanto de la modalidad de ciencias como de la de humanidades y ciencias sociales, y presentan diferentes intereses y concepciones frente a estos contenidos, es por ello que se pretenden enseñar tratándolos con un enfoque general, huyendo de formalismos y tecnicismos con el fin de contextualizarlos en la sociedad en la que vivimos [17]. La ciencia ha ocupado un papel fundamental en la cultura de las sociedades, ya que sus mayores avances se han producido en el transcurso de las últimas décadas, y es por ello que desde esta asignatura se pretende cultivar el pensamiento crítico de los alumnos ante estas cuestiones cada vez más presentes en los medios de comunicación.

Será relevante que el profesorado fomente el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) en todas las disciplinas y en particular en la asignatura de cultura científica, ya que la correcta búsqueda, procesamiento y organización de la información, con la ayuda de estas herramientas, será fundamental.

5.1 Currículo en la E.S.O

Únicamente en 4º de E.S.O. se estudian conceptos relacionados con los nanomateriales en el bloque 5 titulado “Nuevos materiales” de la asignatura de cultura científica.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 5. Nuevos materiales		
Historia de los nanomateriales. Fullerenos, Grafeno y Nanotubos de carbono. Aplicaciones futuras de la nanotecnología.	3. Conocer las aplicaciones de los nuevos materiales en campos tales como electricidad y electrónica, Textil, transporte, alimentación construcción y medicina.	3.1. Define el concepto de nanotecnología y describe sus aplicaciones presentes y futuras en diferentes campos.

Tabla 1. Currículo de la E.S.O. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O.

5.2 Currículo en bachillerato

Respecto a primer curso de bachillerato, en la asignatura de física y química, en el bloque 5 llamado “La química del carbono” se estudia con mayor profundidad la química que gira en torno al átomo de carbono, es decir, sus formas alotrópicas, sus enlaces y algunos compuestos de carbono de especial interés debido a sus aplicaciones como son el grafeno o el fullereno.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 5. Química del carbono		
El átomo de carbono. Formas alotrópicas. Enlaces del átomo de carbono. Compuestos de carbono: Grupos funcionales y funciones orgánicas	5. Diferenciar las diferentes estructuras que presenta el carbono en el grafito, diamante, grafeno, fullereno y nanotubos relacionándolo con sus aplicaciones.	5.1. Identifica las formas alotrópicas del carbono relacionándolas con las propiedades físico-químicas y sus posibles aplicaciones

Tabla 2. Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de física y química de 1º de bachillerato.

- Cultura científica de 1º de bachillerato

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. Procedimientos de trabajo		
Descubrimientos científicos e inventos que han marcado época en la historia.	2. Valorar la importancia que tiene la investigación y el desarrollo tecnológico en la actividad cotidiana.	2.1. Analiza el papel que la investigación científica tiene como motor de nuestra sociedad y su importancia a lo largo
Bloque 3. Avances en biomedicina		
La investigación médica	Tomar conciencia de la importancia de la investigación médico-farmacéutica y describir el proceso de desarrollo de medicamentos.	4.1. Describe el proceso que sigue la industria farmacéutica para descubrir, desarrollar, ensayar y comercializar los fármacos.

Tabla 3. Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de cultura científica de 1º de bachillerato.

- Física de 2º de Bachillerato.

Introducción	En cuanto al futuro, las aplicaciones de la nanotecnología, los superconductores, la microelectrónica prometen resultados importantes.
---------------------	--

Tabla 4. Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de física de 2º de bachillerato.

5.3 Competencias Clave

Los contenidos recogidos en los currículos de E.S.O. y bachillerato nombrados anteriormente deben ser trabajados en base a las siete competencias clave que aparecen recogidas en la Orden ECD/65/2015 [16], ya que los objetivos que se pretenden alcanzar en cada etapa están estrechamente relacionados con estas.

Los objetivos de desarrollar la labor docente, teniendo siempre presentes las siete competencias clave, es que los alumnos adquieran determinadas actitudes, valores, y conocimientos de cultura general y que les sean proporcionadas herramientas y estrategias que les permitirán una óptima incorporación a la vida laboral y adulta, así como un correcto desarrollo de su aprendizaje a lo largo de su vida. Por lo tanto, es responsabilidad del docente plantear actividades y metodologías que trabajen varias competencias a la vez, y que a su vez sean innovadoras y motivadoras para los alumnos.

Algunas de las siete competencias están íntimamente relacionadas con los contenidos impartidos en asignaturas de carácter científico como física y química, cultura científica, química o física, para otras, sin embargo, será necesario un especial esfuerzo por parte del docente para incluirlas.

Las siete competencias claves son las que nombraremos a continuación a pesar de que en cada actividad propuesta más adelante especifiquemos cuál de ellas vamos a desarrollar.

Competencia en comunicación lingüística (CCL)

Capacidad de emplear la lengua, desarrollar ideas y de interactuar y socializar con otros seres humanos por medio del lenguaje en sus diferentes modalidades,

formatos y soportes. Se trata de una vía de acceso al conocimiento y aprovechamiento de la experiencia educativa fuera y dentro de la escuela.

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)

En primer lugar la competencia matemática hace referencia a la capacidad de describir, interpretar o predecir diferentes fenómenos en su contexto, ya sean de carácter personal, social, profesional o científico, a través del razonamiento matemático y sus herramientas, en el que está implícito el análisis de gráficos, representaciones matemáticas y la manipulación de expresiones algebraicas. También se incluyen en esta competencia una serie de valores basados en el respeto a los datos, el rigor y la veracidad. En segundo lugar, la competencia básica en ciencia y tecnología es la capacidad de acercamiento al mundo físico y la interacción responsable con él. Al desarrollar esta competencia se pretende el desarrollo del pensamiento crítico sobre hechos científicos y /o tecnológicos. Los valores asociados al desarrollo de esta competencia están relacionados con los criterios éticos respecto a la ciencia, el apoyo a la investigación científica, la valoración del conocimiento científico y con el sentido de la responsabilidad respecto a la conservación de los recursos naturales.

Competencia digital(CD)

Es aquella que implica el uso creativo, crítico y seguro de las tecnologías de la información y la comunicación para hacer un correcto uso e intercambio de la información.

Competencia para aprender a aprender (CPAA)

Hace referencia a la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje a través del autoconocimiento con el fin de ajustar el tiempo y las demandas de las actividades y tareas requeridas para seguir desarrollando el aprendizaje de un modo eficaz y autónomo.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor (SIE)

La capacidad de reconocer las oportunidades existentes para desarrollar proyectos innovadores e imaginativos asumiendo los riesgos, al mismo tiempo que se desarrolla la autoestima y la autocrítica.

Competencia en conciencia y expresiones culturales (CEC)

Esta competencia está relacionada con la capacidad para apreciar la expresión a través de la música, las artes plásticas y escénicas o literatura.

Competencias sociales y cívicas (CSC)

Respecto a la competencia social hace referencia a la capacidad de obtener un bienestar personal y colectivo desde un punto de vista tanto físico, como mental y saber cómo un estilo de vida saludable puede contribuir a ello. Si nos centramos en la competencia cívica esta hace referencia al conocimiento crítico de los conceptos de democracia, justicia, igualdad, ciudadanía, y derechos humanos y civiles.

6. Los nanomateriales

6.1 Definición y clasificación

Nano es un prefijo griego que significa enano y que equivale a la milmillonésima parte de un metro, es decir 1 nanómetro son 10^{-9} metros. Para tomar consciencia de las minúsculas dimensiones de este orden de magnitud, podemos afirmar que diez átomos de hidrógeno equivalen a un nanómetro o que un leucocito tiene alrededor de cien mil nanómetros.

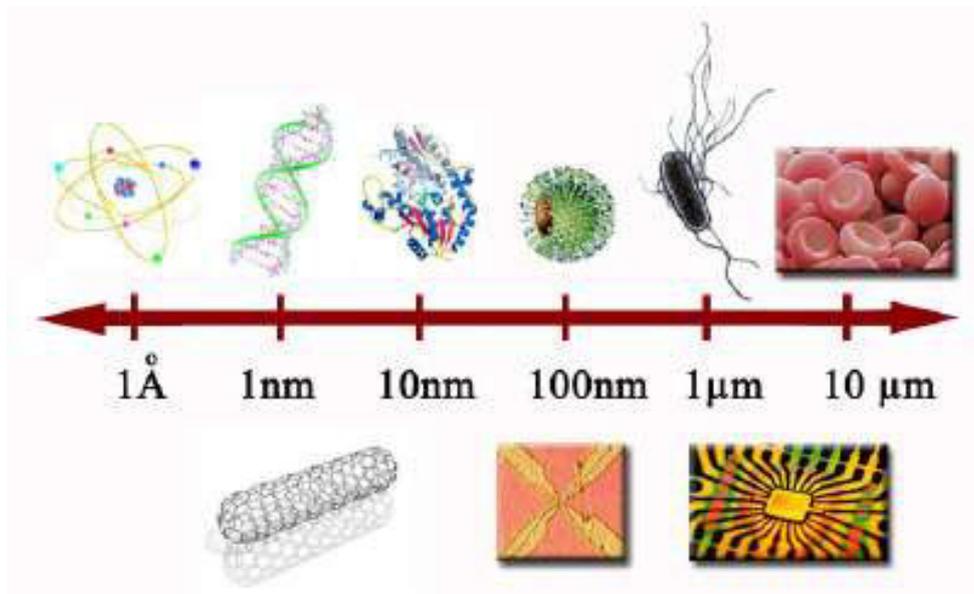


Figura 1. Escala comparativa de tamaño de diferentes materiales conocidos.

La nanociencia se trata de la disciplina científica que estudia cómo afectan los fenómenos físicos, químicos y biológicos en la manipulación de la materia comprendida entre uno y cien nanómetros. Por consecuencia, la nanotecnología está centrada un campo interdisciplinar que tiene como objetivo principal la creación de nuevos materiales que posean una propiedad o característica nueva o superior, rigiéndose por las leyes que dicta nanociencia. Estos materiales con propiedades mejoradas les permiten ser empleados en la creación de nuevas aplicaciones en un vasto rango de contextos como la medicina, el mediomambiente o la electrónica, entre otros muchos [12].

¿Cuál es el motivo de querer manipular materiales a nanoescala? Los nanomateriales presentan, en comparación con los materiales a escala macroscópica, una superficie en relación con su masa mucho mayor, lo que les permite ser químicamente más reactivos y la

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

consecuencia directa de esto es una modificación notable en sus propiedades. De hecho las leyes clásicas de la física dejan paso a la física cuántica cuando se habla de estos materiales [23].

Lo que diferencia estos materiales de otros es su tamaño nanométrico, pero es cierto que esto puede resultar una acotación poco concreta, ya que existen diversos tipos de materiales que presentan ese tamaño, por ello es necesario establecer diferentes clasificaciones en base a varios criterios.

Una de las clasificaciones más comunes divide a los nanomateriales según sus dimensiones. Indicando con la nomenclatura cuantas de las dimensiones de la nanoestructura superan el rango de la nanoescala se establecen cuatro categorías en base a esta clasificación: OD, 1D, 2D, 3D [14]. Por ejemplo, para los nanomateriales OD, ninguna de las dimensiones de su estructura supera la nanoescala. Sin embargo, los nanomateriales 3D tienen las tres dimensiones fuera del rango nanométrico, pero su estructura interna se trata de una nanoestructura.

Categorías	Nombre	Nanomaterial
OD	Cerodimensional	Nanopartículas, nanocristales y nanoclusters
1D	Monodimensional	Nanohilos y nanotubos
2D	Bidimensional	Grafeno
3D	Tridimensional	

Tabla 5. Cuadro explicativo de la clasificación dimensional de los nanomateriales.

Otras clasificaciones pueden estar centradas según la naturaleza química de los nanomateriales, dividiéndolos en orgánicos e inorgánicos. Otra que se puede encontrar en la literatura es la referente a la procedencia, habiendo nanomateriales naturales, producidos por árboles plantas volcanes o espumas marinas, incidentales, producidos por la combustión de vehículos o en procesos industriales, o sintéticos.

Existen infinidad de nanomateriales, por tanto es común encontrar diversas clasificaciones centrándose cada una en unas determinadas características.

6.2 Historia y evolución de los nanomateriales

Es común encontrar la creencia de que los nanomateriales datan de nuestra historia más reciente, sin embargo, se tiene constancia de ellos desde la historia más antigua de la humanidad, a pesar de que en ese periodo no eran reconocidos como tales. Algunos fósiles de moluscos presentan nanoestructuras en sus caparazones, gracias a las cuales, las grietas no han podido seguir penetrando hasta hacerlos quebrar y es por ello que tenemos esta evidencia en nuestros días.

Los nanomateriales ya fueron empleados por los humanos contemporáneos a la era del **Mesolítico**, cuando moldeaban la cerámica tradicional fabricada con arcillas nanométricas.

Las nanopartículas ya fueron empleadas por las civilizaciones más antiguas alrededor de los siglos **IV y V a.C.** La civilización egipcia empleaba nanopartículas de sulfuro de plomo (II), PbS, para oscurecerse el cabello y la china y la india, nanopartículas de oro para curar algunas enfermedades como úlceras cutáneas sífilis o rubeola.

Un ejemplo llamativo en el que se tiene constancia de la presencia de las nanopartículas es la copa de Licurgo [6], que se encuentra expuesta en el British Museum de Londres. Esta pieza de arte romano, que data del siglo **IV a.C.**, está impregnada con nanopartículas de oro y de plata, lo que le permite pasar de una tonalidad a otra cuando es iluminada.



Figura 2. Los dos colores que presenta la copa de Licurgo cuando es iluminada.

