



Nanoeducación

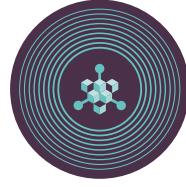
Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de educación básica en Colombia

Lady Johana Torres Romero



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores



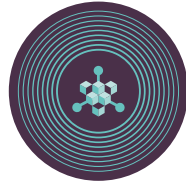
Nanoeducación

Una manera de
incorporar nanociencia
y nanotecnología en las
asignaturas de educación
básica en Colombia



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores



Nanoeducación

Una manera de
incorporar nanociencia
y nanotecnología en las
asignaturas de educación
básica en Colombia

Lady Johana Torres Romero



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

Catalogación en la fuente - Biblioteca Central de la Universidad Pedagógica Nacional

Torres Romero, Lady Johana

Nanoeducación. Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de educación básica en Colombia / Lady Johana Torres Romero. - Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2024.

142 páginas. Incluye cuadros y fotografías a color.

Incluye: Referencias bibliográficas.

Incluye: Recursos educativos (libros de texto, Cibergrafía, Nanokits).

ISBN digital: 978-628-7651-44-9

ISBN ePub: 978-628-7651-45-6

1. Nanoeducación - Aplicación. 2. Nanotecnología - Investigaciones 3. Procesos de Aprendizaje. 4. Desarrollo Académico. 5. Innovaciones - Educativas. 6. Nanociencia - Investigaciones - Aplicación. 7. Formación de Maestros - Colombia. 8. Programas Académicos. 9. Aprendizaje - Enseñanza - Colombia. 10. Metodología. I. Tit.

370.154 21.ed.

Colección Comunicación, Tecnología y Culturas en Educación

Nanoeducación. Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de educación básica en Colombia

Autor: Lady Johana Torres Romero
© Universidad Pedagógica Nacional

ISBN digital: 978-628-7651-44-9
ISBN ePub: 978-628-7651-45-6

Primera edición, 2024

Adolfo León Atehortúa
Rector (E)

Jairo Alejandro Fernández
Vicerrector Académico

Magda Patricia Bogotá Barrera
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Yaneth Romero Coca
Vicerrectora Administrativa y Financiera

Gina Paola Zambrano Ramírez
Secretaria General

Preparación editorial

Grupo Interno de Trabajo Editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Carrera 16A n.º 79-08
editorial.upn.edu.co
Teléfono: (601) 347 1190 - (601) 594 1894
Bogotá, Colombia

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinación

María Alejandra Uribe C.
Edición

Tomás Collazos Garay
Asistencia editorial

Martha Moreno
Corrección de estilo

Claudia Rodríguez
Diagramación

Ana Sofía Delgado
Finalización de artes

Fredy Johan Espitia B.
Diseño de cubierta

Hecho el depósito legal que ordena la Ley 44 de 1993 y decreto reglamentario 460 de 1995.



Esta publicación puede ser distribuida, copiada y exhibida por terceros si se mencionan los créditos correspondientes. No se puede obtener ningún beneficio comercial.

No se pueden realizar obras derivadas.

Esta obra se publica con fines académicos, culturales y de enseñanza.

Contenido

Prólogo	11
Introducción	15
Ciencias Sociales	33
Educación Artística y Cultural	43
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	49
Matemáticas	67
Educación Física, Recreación y Deportes	79
Educación Ética y en Valores Humanos	89
Tecnología e Informática	97
Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros	103
Recursos educativos	117
Consideraciones finales	129
Referencias	131