Se constató la presencia de las nanopartículas que recubrían este material gracias al empleo de la técnica de microscopía electrónica de transmisión (MET) [6], que consiste en la

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

focalización de un haz acelerado de electrones en una muestra de grosor muy bajo. Cuando los electrones colisionan con la muestra dependiendo del grosor y tipo de átomos que la forman, parte de ellos son dispersados selectivamente y otros atraviesan la muestra. Todos ellos son conducidos y modulados por unas lentes para formar una imagen final sobre una placa fotográfica que permite hacer miles de aumentos de la imagen, con distintas tonalidades de gris, que se corresponden al grado de dispersión de los electrones incidentes.

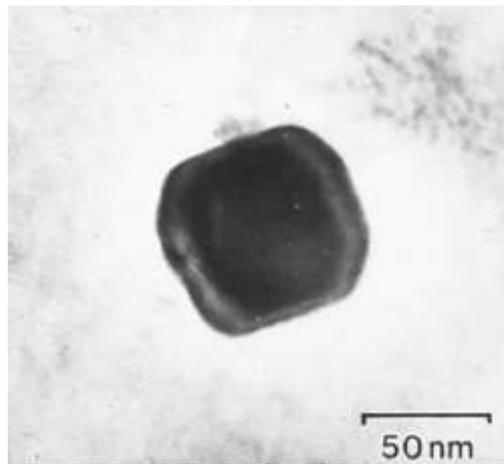


Figura 3. Partícula de aleación de plata y oro obtenida de emplear esta la técnica MET en la copa la copa de Licurgo.

Siglos más tarde, en la **Edad Media**, estas partículas se empleaban para dar coloración a las vidrieras de algunas construcciones góticas de la época.



Figura 4. Vidriera coloreada con nanopartículas.

El primer testimonio escrito de estas nanopartículas aparece recogido en el año **1769** y se nombran con el término de "oro potable", recogido en el diccionario francés de la Química,

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

haciendo referencia a un supuesto oro bebible que no era más que partículas de oro finamente divididas.

En el **siglo XIX (1857)**, el científico británico Michael Faraday preparó disoluciones de nanopartículas de diversos metales, aunque en aquella época eran conocidas como disoluciones coloidales.

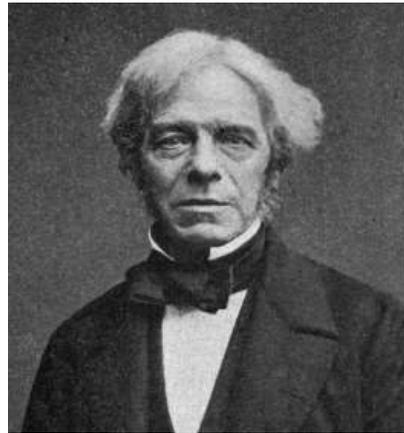


Figura 5. Retrato de Michael Faraday.

A pesar de que los nanomateriales han existido entre nosotros desde hace tiempo incalculable, el 29 de diciembre del año **1959** [14], el prestigioso premio nobel del física Richard Feynman pronunció su conferencia en el instituto tecnológico de California (CalTec). Este hecho es considerado, por la mayor parte de la comunidad científica, como el comienzo de la nanotecnología o al menos su antecedente clave. El título de esta histórica conferencia fue “There is plenty of room at the bottom” y hace referencia a que podemos trabajar incluso con los objetos de tamaño más pequeño.



Figura 6. El premio nobel de física Richard Feynman pronunciando su discurso en el Caltec.

Unos años más tarde, en el año **1985** se produce otro hecho relevante en la historia de los nanomateriales, los científicos Robert Curl, Harold Kroto y Richard Smalley descubren una forma alotrópica del carbono, de fórmula molecular C_{60} , que posteriormente será denominada como fullereno en honor al arquitecto Buckminster Fuller. Por este avance científico reciben el premio nobel de química en el año **1996**.

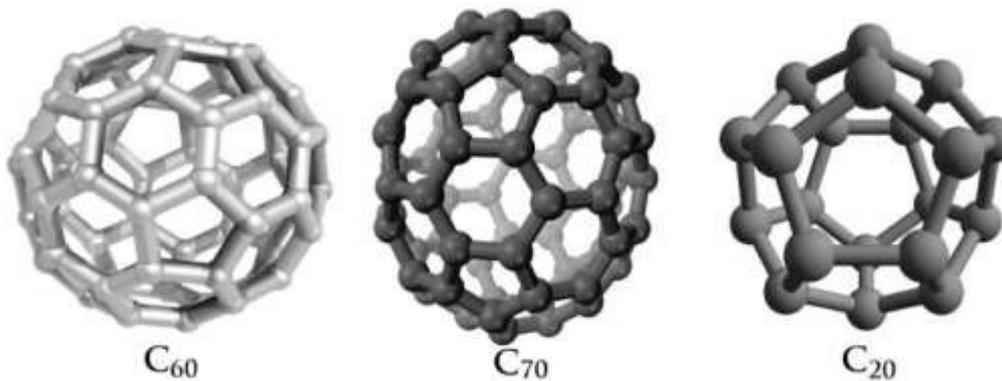


Figura 7. Fullerenos con diferente número de carbonos.

Temporalmente a la par que el descubrimiento del fullereno, el científico Eric Drexler, ingeniero del instituto tecnológico de Massachussets y actual presidente del Foresight Institute publica en el año **1986** el libro “Engines of Creation “. Este libro, donde el visionario relata los peligros y promesas de la manipulación molecular, es considerado la guía por excelencia de la nanociencia y la nanotecnología y el punto de referencia de los posteriores avances en este campo.

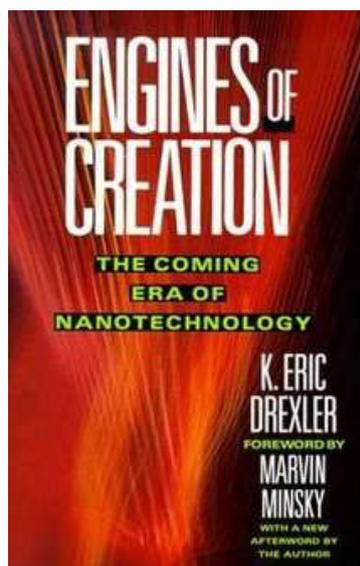


Figura 8. Portada del libro “Engines of Creation “escrito por Eric Drexler.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

En el año **1991** el científico japonés Sumio Iijima descubre lo que conocemos como nanotubos de carbono (CNTs).



Figura 9. Esquema de la estructura de un nanotubo de carbono

El último nanomaterial descubierto ha sido el grafeno. Este material fue sintetizado por primera vez en el año 2004 y a pesar de ello, no saltó a la fama hasta que sus descubridores, Andre Geim y Konstantin Novoselov, recibieron el premio nobel de física en el año 2010 [8] y como ya se apuntó, en aquel momento, las aplicaciones del grafeno son innumerables, hecho que seguimos comprobando en la actualidad.

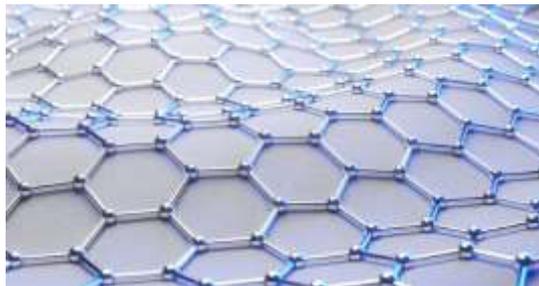


Figura 10. Representación de la estructura de una lámina de grafeno.

6.3 Relación de los nanomateriales y la vida cotidiana

La cantidad de nanomateriales que están presentes en la sociedad, permite a los científicos e investigadores tener un vasto abanico de diferentes propiedades disponibles para crear la tecnología que les permita obtener su máximo rendimiento.

Por la versatilidad que presentan, los nanomateriales mejoran diferentes ámbitos de nuestra vida como lo es la medicina, los transportes, la construcción, la electrónica, la moda o el deporte, entre otras, y además sustituyen a muchos de los materiales equivalentes, ya que para conseguir el mismo efecto se necesita mucha menos cantidad de sustancia. A pesar de que es un hecho constatado que existen infinidad de aplicaciones, tan solo voy a

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

nombrar algunas de ellas por su relevancia o por la participación de grupos de I+D españoles.

Unos de los avances más revolucionarios en el ámbito de la medicina es el rápido diagnóstico de enfermedades, como el VIH o el Ébola, gracias a nanopartículas magnéticas que acopladas a un biosensor, actúan como traductoras de información procedente de los propios virus que originan estas enfermedades [9]. Existen otras muchas aplicaciones de los nanomateriales tanto en el diagnóstico de enfermedades, como en su tratamiento, utilizando para ellos nanopartículas magnéticas de óxido de hierro, nanopartículas coloreadas de oro o plata o nanotubos de carbono. Un claro ejemplo es el empleo de nanomateriales modificados en el tratamiento de cánceres para interactuar directamente con ellos [4].

Por otra parte, Investigadores de la universidad Carlos III de Madrid en colaboración con los integrantes de la empresa CEOSA-Euroortodoncia han aumentado, de un modo biocompatible, la resistencia mecánica y a la abrasión de los brackets de polisulfona, que es un plástico muy resistente de aspecto transparente, incluyendo de forma homogénea duras nanopartículas de alúmina en su estructura[20].



Figura 11. Brackets de polisulfona con nanopartículas de alúmina en su estructura

La creación de estos nuevos plásticos nanoreforzados ha sido patentada por la empresa CEOSA-Euroortodoncia junto a los investigadores de la universidad Carlos III y está siendo usada en la fabricación de equipos médico-quirúrgicos, donde tan importantes son las características alcanzadas.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

La universidad politécnica de Cartagena inició en el año 2016 el proyecto denominado “Aplicaciones del Grafeno en Equipos Personales para la Defensa, (A.G.E.P.A.D)” que estudia incrementar la resistencia, sin perder el confort, de introducir grafeno en la estructura de los chalecos antibalas ante el impacto de disparos de AK-47[10]. Esta investigación ha concluido en septiembre de 2018 con las pruebas por parte de la escuela de infantería general de Albacete y Fuster (Eimgaf) y la conclusión ha sido que los avances obtenidos son muy positivos y prometedores.

Una de las investigaciones más punteras en este sector textil es la que están llevando a cabo un grupo de investigadores de la universidad RMIT de Melbourne en Australia, que afirman que ya no tendremos que lavar la ropa debido a que las manchas se eliminarán, gracias a unas nanoestructuras que se incorporaran a las fibras textiles y son capaces de degradar la materia organica simplemente con su exposición a la luz [3].

Respecto a los transportes, las nanopartículas acrílicas empleadas como recubrimiento a las pinturas de algunos aviones, se introducen entre los poros de su superficie originando una película que impide el posterior depósito de contaminantes y otras sustancias presentes en la atmosfera consiguiendo aparatos más aerodinámicos y con menor consumo de combustibles , lo que tiene elevados beneficios económicos y medioambientales.



Figura 12. Comportamiento de un fluido sobre una superficie recubierta de pinturas acrílicas en las que se han añadido nanopartículas.

Otro avance en este campo es el empleo de nanopartículas de sílice en la prolongación de la vida de los neumáticos haciendolos menos propensos a desgastarse y de este modo reducen el consumo de combustibles y las emisiones de gases contaminantes[3].

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

En la industria microelectrónica, los nanomateriales están más presentes que nunca, de hecho el término estrictamente correcto para denominarla sería “nanoelectrónica”. Con el transcurso de los años, muchos de los dispositivos electrónicos que empleamos cotidianamente son capaces de almacenar más información en un espacio cada vez más pequeño. Cada uno de ellos está integrado por un determinado número de transistores, que no son más que dispositivos semiconductores de silicio empleados en transmitir y amplificar las señales, y que son capaces de almacenar la información disminuyendo su tamaño cada vez más, llegando a la nanoescala. Esta tendencia es cuantificada por la ley de Moore desde el año 1971, cuando se creó el primer chip, hasta la actualidad, que afirma que el número de transistores de cada dispositivo se va duplicando aproximadamente cada dos años [23].

Respecto a las aplicaciones impensables que quizás se puedan alcanzar en los próximos años, grandes empresas de telefonía móvil investigan la creación de un Smartphone con la pantalla autorreparable. Esta tecnología está basada en microesferas que contienen un líquido cuya composición mayoritaria es de carbono. Cuando la superficie quiebra, estas microesferas liberan el líquido que contienen. Esta sustancia inicia una polimerización del material gracias a la ayuda de un catalizador presente en su estructura, que le permitirá regenerar la pantalla. Si estas investigaciones llegan finalmente a sus objetivos, se trataría de una revolución inimaginable en otros sectores como por ejemplo el automovilístico.

En infinidad de materiales empleados en el ámbito deportivo, como raquetas, zapatillas y ropa deportiva o cuadros de bicicleta se introducen pequeñas cantidades de grafeno en sus estructuras, lo que les confiere, teniendo en cuenta que el grafeno es 100 veces más duro que el acero siendo infinitamente más ligero, mejores propiedades mecánicas, o una redistribución optimizada del peso[3].

También son relevantes los avances en el sector medioambiental. Las pinturas que recubren algunos automóviles están compuestas por catalizadores fabricados de nanomateriales que poseen la ventaja de poseer mayor superficie activa, lo que les confiere mayor facilidad en la captación de los gases de combustión y transformarlos en gases no contaminantes.[3] Además ciertas nanopartículas son empleadas en la depuración del agua participando en una reacción química para obtener productos inofensivos a partir de productos contaminantes.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

En el sector de la construcción, los nanotubos de carbono son empleados para la prevención de grietas en el cemento, la mejora de las propiedades térmicas y mecánicas en la cerámica. Sin embargo, para el refuerzo del hormigón se emplean nanopartículas de óxido de silicio, SiO₂ las cuales también proporcionan propiedades ignífugas a las ventanas.

En la industria alimentaria el objetivo que los investigadores pretenden alcanzar es reestructurar los alimentos a nivel atómico o molecular para mejorar sus propiedades y quizá en un futuro no muy lejano podamos disfrutar de una hamburguesa que reduzca el colesterol.

En los productos de cosmética e higiene personal, el empleo de las nanoemulsiones está al orden del día, siendo el tamaño típico de estas partículas de 10 nm. Estas estructuras son transparentes y presentan propiedades que no han sido obtenidas con otros productos. Podemos encontrar nanomateriales en productos antiedad, correctores de ojeras, coloretes, cremas para el tratamiento del picor, protectores solares, entre otras [3].

El descubrimiento y la síntesis de estos materiales se tratan la punta de lanza de la ciencia y es por ello que, deberán cobrar un peso más relevante en la educación escolar.

6.4 Toxicidad y normativas respecto

Ante los avances tan rápidos de la nanotecnología son varios organismos que demandan una regulación al respecto. Desde el Parlamento Europeo, desde varios Estados Miembros y Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) se promueve un nano-inventario en el que se recojan de forma detallada los tipos y usos de los nanomateriales siendo los principales destinatarios de esta información las autoridades, las instituciones públicas, los trabajadores o las organizaciones ambientales o de consumidores. El registro REACH europeo (Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas) no se aplica a los nanomateriales ya que este se limita a sustancias químicas que se fabrican en cantidades superiores a tonelada al año, siendo este otro de los motivos por los que se promueve un registro armonizado y único a escala de UE [3].

Será imprescindible en las décadas futuras profundizar en el conocimiento y regulación de los nanoplásticos, ya que pueden ser altamente perjudiciales para el medioambiente

acuático [2]. Existe un desconocimiento total sobre las técnicas analíticas para determinarlos en el medio natural así como de los efectos físicos y químicos que pueden ejercer en los seres vivos, como transportadores de otros contaminantes o de los diferentes aditivos que puedan contener.

6.5 El grafeno: La nueva piedra filosofal

El grafeno se trata de una forma alotrópica del carbono y presenta una estructura bidimensional formada por átomos de carbono dispuestos en una red hexagonal continua. Los átomos de carbono presentan enlaces covalentes entre ellos y una hibridación del enlace de tipo sp^2 .

Este material fue sintetizado por primera vez por los físicos Andrèy Gueim y Konstantín Novosiólov en el año 2004, aunque no recibieron el premio nobel hasta el año 2010, sólo seis años después lo que indica el interés suscitado por este trabajo.

Durante el transcurso de esos años la comunidad científica no ha parado de investigar este nuevo nanomaterial debido a sus asombrosas propiedades. Se trata del mejor conductor de la electricidad hasta ahora conocido, de hecho los prototipos de baterías fabricadas con electrodos de grafeno son diez veces más duraderas y se cargan en mucho menos tiempo, además es flexible, resistente, transparente e impermeable.

Son pocas las propiedades que no tiene este nanomaterial, a pesar de ello cuando no dispone de la propiedad que se requiere puede ser combinado con otras sustancias para conseguirlas como por ejemplo el nitruro de boro hexagonal, el disulfuro de molibdeno o el fosforeno (monocapas de fósforo negro).

Aunque está siendo participe de algunas aplicaciones como recubrimiento de pinturas de aviones en aeronáutica, o en el refuerzo de algunos materiales del ámbito deportivo, estas no producen cambios sustanciales que puedan ser considerados como una revolución de la tecnología.

Para tratar de comenzar esta revolución, el grupo investigadores españoles del instituto tecnológico de Massachusetts (MIT), Tomas Palacios y Pablo Jarillo-Herrero, trabaja en la modificación de una impresora 3D para fabricar objetos que contengan sensores o pantallas

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

en sus estructuras. Otras futuras aplicaciones que podrían resultar punteras son los detectores de luz infrarroja de bajo coste que permitan la visión nocturna o sensores químicos para el medioambiente. [7]

Por otra parte es necesario tener en cuenta que para que esta revolución se produzca, su producción y aplicación debe ser más barata respecto a otros materiales con aplicación tecnológica. El precio de una lámina de grafeno cuesta entre 300 y 1000 euros, lo cual es bastante asequible para la actividad investigadora.

Para seguir mejorando las condiciones de este material y hacerlo competitivo a nivel de los mercados se han invertido mil millones de euros en el proyecto europeo que lleva por nombre Graphene Flagship [7]. Este proyecto constituye la iniciativa investigadora más grande de Europa, que tiene en un objetivo de 10 años, el lanzamiento del grafeno desde los ámbitos académicos a los diferentes aspectos de la sociedad, con el consiguiente desarrollo a nivel social laboral económico. En este proyecto participan más de ciento cincuenta grupos de investigación en veintitrés países.

En el ámbito nacional existen algunas empresas de producción de grafeno, a pesar de que el 99% del grafeno que producimos es exportado. Algunas de las más conocidas son: Graphenea Nanomaterials en San Sebastián, Graphenano en Alicante, Graph Nanotech en Burgos y Avanzare en La Rioja.

El grafeno es uno de los grandes descubrimientos del siglo XXI y en estos momentos las aplicaciones que se pueden alcanzar son inimaginables e inciertas, por ello en los próximos años tendremos nuevas noticias de este preciado material.

7. Enseñanza y aprendizaje de los nanomateriales en la E.S.O y bachillerato

7.1 Enseñanza-aprendizaje de la nanociencia y la nanotecnología en E.S.O y bachillerato

Los conceptos asociados a la nanociencia y la nanotecnología no son vistos por los alumnos hasta el curso de 4º de E.S.O., donde se estudian por primera vez en la asignatura de cultura científica. Esta asignatura puede ser cursada tanto para alumnos de la modalidad de ciencias sociales y humanidades como para los de la modalidad de ciencias, por tanto, la profundización en contenidos técnicos no es muy grande. En cursos posteriores, se vuelven a estudiar al impartir conceptos relacionados con la química orgánica, puesto que muchos de los nanomateriales con mayor aplicación en el mundo contemporáneo están compuestos de átomos de carbono.

Al ser una rama de la ciencia novedosa y de gran avance en los últimos tiempos los docentes deben estar permanentemente actualizados al respecto. Las metodologías más empleadas al enseñar este tipo de contenidos son aquellas que favorecen la interacción entre el docente y los alumnos, así como entre ellos mismos, de este modo, se favorece el intercambio de ideas e impresiones sobre los nuevos descubrimientos. Se empleará el *aprendizaje cooperativo (AC)*, mediante el cual se favorece el aprendizaje individual de cada alumno desarrollando el del resto de sus compañeros [1], en combinación con la búsqueda de información, favoreciendo la competencia digital, tan necesaria en el tiempo actual.

Por otra parte, no se desecha la enseñanza tradicional al impartir estas materias, ya que es necesaria una introducción teórica a modo de clase magistral por parte del profesor, ya que al ser conceptos algo abstractos y novedosos si no se dispusiera de ella se podrían asentar mal las bases de los conocimientos de los alumnos.

El testimonio de la profesora de cultura científica de 4º de E.S.O. del colegio San José de los Jesuitas de Valladolid, donde fue desarrollado mi prácticum, es que los alumnos reciben estos contenidos con una buena aceptación, ya que a esos niveles a lo que se le da prioridad es a las aplicaciones en el mundo contemporáneo más que a la parte técnica y al relacionarlo

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

con objetos o situaciones cotidianas se fomenta su interés y participación. Ella, desde su función, pretende que a la vez que adquieren los conocimientos, los alumnos estén desarrollando otro tipo de habilidades y actitudes con el fin de que puedan enfrentarse a problemas de la vida cotidiana.

7.2 Actividades tradicionales

✓ Actividad 1. Exposiciones en el aula.

Nivel del alumnado al que va dirigida:

Esta actividad esta propuesta para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O., aunque es posible adaptarla y posteriormente implementarla para el curso de 1º de bachillerato, tanto para la asignatura de cultura científica como para la de física y química.

El desarrollo de la actividad:

El docente efectúa en el aula una explicación teórica sobre la nanociencia y la nanotecnología, introduce los nanomateriales que se tratarán según el currículo en la asignatura de cultura científica, fullereno, grafeno y nanotubos de carbono, sus propiedades y la relación que estas tienen con sus aplicaciones, que estarán relacionadas con diversos ámbitos de la sociedad como lo son la medicina, el deporte, el transporte, la industria textil, el sector de la construcción o la fabricación de dispositivos eléctricos y electrónicos.

Después de proporcionar los conceptos básicos, el profesor comunica a los alumnos de qué modo se irán trabajando estos contenidos. El docente dividirá a los alumnos en grupos de tres o cuatro miembros atendiendo a las características personales y académicas de cada uno. Cada grupo deberá, por un lado entregar un documento escrito, que elaborarán en las sesiones de clase temporalizadas para ello y lo completarán en casa y por otro, desarrollará una exposición en el aula sobre una aplicación que hayan escogido. Un portavoz elegido por el resto de integrantes del grupo será el encargado de comunicar al docente la aplicación sobre la que trabajar.

Los alumnos comenzarán, por grupos, la búsqueda de información en el aula con los recursos digitales de los que disponga el centro, ya sean ordenadores portátiles individuales o una sala de informática en la que esté disponible material necesario. El docente irá

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

acercándose a cada uno de los grupos resolviendo las dudas que les vayan surgiendo, y proporcionando los consejos adecuados para un correcto desarrollo de la competencia digital.

El día en el que comiencen las exposiciones, se elige el orden de los grupos por sorteo para que sea lo más equitativo posible. El docente irá apuntando los posibles errores que se hayan podido cometer y hará un breve comentario al final de la exposición. Se dejarán unos minutos al final por si el resto de compañeros quieren preguntar alguna duda.

El documento escrito que deben entregar los alumnos:

- Deberá constar de un mínimo de 10 caras a un máximo de 20 caras de duración en el que se recoja toda la información que les resulte relevante. Para facilitar la tarea de búsqueda de información, el docente proporciona un índice que seguir para hacer el trabajo.
 - o **Índice:**

Índice	Puntos a desarrollar
Introducción	¿Qué son los nanomateriales?
Historia	Breve historia general de los nanomateriales Historia del nanomaterial del que se va a trabajar: ¿Quién fue su descubridor/es? ¿En qué año y como se descubrió?
Propiedades	Descripción de las propiedades características del nanomaterial
Aplicación	¿Cómo son útiles las propiedades del nanomaterial para el desarrollo de la aplicación? ¿Cuándo fue puesta en práctica por primera vez? ¿A qué sectores de la sociedad afecta? ¿Cómo crees que ha revolucionado estos sectores?
Problemas	¿Para qué sectores de la sociedad podría ser un problema? ¿Cómo mejorarías esta aplicación?
Conclusión	Reflexión sobre toda la información con la que se ha trabajado a lo largo de la actividad y concretamente de la repercusión que puede tener la nanotecnología en el sector de la aplicación y en la sociedad

Tabla 6. Puntos a desarrollar en el trabajo con los contenidos a tratar en cada uno.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Temporalización

Sesiones	Desarrollo	
1	Explicación teórica del docente.	30 minutos
	Introducción del trabajo.	10 minutos
	División de la clase en grupos y elección la aplicación.	10 minutos
2	Búsqueda de información con los recursos digitales disponibles bajo la ayuda y supervisión del docente.	
3	Exposiciones en el aula, contando con los apuntes del docente al final de cada exposición y con las posibles preguntas de los compañeros.	
4		
5		
6		

Tabla 7. Temporalización de la Actividad 1.

La metodología empleada:

Este tipo de actividades se basan en el *aprendizaje cooperativo (AC)*, ya que los alumnos alcanzan su aprendizaje por medio del trabajo conjunto con el resto de sus compañeros en combinación con el *aprendizaje basado en problemas (ABP)*, de tal modo que los conceptos son adquiridos por los alumnos resolviendo ellos mismos, con ayuda de sus compañeros, las dificultades para organizar, transmitir y desechar los contenidos encontrados [1].

Es importante destacar que en este tipo de actividades el docente tiene un papel de *moderador* y de *guía*. Por un lado, tendrá que resolver de un modo diplomático y ético los problemas que puedan surgir a la hora de elegir la aplicación que va a desarrollar cada grupo, debido a que es probable que surjan conflictos de intereses que deben ser resueltos de un modo dinámico, teniendo en cuenta que el tiempo es un factor limitante. Por otra parte, debe ser el orientador en el proceso de búsqueda de información de los alumnos cuando estos demanden su ayuda y además deberá tener un papel crítico cuando estos expongan su trabajo para no inducir al resto de compañeros a error siempre efectuando críticas objetivas y constructivas.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Las competencias trabajadas:

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓	✓	✓	✓		✓

Tabla 8. Competencias trabajadas con la Actividad 1.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Conocer que son los nanomateriales y la nanotecnología.
- ❖ Estudiar cuál es la estructura, las propiedades y quienes fueron los descubridores del fullereno, del grafeno y de los nanotubos de carbono.
- ❖ Investigar a cerca de las aplicaciones en los diversos ámbitos de la sociedad del fullereno, del grafeno y de los nanotubos de carbono.
- ❖ Conocer otros nanomateriales y sus aplicaciones.
- ❖ Transmitir los conceptos adquiridos tras la búsqueda al resto de los compañeros expresándose de un modo correcto y ordenado, sabiendo gestionar el tiempo empleado en cada intervención.