Lista de figuras

Figura 1. Dendrímero	18
Figura 2. Planta de tratamiento de aguas residuales	19
Figura 3. Nanotubo de carbono	20
Figura 4. Nanoelectrónica	21
Figura 5. Superficie hidrofóbica	22
Figura 6. Paneles solares	23
Figura 7. Esquema de comparación a nanoescala	25
Figura 8. Colores de las nanopartículas de oro a diferentes tamaños	27
Figura 9. Lentes de contacto inteligentes	28
Figura 10. Ascensor espacial	29
Figura 11. Nanorrobots	30
Figura 12. Nokia Morph	31
Figura 13. Enfrentamiento entre Ricardo Corazón de León y Saladino	36
Figura 14. Diseño ondulante de la espada de Damasco	37
Figura 15. Mural de la civilización maya	44
Figura 16. Incensario maya	44
Figura 17. Copa de Lycurgus	45
Figura 18. Vitrales de la catedral de Notre Dame de Chartres	47
Figura 19. Planta de loto	50
Figura 20. Patas del gecko	51
Figura 21. Alas de libélula	52
Figura 22. Púas del puercoespín	52
Figura 23. Saltamontes cabeza de caballo	53
Figura 24. <i>Pomphorhynchus laevis</i>	53
Figura 25. <i>Xanthium spinosum</i>	54
Figura 26. Clasificación taxonómica de la mariposa Morpho	55
Figura 27. Clasificación taxonómica de la flor de loto	56
Figura 28. Punta de microscopio de efecto túnel	57
Figura 29. Interacción de la muestra y punta del microscopio de fuerza atómica	58
Figura 30. Células marcadas con puntos cuánticos en un ratón	61
Figura 31. Métodos de síntesis de nanopartículas metálicas	62
Figura 32. Disoluciones con nanopartículas de oro	63
Figura 33. Alótopos del carbono	65

Figura 34. Clasificación de nanomateriales por sus dimensiones. a) 0D cúmulo o racimo de átomos o moléculas, b) 1D fibras y varillas, c) 2D películas delgadas, d) 3D policristales	67
Figura 35. Modelo de papiroflexia del fullereno (alótropo del carbono)	68
Figura 36. Relación superficie/volumen	73
Figura 37. Estados de la materia con Lego	74
Figura 38. Microscopio de fuerza atómica AFM	74
Figura 39. Balón de fútbol	79
Figura 40. a) Balón de doce piezas, 1934; b) balón cúbico de dieciocho piezas rectangulares (se ha superpuesto el dibujo de una pieza en forma de T); c) balón con piezas en forma de T; d) balón de piezas octogonales	80
Figura 41. a) Balón Teamgeist; b) balón Jabulani; c) dodecaedro rómbico; d) pentaquisdodecaedro	81
Figura 42. Fullereno molécula con forma de balón de fútbol	82
Figura 43. Tabla de surf con nanotecnología	84
Figura 44. Exposición laboral a nanomateriales	92
Figura 45. Nanotecnología	109
Figura 46. Anuncio publicitario	109
Figura 47. Infografía sobre aplicaciones de la nanotecnología	110
Figura 48. Pagina inicial del blog <i>Enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria en Colombia</i>	111
Figura 49. Reglamento para abordar las nanoformas de sustancias	114
Figura 50. "Historia y conceptos básicos de nanotecnología", en <i>Diálogos sobre nanotecnologías memorias del primer seminario iberoamericano</i>	115
Figura 51. "Nanotecnología para Colombia"	116
Figura 52. Nanotecnología de cerca	116
Figura 53. Clasificación de los recursos educativos	117

Lista de tablas

Tabla 1. Asignaturas transversales al área de Ciencias Sociales	33
Tabla 2. Asignaturas transversales al área de Educación Artística y Cultural	41
Tabla 3. Asignaturas transversales a las áreas de Ciencias Naturales y Educación Ambiental	65
Tabla 4. Conceptos o temáticas en las Ciencias Naturales, Matemáticas y Educación Artística	69
Tabla 5. Múltiplos y submúltiplos del metro	71
Tabla 6. Unidades de medida de objetos del entorno	72
Tabla 7. Asignaturas transversales a Matemáticas	75
Tabla 8. Sectores industriales y productos vinculados a la nanotecnología	85
Tabla 9. Asignaturas transversales a Educación Física, Recreación y Deportes	86
Tabla 10. Asignaturas transversales a Educación Ética y en Valores Humanos	95
Tabla 11. Asignaturas transversales a Tecnología e Informática	102
Tabla 12. Tipos de textos	104
Tabla 13. Asignaturas transversales a Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros	106
Tabla 14. Libros de texto	118
Tabla 15. Cibergrafía	122

Prólogo

En la actualidad, la nanotecnología está abarcando diferentes campos: en el científico y tecnológico, con avances que serán tendencia en diferentes áreas de estudio; en el económico, con la apuesta que están generando inversionistas, emprendedores y gobernantes de los países más desarrollados con la incorporación de recubrimientos con algún tipo de nanomateriales para mejorar y fabricar nuevos productos; en lo político, con el control y regulación que se debe ejercer sobre estos productos; en lo ambiental, con la normatividad relacionada con los residuos que surgen de los laboratorios donde se realiza síntesis de nanomateriales, además de ciertos protocolos e indumentaria que debe seguir el personal que lleva a cabo la preparación y manipulación de aquellos.