Evaluación de la actividad:

Para evaluar este tipo de actividades es interesante hacerlo mediante rúbricas:

- Trabajo en equipo.

La rúbrica que se muestra a continuación sirve para que los alumnos autoevalúen su trabajo en el grupo y evalúen al resto de miembros.

Con esto se pretende que los alumnos desarrollen las habilidades sociales y además aprendan a ser asertivos. También será interesante para fomentar la autocrítica y la reflexión personal.

	Nunca	Algunas veces	Siempre
Muestra/muestro interés en el trabajo			
Debate/debato con argumentos sus/mis			

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

puntos de vista			
Colabora/colaboro en el trabajo en equipo			
Trabaja/trabajo con agrado en el equipo			
Facilita/facilito la organización del equipo.			
Aporta/aporto ideas para la comprensión del tema			
Escucha/escucho con atención a sus/mis compañeros			
Expresa/expreso sus dudas al equipo			
Llega/llego puntual a los encuentros del grupo			
Entrega/entrego su/mi parte del trabajo a tiempo			

Tabla 9. Rúbrica de evaluación del trabajo en grupo para la Actividad 1.

	Nunca	Algunas veces	Siempre
Puntuación	0	0.5	1

Tabla 10. Puntuación de la rúbrica de evaluación del trabajo en grupo para la Actividad 1

- Trabajo escrito

Para la evaluación del trabajo escrito el profesor tendrá en cuenta el índice que propuso en la introducción del trabajo:

Índice	Máximo de puntuación
Introducción y conclusión	2
Historia	2
Propiedades	2
Aplicación	2
Problemas	2

Tabla 11. Puntuación para cada apartado del trabajo escrito de la Actividad 1

Para evaluar cada apartado se tendrán en cuenta factores como:

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

- La calidad de la redacción
- La originalidad
- La veracidad de las fuentes
- La corrección de la información
- El correcto uso de la gramática
- La síntesis y el desarrollo de ideas
- Exposición oral

Para evaluar la exposición oral tanto del profesor a los alumnos y de los alumnos al resto de compañeros.

	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno
Contenido				
Presentación				
Secuenciación				
Pronunciación y volumen				
Postura				

Tabla 12. Rúbrica de evaluación para las exposiciones orales de la Actividad 1.

	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno
Puntuación	0	0.5	1	2

Tabla 13. Puntuación de la rúbrica de evaluación de las exposiciones para la Actividad 1.

Para concluir la evaluación, los porcentajes que tendrá cada parte de la actividad serán:

- Evaluación del trabajo escrito

Será el 60% de la nota final de la actividad, se evaluará íntegramente por parte del profesor, de un modo conjunto para todos los miembros, en base a los criterios recogidos en la rúbrica correspondiente.

- Evaluación de las exposiciones

La exposición corresponderá al 30% de la nota final, de ese porcentaje el 5% será evaluado por los alumnos y el 25% por parte del profesor.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

- Evaluación del trabajo en grupo

El trabajo en grupo será el 10%, del cual el 5% será evaluado por parte del profesor y el otro 5% por parte de los alumnos, tanto a otros integrantes como a ellos mismos.

Cuando estén puestas todas las calificaciones el profesor hará una reflexión con los alumnos acerca de la importancia de la objetividad al evaluar.

✓ **Actividad 2. Nanobrainstorming.**

Nivel del alumnado al que va dirigida:

Esta actividad también será desarrollada para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O. También puede ser implementada para el nivel de 1º de bachillerato, tanto para la asignatura de cultura científica como para la asignatura de física y química.

El desarrollo de la actividad:

Esta actividad puede ser considerada como una actividad complementaria de refuerzo a la *Actividad 1. Exposiciones en el aula* y se pondrá en práctica en la sesión inmediatamente después a la última exposición. Durante esta actividad se volverán a poner en juego todos los conceptos desarrollados a lo largo de las exposiciones por medio de una lluvia de ideas. Los alumnos irán recogiendo en el cuadro proporcionado por el profesor, que se muestra a continuación, todos los datos que se estén trabajando durante la actividad.

Nanomaterial	Grafeno	Fullerenos	...
Estructura			
Descubridor			
Tipo			
Año y modo de descubrimiento			
Propiedades			
Aplicaciones			
Sector de la sociedad			

Tabla 14. Ficha que les entregará a los alumnos para que sea rellenada conjuntamente.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

El profesor inicia el “nanobrainstorming” nombrando un nanomaterial explicado en alguna de las exposiciones y a partir de eso los alumnos, respetando el turno de palabra irán nombrando en relación a este, los diferentes aspectos que aparecen recogidos en el cuadro. Cuando se complete cada columna se hará una reflexión por parte del profesor para afianzar los conceptos y para aclarar posibles datos ambiguos y errores cometidos por parte de los alumnos, que quizás pudieran haberse pasado por alto en el transcurso de las exposiciones.

Cuando toda la información quede perfectamente ordenada y trabajada se le pedirá a cada portavoz del grupo que efectúe un comentario acerca del nanomaterial y toda la información relacionada con él.

Temporalización:

Esta actividad podrá ser llevada a cabo tan solo en una sesión, puesto que es complementaria a la *Actividad 1. Exposiciones en el aula*, para afianzar los conceptos aprendidos en ella.

La metodología empleada:

El *aprendizaje cooperativo (AC)* es la metodología en la que se centra esta actividad, puesto que los alumnos van adquiriendo sus conocimientos gracias al intercambio de ideas de otros compañeros y además van construyendo sus propias reflexiones al escuchar los desarrollos argumentales del resto de portavoces de los diferentes grupos. Con esta metodología se permite distribuir las oportunidades de intervención de un modo equitativo para todos los alumnos respetando las diferentes opiniones.

Al construir un cuadro resumen se promueven *las metodologías favorecedoras de la metacognición*, ya que la clasificación ordenada de los conocimientos e ideas estructura su pensamiento y categoriza y jerarquiza la información.

Cuando se haya completado la actividad los alumnos dispondrán del cuadro resumen para que puedan llevar a cabo de un modo más fácil su trabajo personal. Con esta actividad también se les proporciona un ejemplo de una útil *técnica de estudio*.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Afianzar, corregir y sintetizar los conceptos trabajados a lo largo de las exposiciones.
- ❖ Proporcionar a los alumnos un buen material de repaso para cuando ellos tengan que trabajar el aprendizaje memorístico de un modo individual.
- ❖ Desarrollar la capacidad de argumentación en el momento de efectuar una reflexión

Las competencias trabajadas:

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓		✓			✓

Tabla 15. Competencias trabajadas con la Actividad 2.

Evaluación de la actividad:

Una vez finalizada la actividad, los cuadros resumen que han ido completando los alumnos serán entregados al profesor para asegurarse de que toda la información que cada alumno ha seleccionado está correcta. Se les devolverá a los alumnos lo antes posible con anotaciones personalizadas para cada uno, con el fin de que ellos mismos pueden hacer hincapié en aquellos aspectos que más les cuesten.

7.3 Nanoilustraciones

- ✓ **Actividad 3. Objetos cotidianos desde un nanopunto de vista.**

Nivel del alumnado al que va dirigida:

Esta actividad está diseñada para la asignatura de física y química de 1º de bachillerato. Con el contenido de esta actividad se pretende ilustrar, entre otras cosas, las estructuras químicas de los nanomateriales que se ven en ese curso. Sin embargo, al ser una experiencia muy visual y simple podía ser adaptada omitiendo alguna información de carácter técnico para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O. y de este modo los alumnos de la modalidad de ciencias sociales y humanidades también podrían tener un conocimiento general de estas estructuras.

El desarrollo de la actividad:

El desarrollo de esta actividad se compone de 4 partes diferenciadas y para llevarlo a cabo necesitaremos [22]:

- Una piedra
- Una baraja de cartas
- Dos hojas de papel con la impresión de una red hexagonal de átomos de carbono
- Pelota de fútbol
- Cinta adhesiva
- PC con Power Point y proyector

1. El grafito y el diamante. Relación, estructura y propiedades.

Esta actividad comenzará con la captación de la atención de los alumnos cuando el profesor les pida que piensen y digan al resto de los compañeros, de un modo ordenado, compuestos que estén formados por átomos de carbono.

Es común encontrar que los alumnos piensan, en primera instancia, en hidrocarburos y en biomoléculas como proteínas o aminoácidos. El docente será el encargado de reconducir el intercambio de ideas hacia los compuestos que están formados íntegramente por átomos de carbono poniendo el ejemplo que probablemente todos tengan delante. El grafito de las minas de los lápices.

Acto seguido el docente planteará la comparativa de este compuesto que es negro y blando y de bajo coste económico con el diamante que es duro, incoloro, transparente y de un elevado precio.

Se pretende desde esta comparación que el alumno se plantee cual es el motivo de las diferencias tan significativas de dos materiales que están compuestos íntegramente de átomos de carbono. Tras unos minutos para que los alumnos piensen de un modo individual en este hecho, se produce el intercambio de ideas entre alumnos y con el docente, tras el cual se llega a la conclusión de que estas diferencias son debidas a la organización y distribución de los átomos de carbono en cada estructura.

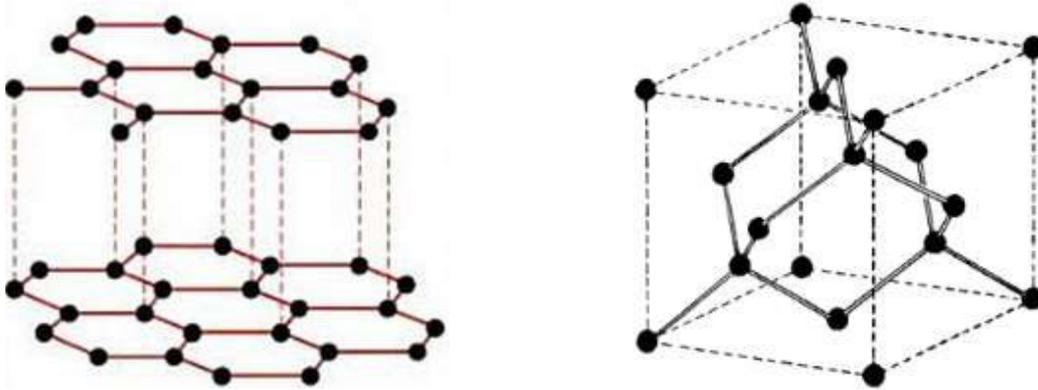


Figura 17. Estructuras químicas del grafito y el diamante.

Este hecho se ilustrará con una piedra que simula al diamante y con una baraja de cartas que simula al grafito.

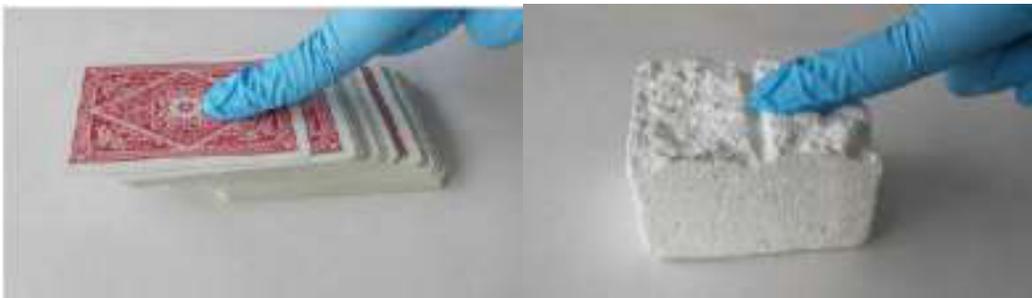


Figura 18. piedra que simula al diamante y baraja de cartas que simula al grafito siendo ambas desplazadas.

Cada una de las cartas de la baraja simularan cada capa que forma el grafito constituida por estructuras hexagonales de átomos de carbono, de este modo, al ejercer una presión lateral sobre la carta más superficial de la baraja se desplazan todas ellas, produciéndose la separación de las capas. De este modo demostramos que el grafito se trata de una estructura exfoliable ya las uniones entre las capas no son muy fuertes lo que le confiere su blandura característica. El docente especifica que estas uniones se denominan interacciones de Van der Waals.

Sin embargo, cuando ejercemos la misma presión lateral sobre la piedra, esta se desplaza en bloque sin sufrir ningún tipo de alteración. Con este hecho estamos demostrando que el diamante tiene una estructura tridimensional más rígida, lo que le confiere, al contrario que el grafito, esta propiedad de dureza.

2. Los nanomateriales de carbono

La siguiente parte de la actividad es la explicación de la estructura del grafeno. El grafeno no es más que una de las capas del grafito, una red hexagonal de átomos de carbono. Una buena forma de ilustrarlo es separar una de las cartas de la baraja y acto seguido ilustrar que la estructura exacta de esa carta se asemeja a una de las dos hojas con la impresión de una red hexagonal de átomos de carbono.

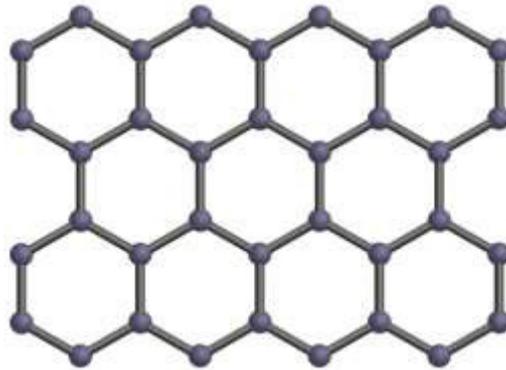


Figura 19. Imagen impresa en las hojas de la estructura del grafeno.

Si enrollamos esta hoja de papel podremos ilustrar la estructura de los nanotubos de carbono y además como información complementaria podemos añadir que si enrollamos más hojas una por encima de otra podremos hablar de la existencia de nanotubos multicapa.

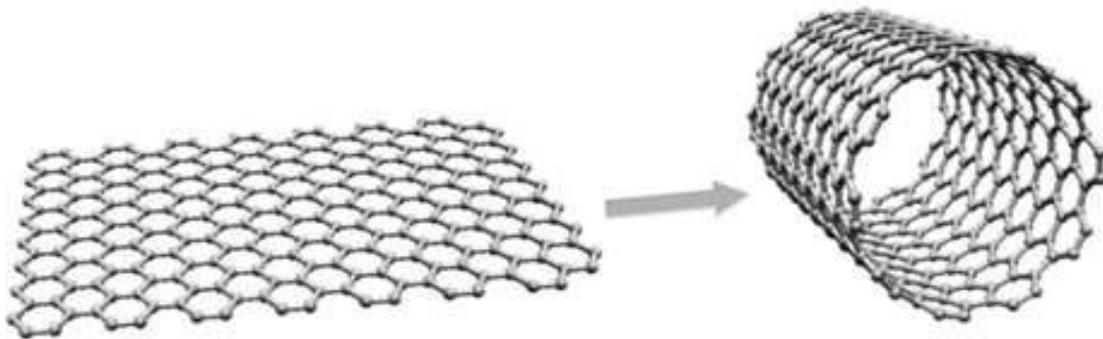


Figura 20. Esquematización estructural de cómo se obtiene un nanotubo de carbono a partir de una lámina de grafeno.

Para finalizar con los nanomateriales de carbono se introducirá la estructura de los fullerenos. El mejor objeto para ilustrarlo es una pelota de fútbol. En esta estructura se van

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

alternando los pentágonos y hexágonos compartiendo aristas teniendo en cada vértice un átomo de carbono.



Figura 21. Semejanzas estructurales entre un fullereno y la estructura de un balón de fútbol.

3. Método de obtención del grafeno.

Para ilustrar el método de obtención de capas de grafeno, se adhiere un trozo de cinta adhesiva a la carta más superficial de la baraja y al tirar de esta observamos que la carta se separa del resto. Es importante que el docente remarque que ese proceso debe hacerse repetidas veces para obtener tan solo una capa, y que la experiencia que se está realizando es tan solo un modelo aproximado.



Figura 22. Simulación del método de obtención del grafeno empleando como modelo una baraja de cartas.

Para complementarlo se puede hacer la experiencia sin acudir a un modelo. Se necesitará un lápiz, cinta adhesiva, y un papel.

Se pintará el papel con la mina de grafito hasta hacer una mancha uniforme y a continuación se pegará la cinta adhesiva, se despegará y con la mancha obtenida en la cinta adhesiva, se pegará sobre ella otro trozo nuevo para volver a despegarlo posteriormente. Este proceso se repetirá en sucesivas ocasiones.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

En el caso de que el docente no disponga de tiempo suficiente, puede acudir a recursos audiovisuales que lleven a cabo la experiencia.

Como por ejemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=NqT1Bhn-BTg> (en el minuto 2.04.)

4. La realidad de los nanomateriales de carbono

Si el docente dispone de la oportunidad de conseguir un poco de cada nanomaterial y llevarlo a clase sería interesante que los alumnos observasen el aspecto de estas sustancias de un modo real para que les resulte menos abstracto.



Figura 23. En orden: nanotubos de carbono, grafito, grafeno y fullerenos.

Se muestra a continuación el precio aproximado de estos nanomateriales [19]:

Material	Nanotubos de carbono	Grafeno	Fullerenos
Precio /€	899 (1g)	286 (50 mg en 5mL)	195 (1g)

Tabla 16. El precio de cada nanomaterial en función de la cantidad consultado en la página web de Sigma-Aldrich.

Observarán que no encuentran diferencias significativas a nivel macroscópico y por ello es interesante ilustrarlo a nivel nanoscópico mostrando las imágenes que se observarían si estudiásemos estas sustancias con un microscopio electrónico, es por ello que sería interesante mostrarlo en formato Power Point para que lo puedan apreciar todos los alumnos a la vez con el máximo de detalles.

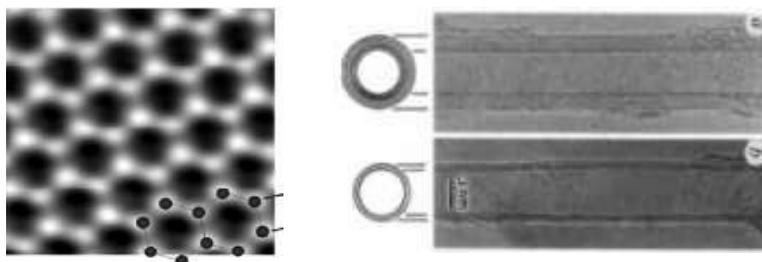


Figura 24. En orden: visualización del grafeno y los nanotubos de carbono al microscopio óptico.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Temporalización

Sesiones	Desarrollo	
1	Intercambio de ideas acerca de los compuestos formados íntegramente por carbono	15 minutos
	Desarrollo de los puntos 1 y 2	35 minutos
2	Desarrollo de los puntos 3 y 4.	35 minutos
	Cuestionario	15 minutos

Tabla 17. Temporalización de la Actividad 3.

La metodología empleada

Es un hecho innegable que la experimentación con este tipo de compuestos en el laboratorio a nivel de E.S.O. y bachillerato resulta complicado porque no se dispone del material ni de los equipos necesarios para visualizar estas diminutas estructuras, es por ello que resulta un buen recurso didáctico acudir a modelos con los que se pueda establecer una cierta similitud con este tipo de compuestos, con el fin de comprender de un modo práctico sus propiedades y el porqué de algunas aplicaciones.

Se trata de una *metodología expositiva* en la que el docente lleva a cabo experiencias de cátedra con modelos con la posterior explicación teórica, siendo este el centro de la explicación y el que marca el ritmo de la clase, tratando de hacer esta experiencia lo más participativa posible, haciendo preguntas a los alumnos antes de efectuar las demostraciones para ponerles frente a retos que despierten su motivación. Con una actitud cercana, el docente promueve que se pregunten y resuelvan dudas acerca de lo que se va explicando y admitiendo sugerencias de los alumnos a la hora de emplear por ejemplo recursos audiovisuales.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Conocer la importancia del átomo del carbono en la tabla periódica.
- ❖ Entender las semejanzas y diferencias de las estructuras de diamante y de grafito.
- ❖ Comprender las estructuras del grafeno y los nanotubos de carbono a partir de la estructura del grafito.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

- ❖ Estudio de la estructura de los fullerenos.
- ❖ Conocer los métodos de obtención del grafeno.

Las competencias trabajadas

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓		✓			✓

Tabla 18. Competencias trabajadas con la Actividad 3.

Evaluación de la actividad

Al finalizar la clase se les proporciona a los alumnos un breve cuestionario para comprobar que realmente han seguido las explicaciones. En caso de que el docente encontrase alguna dificultad generalizada al leer las respuestas de los alumnos se haría un breve repaso en los primeros minutos de la sesión siguiente.

Cuestionario:

- Describe las estructuras del grafito y del diamante y la relación que están tienen con sus propiedades. Nombra también las diferencias estructurales.
- ¿A partir de que compuesto químico se obtiene el grafeno? ¿Qué estructura tiene el grafeno?
- Describe brevemente el método de obtención de grafito y el motivo por el cual se lleva a cabo de ese modo.
- ¿Qué similitudes y diferencias estructurales presentan el grafeno, los nanotubos de carbono y los fullerenos?

Además se evaluará el comportamiento de los alumnos a partir de una rúbrica. Como se pretende que la experiencia de cátedra sea significativa, los alumnos estarán dispuestos de pie alrededor del docente, y dependiendo de su comportamiento la sesión se desempeñará de un modo satisfactorio o por el contrario de un modo más lento.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Criterios	Escaso	Suficiente	Bueno	Excelente
Participación				
Respeto el turno de palabra				
Muestra interés por las experiencias				
Favorece el correcto desarrollo de la actividad				

Tabla 19. Rúbrica de evaluación de comportamiento para la Actividad 3.

El valor de las puntuaciones será el siguiente:

Escaso	Suficiente	Bueno	Excelente
1	1.5	2	2.5

Tabla 20. Puntuación de la rúbrica de evaluación

✓ **Actividad 4. ¡Demuestra que el grafeno es conductor!**

Nivel del alumnado al que va dirigida

Esta actividad será desarrollada con alumnos del curso de 1º de bachillerato, ya que está centrada en una propiedad concreta del grafeno y por tanto aborda conceptos más técnicos propios de la asignatura de física y química. Además para comprenderlo de un modo profundo es necesario conocer cuál es la estructura exacta del grafito, concepto propio de este curso y no de cursos más bajos.

El desarrollo de la actividad:

El docente introduce la sesión con una explicación teórica a cerca de una de las propiedades más llamativas e interesantes del grafito: la anisotropía. El grafito al presentar una estructura anisótropa, da lugar a una conductividad eléctrica anisótropa, es decir, las propiedades eléctricas de esta estructura dependerán de la dirección en la que sea observada.

En la dirección perpendicular a las capas presenta una cierta conductividad de la electricidad, que aumenta cuando va aumentando la temperatura y se comportará como un semiconductor, mientras que en el plano que contiene a las capas la conductividad eléctrica

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

es mayor y disminuye con la temperatura comportándose, en este caso, como un conductor semimetálico.

Además de explicar el concepto de anisotropía el docente remarcará las diferencias en las estructuras del grafito y el grafeno para no inducir a error a los alumnos durante la experiencia, haciendo hincapié en el tipo de enlace e interacciones entre los átomos. Posteriormente este lleva a cabo la experiencia práctica, que aunque basada en un modelo, es visual para ilustrarlo, sin proporcionar ninguna aclaración respecto al fenómeno observado.

Para ello se necesitará:

-Una bombilla.

-Una pila conectada a dos electrodos.

-Un papel y un lápiz.

El desarrollo de la experiencia consiste en pintar una mancha en el papel con el lápiz, que está fabricado de grafito. A continuación se ponen en contacto ambos electrodos con la pila, y cuando esto ocurre automáticamente se enciende la bombilla. El proceso mental que deben seguir los alumnos es:

Preguntas que se deben plantear	Razonamientos a los que deben llegar
¿Qué compuesto tengo en la mancha del papel?	Capa muy delgada de grafito o bien capas de grafeno superpuestas.
¿Qué propiedad se pone de manifiesto?	Conductividad eléctrica, que podrá ser estudiada en dos direcciones, en el plano que contiene las capas y en perpendicular a este.
Como la mancha se trata de grafito y no de grafeno aislado, si tuviéramos tan solo una capa de grafeno ¿Cómo sería la conductividad?	Tener grafito aislado se puede asemejar a estudiar la conductividad en el grafito en el plano que contiene a las capas y esta es mayor que en su plano perpendicular, por tanto diremos que la conductividad es mayor

Tabla 21. Cuadro explicativo del proceso mental que deberían seguir los alumnos.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Para concluir la actividad los alumnos realizarán el cuestionario de un modo individual, pero el docente se ira acercando entre los alumnos para guiar el proceso mental que deben seguir para conseguir responderlo correctamente

Temporalización:

Esta actividad se podrá desarrollar en tan solo una sesión.

Desarrollo	Tiempo
Explicación teórica	20 minutos
Experiencia de cátedra	5 minutos
Cuestionario	25 minutos

Tabla 22 .Temporalización de la Actividad 4.

La metodología empleada:

Desde el punto de vista didáctico, el profesor al desarrollar la experiencia práctica en el aula está empleando una *metodología expositiva* y si además no proporciona ningún comentario durante el transcurso de la demostración, está recurriendo al *aprendizaje por indagación*.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Fomentar el pensamiento crítico ante un fenómeno observado.
- ❖ Desarrollar una explicación ante el fenómeno.
- ❖ Conocer la propiedad eléctrica de este nanomaterial a partir del estudio de las propiedades eléctricas del grafito.

Las competencias trabajadas:

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓		✓			✓

Tabla 23.Competencias trabajadas con la Actividad 4.

Evaluación de la actividad:

❖ Cuestionario para la actividad

1. Determina la estructura del compuesto de la mancha dibujada en el papel y justifica el motivo. ¿Qué estructura estudiada es similar a ella?
2. ¿Qué propiedad se pone de manifiesto al encenderse la bombilla?
3. De las dos estructuras nombradas en la primera pregunta, di en cuál de ellas esta propiedad se manifiesta de un modo mayor justificando tu respuesta.
4. ¿Cómo influye el tipo de enlaces de cada estructura en esta propiedad?

El cuestionario no será corregido por el docente, sino que se plantea como una ayuda para llegar al razonamiento adecuado que además será resuelto en el aula bajo su supervisión por tanto revisarlo con posterioridad no será necesario.

Es importante que cuando la actividad finalice, el docente destaque que la experiencia de cátedra efectuada es la demostración de que el grafito es conductor, que se trata de una propiedad de sobra conocida para este material, pero que a partir de esta hemos podido deducir, relacionando conceptos, como se comporta el grafeno frente a la electricidad, pero en ningún momento hemos experimentado con este material.

- Si el docente dispone de tiempo, puede explicar que a pesar de ser ambas estructuras alótropos del carbono, el grafito conduce la electricidad como acabamos de observar mientras el diamante no lo hace y la razón que explica este hecho es la diferente distribución electrónica en los enlaces que presenta cada estructura siendo la del grafito más favorable que en el diamante para que se produzca el movimiento de los electrones.

✓ *Actividad 5. Síntesis de nanopartículas de plata*

Nivel del alumnado al que va dirigida:

El curso idóneo para llevar a cabo esta experiencia es 1º de bachillerato, ya que los alumnos disponen de la madurez suficiente para comportarse adecuadamente en el laboratorio y además se tratan conocimientos con cierto fundamento químico, por ello no tendría sentido

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

adaptarla para cursos inferiores. La asignatura en la que se desarrolla dicha actividad es física y química.

El desarrollo de la actividad:

Esta actividad consistirá en una salida al laboratorio para sintetizar nanopartículas de plata. Para captar el interés de los alumnos el profesor les informará, haciendo referencia a la historia más antigua de los nanomateriales, que muchas de las vidrieras amarillas de las iglesias más antiguas están fabricadas con nanopartículas de plata.

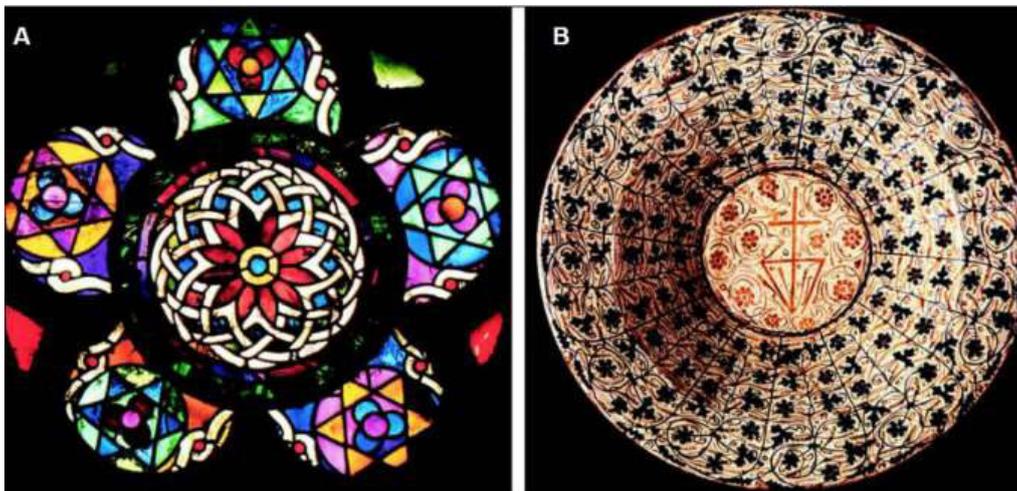


Figura 25. Imágenes de vidrieras coloreadas con nanopartículas que les podrán ser mostradas a los alumnos.

La clase será dividida en grupos de 3 o 4 personas que hará el docente según los criterios establecidos en la *Actividad 1. Exposiciones en el aula*. Cada grupo se colocará en una mesa de laboratorio en la que estará previamente colocado el material, los reactivos y el guión para seguir la práctica.

Antes de comenzar la experiencia el docente les recordará las normas de seguridad y de comportamiento en el laboratorio, entregándoles una ficha resumen de todas ellas, incluyendo los símbolos que pueda haber en los reactivos.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

- Ficha de normas de seguridad y de comportamiento en el laboratorio.

Normas de seguridad y de comportamiento en el laboratorio
El alumno ingresará al laboratorio con bata, la cual debe ser blanca y de manga larga. Es indispensable llevar la bata abotonada.
El alumno se familiarizará con los sitios en donde se encuentran localizadas las regaderas, extintores, botes de basura, caja para material punzocortante, bolsa roja, etc.
En ningún momento se permitirá la aplicación de cosméticos, fumar y/o ingerir alimentos dentro del laboratorio.
Tomar la postura más cómoda para trabajar correctamente con el fin de tener el control y precisión de los movimientos durante el uso de materiales, equipos y reactivos.
Limpiar las mesas de trabajo antes y después de cada práctica, así también durante la práctica si se ha derramado algún reactivo.
Para evitar quemaduras, se deberán apagar mecheros y/o planchas calientes cuando éstos no se utilicen. Así también, se deberán emplear gradillas o pinzas para sostener o transportar tubos calientes.
Mantener las sustancias químicas inflamables alejadas de fuego, planchas calientes, o ambos.
No se deberá olfatear y/o probar reactivos o soluciones. No se debe mirar nunca el interior de un tubo de ensayo que se esté calentando, ni apuntar hacia alguna persona porque el contenido podría proyectarse en cualquier momento. La misma precaución debe tomarse cuando se mezclen reactivos o se agiten vigorosamente los tubos.
Utilizar guantes de látex y gafas de seguridad cuando se manejen ácidos, hielo seco o sustancias desconocidas.
Utilizar pipeteadores o perilla de goma para la medición de los líquidos corrosivos, ácidos, bases, sustancias volátiles, venenos, entre otros. No aspirar con la boca.
Evitar agregar agua sobre ácidos para prevenir quemaduras por proyección. Para diluir cualquier ácido, se vierte el ácido sobre el agua y nunca agua sobre ácido.
Mantener los frascos de reactivos tapados para evitar derrames.
Utilizar guantes desechables cuando se manejen productos químicos.
Lavarse las manos con agua y jabón antes de salir del laboratorio.
Reportar inmediatamente al profesor del laboratorio cualquier accidente o lesión que suceda para que se tomen las medidas apropiada

Tabla 24. Ficha de las normas de seguridad del laboratorio.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

- Símbolos que aparecen en los reactivos

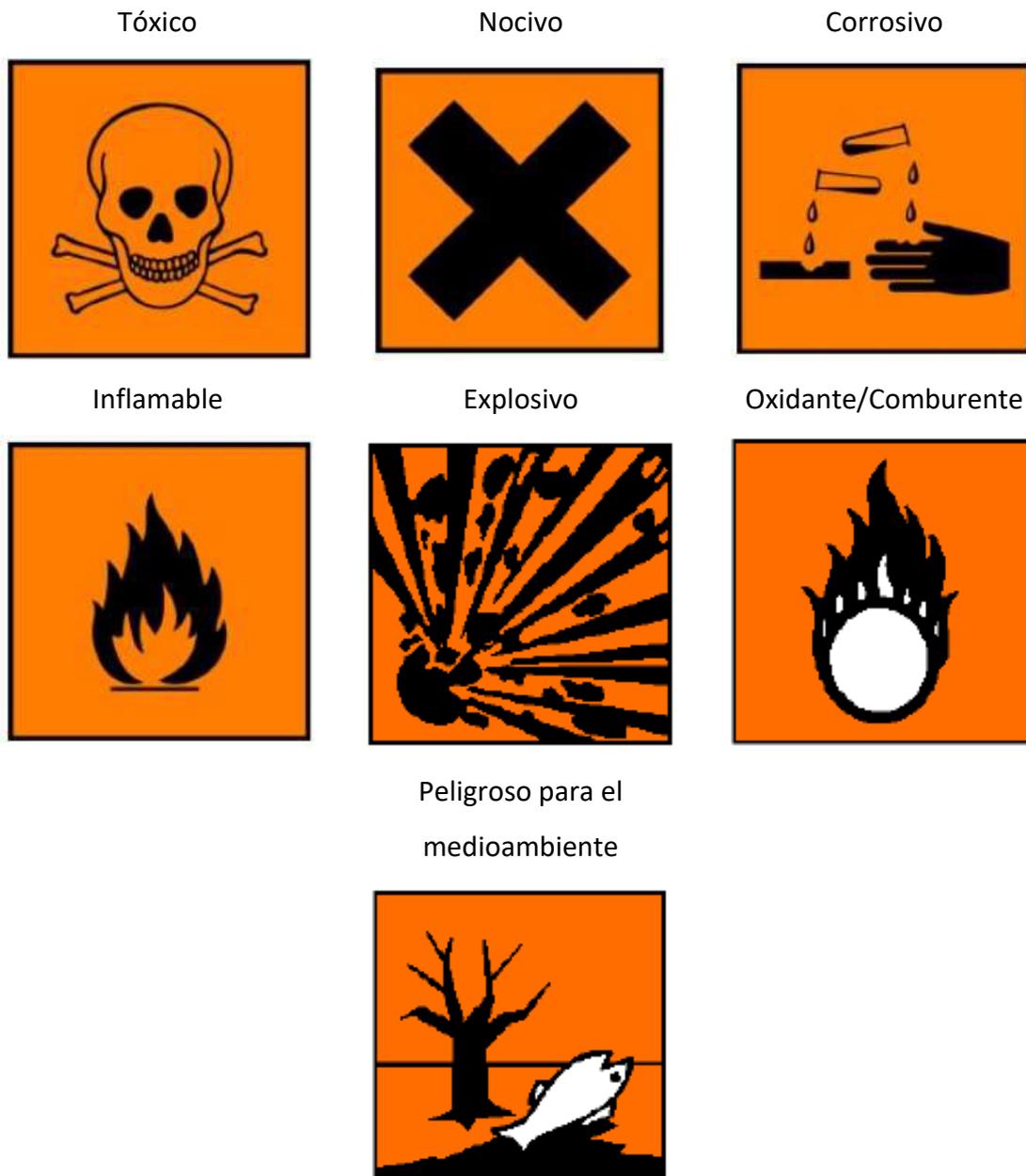


Figura 26. Tabla con los símbolos que pueden aparecer en los reactivos en un laboratorio.

Cuando las normas de seguridad y el significado de los símbolos han quedado claros los alumnos comienzan la experimentación, que irán efectuando paso a paso con la ayuda del guión y con la supervisión del profesor. Se les avisará de que deben entregar un informe que será evaluado al final de la práctica y debido a que los alumnos no tienen demasiada experiencia en el laboratorio, ni en la elaboración de un informe con contenido científico se les dan unas pautas antes de comenzar la experimentación. Se remarca por parte del docente las partes fundamentales del informe, es decir, fecha y título de la actividad,

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

contextualización teórica, los objetivos que se pretenden alcanzar, cual es el uso y el nombre de los materiales empleados, fenómenos que se han ido observando a lo largo de la experimentación y finalmente una conclusión. Para evitar que de la elaboración de un guión no se obtenga un aprendizaje significativo, el docente hará hincapié en que no se permite copiar la información del guión, sino que debe ser un breve documento de aquello que los alumnos hayan ido observando.

A continuación se muestra el guión elaborado por el profesor con toda la información detallada sobre la práctica, sin embargo el que se les entrega a los alumnos es algo más escueto para que ellos al elaborar el informe hagan el trabajo de razonamiento.

- Guión de la experiencia

El material necesario:

- Un matraz Erlenmeyer
- Agitador magnético y placa de agitación
- Cristalizador
- Probeta de 2 ml
- Pipeta Pasteur y tetina de goma
- Puntero laser
- Tubos de ensayo
- Horno
- Moldes

Los reactivos empleados serán:

- AgNO_3 0.001M
- NaBH_4 0.002M
- Disolución al 0.3% de PVP, polivinilpirolidona,(obtenida disolviendo 0.1 g en 33 ml de agua destilada)
- PVA, acetato de polivinilo, sólido.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

En primer lugar se agregan en un matraz Erlenmeyer 30 ml de NaBH_4 0.002M, se introduce en un baño de hielo que hemos preparado con el cristizador y a continuación se mantiene con agitación magnética constante durante 20 minutos aproximadamente.



Figura 27 .Disolución en la que están contenidas las nanopartículas de plata

Los 2 ml de nitrato de plata, AgNO_3 , que tenemos preparados en la probeta son añadidos gota a gota a razón de una gota por segundo a la disolución de NaBH_4 0.002M que se sigue manteniendo en agitación.

En este momento se comienza a observar como la disolución comienza a adquirir cierta turbidez y coloración amarillenta. Esto es debido a que las moléculas de borohidruro, NaBH_4 , se adsorben a la superficie de las nanopartículas de plata separándolas entre sí. En el momento en el que hayamos añadido los 2ml del nitrato de plata, AgNO_3 , retiramos la agitación.

Podemos constatar la presencia de nanopartículas de plata con un puntero láser ya que cuando apuntamos a la parte más turbia de la disolución, se produce la reflexión de la luz (la luz cambia de un medio a otro, de las nanopartículas de plata a la disolución de NaBH_4).



Figura 28. Reflexión de la luz del láser que demuestra la presencia de las nanopartículas.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Cuando agregamos unos mililitros de la disolución de nanopartículas de plata en un tubo de ensayo, y a ello le añadimos una disolución de cloruro sódico, NaCl, 1,5 M observamos un cambio en la turbidez y la coloración de la disolución que va tornando a gris.

En este momento lo que está adherido a la superficie de las nanopartículas son los aniones cloruro, de muy bajo tamaño. La consecuencia es que entre las nanopartículas exista una separación mucho menor, teniendo en este caso una disolución coloidal.

En ese mismo tubo de ensayo para desagregar las partículas de plata se añade una solución de acetato de polivinilpirrolidona, PVP, al 0,3% tornando la disolución de nuevo a amarilla.

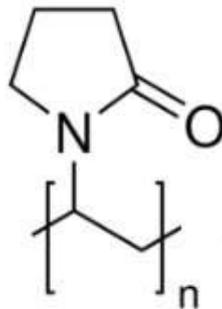


Figura 29. Monómero del PVP que forma el polímero que se adherirá a las nanopartículas separándolas entre sí.

El PVP se trata de un polímero de un tamaño mucho mayor que los aniones cloruro, por tanto, la separación entre las nanopartículas es mucho mayor, teniendo en este caso una disolución de estas y no un coloide como en el caso anterior.

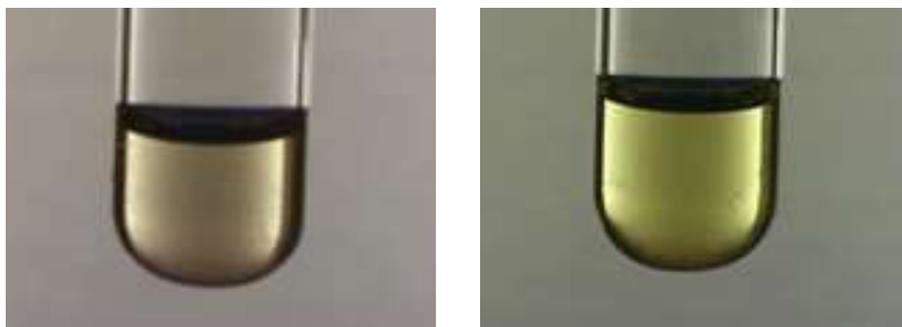


Figura 30. Cambio de coloración que demuestra la presencia de las nanopartículas de plata.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Para simular la fabricación de las vidrieras antiguas a la disolución coloidal de plata se añade la cantidad necesaria de alcohol polivinílico sólido, PVA, para acabar obteniendo una disolución al 4%, manteniendo siempre la agitación y el calor.



Figura 31. Pasos a seguir para fabricar las vidrieras a partir de nanopartículas de plata.

Cuando ha pasado cierto tiempo se decanta la disolución evitando las burbujas y la cantidad de alcohol polivinílico sólido, PVA, que no se haya disuelto y se seca en el horno durante 30 minutos, obteniendo nuestras “vidrieras”



Figura 32. Material endurecido tras calentarlo.

El PVA se trata de un polímero que al añadirlo y al enfriarse le confiere a nuestra disolución un aspecto sólido y cristalino.

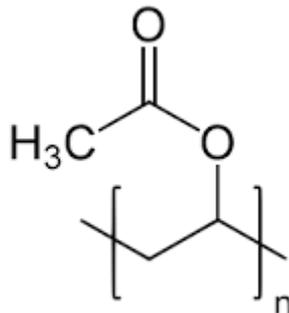


Figura 33. Monómero del PVA que le confiere al material un aspecto de cristal.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Como actividad complementaria, el docente hará un comentario sobre ciertas construcciones artísticas cuyas vidrieras fueron pigmentadas de color amarillo con nanopartículas de plata.

No es sencillo trabajar en el ámbito científico la competencia de conciencia y expresión cultural y es necesario aprovechar esta actividad para que el docente transmita a los alumnos que también la ciencia puede jugar un papel relevante en el arte.

Arquitectura gótica francesa



Catedral de santa María de Vitoria-Gasteiz



Vitral que representa a san Pedro realizado en Francia hacia los años 1500 o 1510(Museo nacional de la edad media de París)



Figura 34. Ejemplos artísticos de vidrieras históricas que fueron coloreadas con estas nanopartículas.

Finalmente los alumnos podrán comenzar a elaborar su informe si disponen de ordenadores portátiles y si no es así, se les facilitaría el acceso al aula de informática.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

La metodología empleada:

La metodología sobre la que se centra esta actividad es la *experimental*, en la que el alumno manipula, con ayuda del guión de laboratorio y bajo la constante supervisión del docente, una serie de variables para finalmente llevar a cabo una experiencia científica por sí mismos. Al fomentar la participación del alumnado en este tipo de experiencias, los conceptos explicados en clase se vuelven más tangibles y se promueve la actividad científica no como algo lejano que solo efectúan unas pocas mentes brillantes, sino como algo que podría estar al alcance de todos. Al trabajar en grupo, se fomenta el *aprendizaje cooperativo (AC)*, y el compañerismo, ya que ellos tienen que gestionar que todos los integrantes del grupo participen en la experiencia del modo más equitativo posible.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Familiarizarse con otro tipo de nanomateriales, como los son las nanopartículas de plata.
- ❖ Conocer una de las aplicaciones de estas nanopartículas, como es la pigmentación en elementos artísticos.
- ❖ Recordar brevemente la historia de los nanomateriales.
- ❖ Familiarizarse con el material, y las normas de comportamiento y seguridad en el laboratorio.
- ❖ Adquirir las destrezas mínimas de manipulación de reactivos.
- ❖ Comprender el fundamento químicos de los fenómenos observados.
- ❖ Practicar las habilidades sociales y el compañerismo.
- ❖ Adquirir soltura en la elaboración de informes de laboratorio.

Temporalización

Sesiones	Desarrollo	
1	Introducción de la actividad	10 minutos
	Recordatorio de las normas de seguridad	10 minutos
	Experiencia hasta que se efectúan los ensayos para detectar la presencia de nanopartículas de plata.	30 minutos

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

2	Fabricación de las “vidrieras”	30 minutos
	Comentario sobre el arte en la ciencia	5 minutos
	Elaboración del informe de laboratorio que deben entregar	15 minutos

Tabla 25. Temporalización de la Actividad 5.

Las competencias trabajadas:

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓		✓		✓	✓

Tabla 26. Competencias trabajadas con la Actividad 5.

Evaluación de la actividad:

- Evaluación del guión del laboratorio.

Cuestiones a evaluar	Máximo de puntuación
Contextualización teórica	2
Objetivos que se pretenden alcanzar	2
Uso y nombre de los materiales empleados.	2
Fenómenos observados	2
Conclusión	2

Tabla 27. Puntuación de cada apartado del guión.

Para evaluar cada apartado el profesor tendrá en cuenta factores como:

- La calidad de la redacción
- La corrección de la información
- El correcto uso de la gramática
- La síntesis y el desarrollo de ideas

7.4 Pensamiento crítico.

✓ Actividad 7.Debate

Nivel del alumnado al que va dirigida

Esta actividad podría ser desarrollada tanto para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O. como para la de 1º de bachillerato, ya que se tratan temas transversales a otras materias u otros ámbitos de la vida.

El desarrollo de la actividad

En primer lugar el docente mostrará dos noticias que hablan de cuestiones relacionadas con la nanotecnología. Una de ellas tratará de un aporte positivo del desarrollo de la nanociencia a la sociedad, mientras que la otra hablará de un aspecto perjudicial.

Puesto que las nuevas generaciones de alumnos están cada vez más concienciadas con las cuestiones medioambientales, puede ser un tema de fondo interesante para mostrar las noticias.

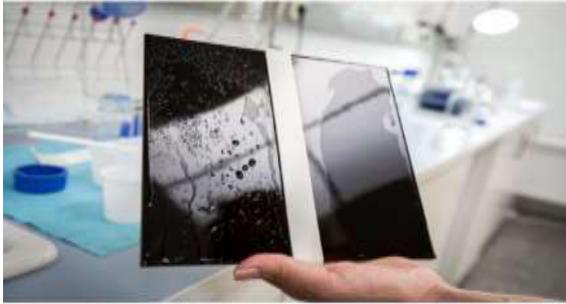
Noticia positiva	Noticia negativa
https://www.elmundo.es/economia/2015/07/09/559e9774e2704eb03d8b45a2.html	https://www.elmundo.es/ciencia/2014/09/01/53ff6f6722601dc3638b4583.html
<p>La nanotecnología también recicla: Microcápsulas hechas de residuos</p> <ul style="list-style-type: none">La 'startup' Laurentia Technologies utiliza residuos de cáscara de arroz o celulosaCrea óxidos metálicos y nanocápsulas con propiedades fotocatalíticas o de resistencia  <p><small>Cristal en agua y tratado con el resque de agua de Leirenia. B. AS/RO</small></p> <p><small>M. CLIMENT Valencia</small> <small>Actualizado: 09/07/2015 15:48 horas</small></p>	<p>Los protectores solares generan compuestos potencialmente tóxicos para las algas marinas</p> <ul style="list-style-type: none">Contienen nanopartículas de dióxido de Titanio. Cuando se liberan al mar durante el baño, reaccionan con la radiación ultravioleta de la luz solar y generan un fuerte agente oxidante  <p><small>Los surfistas de aguas profundas' solar en una playa. CSIC</small></p> <p><small>BRN</small> <small>Actualizado: 01/09/2014 12:16 horas</small></p>

Tabla 28. Comparativa de las noticias que el docente mostrará al iniciar la Actividad 6.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Tras unos minutos para que los alumnos hayan podido leer e interiorizar el contraste de las ideas planteadas, el docente comienza a plantear una reflexión sobre los avances y descubrimientos que se producen a un ritmo muy rápido.

La reflexión sería la siguiente:

“El avance de la ciencia y los nuevos descubrimientos son cosas enriquecedoras para las sociedades, ya que contribuyen al bienestar de los ciudadanos en diferentes ámbitos de su vida. Sin embargo, la ciencia como constante objeto de estudio tiene límites incalculables en cuanto a su desarrollo. Cuando los avances científicos son tan numerosos y rápidos, las sociedades no disponen del tiempo suficiente para estudiar los efectos adversos y esto puede ocasionar problemas para la salud, sociales y medioambientales”

Lo que se pretende producir en el alumnado al mostrar las dos caras de la nanotecnología respecto a un mismo tema [2], es fomentar el pensamiento crítico.

Por tanto lo que se les pedirá a los alumnos que realicen una búsqueda de noticias relativamente actuales que estén centradas en:

- Medicina
- Medioambiente
- Tecnología

Cada alumno deberá buscar de cada ámbito una noticia positiva y otra negativa y posteriormente traer por escrito una reflexión acerca de los motivos por los cuales esa noticia resulta positiva o negativa, que alcance puede tener ese avance en el futuro, o si les ha resultado llamativo el contraste. También se valorará positivamente que un alumno elija una noticia aparentemente objetiva y que después efectúe una valoración en la que destaque, desde su punto de vista, los factores negativos o los positivos.

Los alumnos pondrán en común la información obtenida ya que algunas de las noticias es probable que se repitan. Cuando se haya finalizado este intercambio de ideas el docente dividirá la clase en dos grupos. Uno de ellos defenderá los aspectos positivos de la nanotecnología, y el otro los negativos.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Cada grupo dispondrá de unos minutos para elaborar sus argumentos, el profesor mientras tanto se acercará a los alumnos para hacer algún apunte o dar algún consejo en esta tarea. Se recordará que para tener buenos desarrollos argumentales, estos se pueden centrar en aspectos económicos, éticos, políticos, sociales o bélicos, entre otros.

El debate tendrá 5 partes bien diferenciadas.

- Introducción de las posturas
- Medicina
- Medioambiente
- Tecnología
- Conclusiones

El docente puede disponer como recurso de una serie de enlaces de noticias que mostrarle a los alumnos en el caso de que estos no hayan encontrado demasiada información.

Recurso del docente:

<https://www.elmundo.es/economia/2015/05/26/556445bee2704e3f0c8b4577.html>

<https://www.elmundo.es/ciencia/2014/06/09/53903db5e2704e9c318b4580.html>

https://www.abc.es/sociedad/abci-implantes-grafeno-para-mejorar-epilepsia-y-dano-cerebral-coma-201901030209_noticia.html

<https://www.elmundo.es/ciencia/2014/05/29/5382491a22601daf298b456c.html>

<https://www.elmundo.es/f5/comparte/2017/03/09/58c03226e5fdea01398b4595.html>

<https://www.elmundo.es/cataluna/2017/03/03/58b971b9468aeb73098b45f8.html>

https://www.abc.es/internacional/abci-llegan-robots-amor-inteligencia-5493284800001-20170705022007_video.html

Tabla 29. Recursos webs de los que dispone el docente.

La metodología empleada:

El empleo del debate como herramienta didáctica es algo que se ha venido potenciando durante los últimos años, a pesar de no gozar de una posición destacada en el ámbito educativo. Sin embargo, es un hecho demostrado que este tipo de prácticas docentes mejoran la experiencia del aprendizaje del alumnado al estimular la discusión y el análisis a

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

diferencia de lo que ocurre con la enseñanza tradicional en la que no hay un intercambio de información.

Esta actividad cobra una especial relevancia al tratar cuestiones que aún son muy novedosas y de las que aún no se han estudiado los límites. Es responsabilidad del docente que los alumnos reflexionen acerca de los posibles efectos adversos de estos avances para que así el alumno pueda desarrollar el pensamiento crítico cuando se enfrente a nueva información, de otro modo los alumnos dispondrían de la información desde un punto de vista incompleto y sesgado.

Durante esta actividad se fomenta el desarrollo socio-afectivo del alumno al expresar sus opiniones de un modo asertivo promoviendo el respeto ante las diferentes posturas.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta actividad:

- ❖ Conocer los aspectos positivos negativos de la nanociencia.
- ❖ Entrenar el pensamiento crítico.
- ❖ Adquirir habilidades lingüísticas para una correcta argumentación.
- ❖ Saber realizar una correcta búsqueda de la información.
- ❖ Respetar las diferentes posturas ante una misma temática.
- ❖ Adquirir las habilidades para una rápida y correcta argumentación.

Las competencias trabajadas:

CCL	CMCT	CD	CPAA	SIE	CEC	CSC
✓	✓	✓	✓			✓

Tabla 30. Competencias trabajadas con la Actividad 6.

Temporalización:

Sesiones	Desarrollo	
1	Introducción al debate, reflexión del docente apoyándose en las dos noticias.	10 minutos
	Explicación de la actividad que se desarrollara en la siguiente sesión	5 minutos

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

2	Puesta en común de la información encontrada	10 minutos
	Elaboración de argumentos con la supervisión del profesor	10 minutos
	Desarrollo del debate	30 minutos

Tabla 31. Temporalización de la Actividad 6.

Es importante destacar que los 30 minutos previstos para el desarrollo del debate serán divididos en espacios de 6 minutos ya que hay cinco puntos a tratar en el debate que han sido nombrados anteriormente.

Evaluación de la actividad:

La evaluación de esta actividad consistirá en una rúbrica con 10 criterios a evaluar, cada uno de ellos si es cumplido correctamente sumara un punto, si no es así, no sumara puntuación.

El profesor a medida que va moderando el debate ira completando esta rúbrica para cada alumno individualmente.

Criterios a tener en cuenta	Si	No
Respetan las indicaciones del moderador		
Respetan a los participantes en el debate		
Manejo adecuado del lenguaje no verbal		
Manejo adecuado del lenguaje verbal		
Preparación de argumentos		
Capacidad de síntesis		
Mantienen coherencia lógica		
Coherencia y cohesión del grupo		
Fuerza persuasiva		

Tabla 32. Rúbrica de evaluación del desarrollo del debate.

8. Atención a la diversidad.

Uno de los objetivos fundamentales desde la comunidad educativa es que, dentro de un marco de pluralidad y diversidad, en que los alumnos presentan diferentes intereses, formación, recursos económicos, y capacidades, todos sean capaces de desarrollar el proceso educativo de un modo conjunto y alcanzable. Debido a esto, las medidas de atención a la diversidad están orientadas a la consecución de los objetivos por parte de todo el alumnado y deben estar presentes en la el desarrollo de la actividad docente de un modo constante.

Para los alumnos con necesidades especiales, se recurrirá al Departamento de Orientación del centro, para que este evalúe las necesidades concretas que requiere cada uno de estos alumnos, con el fin de elaborar una adaptación curricular que garantice los conocimientos mínimos que deben adquirir.

En la nanociencia y la nanotecnología, como en cualquier disciplina novedosa, es enriquecedor aportar diferentes visiones de un mismo hecho. Cada alumno con sus cualidades puede aportar su perspectiva para ir construyendo el conocimiento de un modo completo y conjunto.

9. Conclusiones

Se ha podido observar, al efectuar el estudio de los contenidos del currículo de E.S.O. y bachillerato relacionados con los nanomateriales, recogidos en la Orden EDU/362/2015[17] y la Orden EDU/363/2015[18] respectivamente, que estos no toman un papel fundamental en las asignaturas en las que son tratados. Sin embargo, esto entra en total contradicción con la relevancia que estos están tomando en la sociedad actual.

Además, a pesar de ser un descubrimiento reciente en términos de su historia científica, al tomar constancia de ellos en el año 1959 cuando el prestigioso físico Richard Feynman pronunció su famosa conferencia, los nanomateriales se llevan empleando desde la historia más antigua de la humanidad. Es por ello, que se debería hacer una reflexión conjunta por parte de la comunidad educativa a cerca de la impartición de estos conceptos en las aulas.

En una sociedad cada vez más tecnológica, es importante que los alumnos dispongan de esta información y que también se fomente el pensamiento crítico a la hora de buscarla y procesarla. Es por ello que, las actividades propuestas combinan la enseñanza tradicional con la búsqueda de información y su cuestionamiento. También se recurre al aprendizaje construido a través de experiencias prácticas, impartiendo ciertas cuestiones a cerca de los nanomateriales recurriendo a modelos o experiencias guiadas en el laboratorio.

Toma un papel importante la participación por parte de los alumnos en las actividades, ya que lo que se pretende es fomentar la motivación por aprender de nuevas cuestiones que les resulten tangibles en su vida cotidiana. Esto es una ventaja respecto a otros contenidos científicos que muchas veces carecen de interés para los alumnos por resultarles ajenos a ellos y demasiado abstractos.

También resulta relevante la implicación del docente en este tipo de actividades puesto que la dificultad que puede presentar la enseñanza de estos conceptos es la dificultad en mostrar experiencias en las que se puedan observar ciertos fenómenos desde un punto de vista macroscópico. Siendo así, resultarían imprescindibles las habilidades del docente para ilustrar estos conocimientos tras las experiencias, que de otro modo carecerían de sentido.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Respecto al uso de las TICs, los alumnos al efectuar búsquedas de información para la mayoría de actividades propuestas están trabajando la competencia digital y también la competencia de aprender a aprender de modo que ellos mismos van midiendo su aprendizaje a medida que van trabajando con la información consultada en las múltiples y diversas páginas web.

Uno de los problemas que se pueden encontrar en el desarrollo de estas actividades es la falta de tiempo para efectuarlas, ya que como se ha comentado antes estos contenidos no juegan un papel fundamental en el currículo de E.S.O. y bachillerato y por tanto, disponen de tiempo limitado para impartirlos.

10. Bibliografía

- [1] ACUERDO 29/2017, de 15 de junio, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba el II Plan de Atención a la Diversidad en la Educación de Castilla y León 2017-2022. Boletín Of. Castilla y León
- [2] Bermejo Bermejo, Marta; Serena, Pedro A "Los riesgos de la nanotecnología". CSIC: Los libros de la catarata, 2017.
- [3] Colegio Oficial de Químicos de Madrid (coordinación), "Documento del Grupo de Trabajo de Conama 2016. Oportunidades y retos de los nanomateriales", Madrid 2016
- [4] Cuadros Celorrio, Marta; Llanos Méndez, Aurora; Villegas Portero, Román, "Nanotecnología en medicina. Informe de síntesis de tecnología emergente". Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, Sevilla, 2010. ISBN: 978-84-96990-49-4
- [5] Espinosa-Ríos, Edgar Andrés; González-López, Karen Dayana; Hernández-Ramírez, Lizeth Tatiana; Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. Entramado, volume 23, p 266-281, 2016
- [6] Freestone, I., Meeks, N., Sax, M., Higgitt, C., "The Lycurgus Cup-A Roman Nanotechnology", Gold Bulletin, volume 40, p 270, 2007.
- [7] Guerrero, Teresa. Grafeno y otros supermateriales para fabricar el futuro. El Mundo, 2016.
- [8] Guerrero, Teresa.. Grafeno, el material del futuro. El mundo, 2012
- [9] Kosaka P.M., Pini V., Calleja M., Tamayo J., "Ultrasensitive detection of HIV-1 p24 antigen by a hybrid nanomechanical-optoplasmonic platform with potential for detecting HIV-1 at first week after infection", PLOS ONE 12(2), 2017.
- [10] La armadura prueba la eficacia de un chaleco antibala, Infodefensa, 2018
- [11] Las raquetas de tenis son más resistentes gracias a los nanotubos de carbono, El Mundo, 2011.
- [12] Martín-Gago, José Ángel; Briones, Carlos; Casero, Elena; Serena, Pedro A.; en "El nanomundo en tus manos". Crítica, 2014.
- [13] Menéndez Velázquez, Amador en "Historia del futuro: tecnologías que cambiarán nuestras vidas". Ediciones Nobel, 2017.
- [14] Menéndez Velázquez, Amador; "Una revolución en miniatura: nanotecnología al servicio de la humanidad". Publicacions de la Universitat de València, 2010.

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

[15] Monasterio, Paz. La inversión en I+D crece un 6% en España hasta los 14.052 millones. El País, 2019.

[16] ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

[17] ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Of. Castilla y León*, 17975–17979 (2015).

[18] ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Of. Castilla y León*, 14058–14079 (2015).

[19] Página Web de Sigma-Aldrich disponible en <https://www.sigmaaldrich.com/spain.html>

[20] Redacción. La universidad Carlos III de Madrid y la empresa CEOSA-Euroortodoncia utilizan nanopartículas para reforzar los brackets transparentes de las ortodoncias

[21] Serena Domingo, Pedro A. "La nanotecnología" CSIC: Catarata, 2010.

[22] Serena, P.A.; Giraldo, J.J.; Takeuchi N.; Tutor Y J.D. (Editores), "Guía Didáctica para La Enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria", Reproduze S.L., Madrid, 2014. ISBN-13 978-84-15413-33-2

[23] Wee Shong, Chin; Chorng Haur, Sow; TS Wee, Andrew; "Science at the nanoscale: an introductory textbook". Pan Stanford, 2010. ISBN 978-981-4241-03-8

11. Listado de tablas y figuras

11.1 Listado de tablas

Nº Tabla	Descripción	Página
Tabla 1	Currículo de la E.S.O. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de cultura científica de 4º de E.S.O.	6
Tabla 2	Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de física y química de 1º de bachillerato.	7
Tabla 3	Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de cultura científica de 1º de bachillerato.	7
Tabla 4	Currículo de bachillerato. Conceptos relacionados con los nanomateriales para la asignatura de física de 2º de bachillerato.	8
Tabla 5	Cuadro explicativo de la clasificación dimensional de los nanomateriales.	12
Tabla 6	Puntos a desarrollar en el trabajo con los contenidos a tratar en cada uno.	26
Tabla 7	Temporalización de la Actividad 1.	29
Tabla 8	Competencias trabajadas con la Actividad 1.	30
Tabla 9	Rúbrica de evaluación del trabajo en grupo para la Actividad 1.	30
Tabla 10	Puntuación de rúbrica de evaluación del trabajo en grupo para la Actividad 1	31
Tabla 11	Puntuación para cada apartado del trabajo escrito de la Actividad 1.	31
Tabla 12	Rúbrica de evaluación para las exposiciones orales de la Actividad 1.	32
Tabla 13	Puntuación de rúbrica de evaluación de las exposiciones para la Actividad 1.	32
Tabla 14	Ficha que les entregará a los alumnos para que sea rellenada conjuntamente	33
Tabla 15	Competencias trabajadas con la Actividad 2.	35
Tabla 16	El precio de cada nanomaterial en función de la cantidad consultado en la página web de Sigma-Aldrich.	40
Tabla 17	Temporalización de la Actividad 3.	41
Tabla 18	Competencias trabajadas con la Actividad 3.	42
Tabla 19	Rúbrica de evaluación de comportamiento para la Actividad 3.	43
Tabla 20	Puntuación de la rúbrica de evaluación.	43
Tabla 21	Cuadro explicativo del proceso mental que deberían seguir los alumnos.	44
Tabla 22	Temporalización de la Actividad 4.	45
Tabla 23	Competencias trabajadas con la Actividad 4.	45
Tabla 24	Ficha de las normas de seguridad del laboratorio.	48
Tabla 25	Temporalización de la Actividad 5.	56
Tabla 26	Competencias trabajadas con la Actividad 5.	56
Tabla 27	Puntuación de cada apartado del guión.	56
Tabla 28	Comparativa de las noticias que el docente mostrará al iniciar la actividad 6.	57
Tabla 29	Recursos webs de los que dispone el docente.	59
Tabla 30	Competencias trabajadas con la Actividad 6.	60
Tabla 31	Temporalización de la Actividad 7.	60
Tabla 32	Rúbrica de evaluación del desarrollo del debate.	61

11.2 Listado de figuras

Nº Figura	Descripción	Página
Figura 1	Escala comparativa de tamaño de diferentes materiales conocidos	11
Figura 2	Los dos colores que presenta la copa de Licurgo cuando es iluminada	13
Figura 3	Partícula de aleación de plata y oro obtenida de emplear la técnica MET en la copa la copa de Licurgo	14
Figura 4	Vidriera coloreada con nanopartículas	14
Figura 5	Retrato de Michael Faraday	15
Figura 6	El premio nobel de física Richard Feynman pronunciando su discurso en el Caltec	15
Figura 7	Fullerenos con diferente número de carbonos	16
Figura 8	Portada del libro “Engines of Creation “escrito por Eric Drexler	16
Figura 9	Esquema de la estructura de un nanotubo de carbono	17
Figura 10	Representación de la estructura de una lámina de grafeno	17
Figura 11	Brackets de polisulfona con nanopartículas de alúmina en su estructura	18
Figura 12	Comportamiento de un fluido sobre una superficie recubierta de con pinturas acrílicas en las que se han añadido nanopartículas	19
Figura 13	Agrupación de palabras que se puede conseguir con esta aplicación que se encuentra en: http://www.tagxedo.com/	27
Figura 14	Imagen que se observa al visitar: http://www.splicd.com/	28
Figura 15	Ejemplo de mural que se podría obtener con https://edu.glogster.com/	28
Figura 16	Ejemplo de creación de una línea temporal con https://www.tiki-toki.com/	28
Figura 17	Estructuras químicas del grafito y el diamante	37
Figura 18	Piedra que simula al diamante y baraja de cartas que simula al grafito siendo ambas desplazadas	37
Figura 19	Imagen impresa en las hojas de la estructura del grafeno	38
Figura 20	Esquematación estructural de cómo se obtiene un nanotubo de carbono a partir de una lámina de grafeno	38
Figura 21	Semejanzas estructurales entre un fullereno y la estructura de un balón de fútbol	39
Figura 22	Simulación del método de obtención del grafeno empleando como modelo una baraja de cartas	39
Figura 23	En orden: nanotubos de carbono, grafito, grafeno y fullerenos	40
Figura 24	En orden: visualización del grafeno y los nanotubos de carbono al microscopio óptico.	40
Figura 25	Imágenes de vidrieras coloreadas con nanopartículas que les podrán ser mostradas a los alumnos	47
Figura 26	Tabla con los símbolos que pueden aparecer en los reactivos en un laboratorio	49
Figura 27	Disolución en la que están contenidas las nanopartículas de plata	51
Figura 28	Reflexión de la luz del láser que demuestra la presencia de las nanopartículas	51
Figura 29	Monómero del PVP que forma el polímero que se adherirá a las nanopartículas separándolas entre sí	52
Figura 30	Cambio de coloración que demuestra la presencia de las nanopartículas de plata	52
Figura 31	Pasos a seguir para fabricar las vidrieras a partir de nanopartículas de plata	53
Figura 32	Material endurecido tras calentarlo	53

Nanociencia y nanotecnología en E.S.O. y bachillerato

Figura 33	Monómero del PVA que le confiere al material un aspecto de cristal	53
Figura 34	Ejemplos artísticos de vidrieras históricas que fueron coloreadas con estas nanopartículas	54