Sin embargo, el crecimiento de la nanociencia y nanotecnología no ha sido proporcional a la formulación de su legislación y el impacto en los seres vivos y el medio ambiente, razón por la cual este es un desafío que involucra unir esfuerzos de diferentes actores como investigadores, empresarios, políticos, abogados, entre otros.

Involucrar temáticas de nanociencia y nanotecnología por parte de los educadores es todo un reto que vale la pena afrontar, pues solo de esta manera los niños y jóvenes comprenderán por qué sus tabletas y celulares son resistentes al agua, por qué las pantallas de otros dispositivos son más flexibles, cómo funcionan las camisetas o ropa inteligente que podrán medir el pulso y la respiración o por qué es mejor adquirir elementos deportivos como raquetas, bicicletas, entre otros accesorios más ligeros. Estos son solo algunos ejemplos de las sorprendentes aplicaciones que traen consigo la ciencia y tecnología nano y que harán y hacen parte ya de nuestra vida cotidiana.

La enseñanza de la nanociencia y nanotecnología puede ser implementada en la educación básica primaria y secundaria. Aunque oficialmente estas temáticas no estén contempladas en los estándares de competencias curriculares en Colombia, en unos años seguramente su inclusión será indiscutible. La razón es porque de esta manera se está preparando una sociedad que a corto, mediano y largo plazo estará preparada para asimilar y comprender el comportamiento de las nuevas nanotecnologías que actualmente ya están impactando diferentes sectores de la industria, tales como el automotriz, textil, alimenticio, constructor, agrícola, salud y belleza, farmacéutico, electrónico, computación, medicina, aeronáutico, entre otros.

Tan grande es el impacto que está generado en los diferentes sectores que hoy en día puede adecuarse el término *nano* a cada uno de aquellos para hacer alusión a este campo de estudio en particular; términos como *nanomedicina*, *nanotecnología*, *nanofísica*, *nanoingeniería*, *nanoinformática*, *nanoelectrónica*, *nanobiología* están tomando cada vez más fuerza.

Otro campo que está siendo explorado en los países más desarrollados tiene que ver con la educación en nanotecnología, con la inclusión de estas temáticas en la educación no formal y en los currículos de la educación formal, que van desde la educación universitaria, pasando por la educación secundaria, hasta la educación primaria, y que son tendencia en la enseñanza de las ciencias y de otras asignaturas. En este libro se empleará el término *nanoeducación* para referirse a cómo se ha expuesto anteriormente la aplicación de la nanotecnología en el sector educativo.

La pedagogía y la didáctica constantemente buscan adaptar sus metodologías y técnicas al surgimiento de nuevas áreas de interés educativo, y estas se nutren de los saberes que aporta el campo científico. En este sentido, la nanotecnología se presenta como un andamiaje que promete cambiar nuestro modo de concebir las relaciones entre lo natural, lo artificial y el ser humano. El sistema educativo debe estar preparado para afrontar el desafío de incorporar la nanotecnología como espacio de aprendizaje y reflexión en el currículum de la nueva escuela (Reviglio, 2014, pp. 163-164).

Este libro pretende ser una herramienta de preparación para que los docentes de diferentes disciplinas de la educación básica se motiven a realizar sus clases a partir de la nanoeducación, contemplándola como una alternativa para innovar en la enseñanza de sus correspondientes asignaturas, lo que seguramente las hará más dinámicas, atractivas e interesantes para los estudiantes.

Esta obra comprende los siguientes capítulos, los cuales se han dividido por asignaturas en las que se puede implementar la nanoeducación:

- Capítulo I. Ciencias Sociales
- Capítulo II. Educación Artística y Cultural
- Capítulo III. Ciencias Naturales y Educación Ambiental
- Capítulo IV. Matemáticas
- Capítulo V. Educación Física, Recreación y Deportes
- Capítulo VI. Educación Ética y en Valores Humanos
- Capítulo VII. Tecnología e Informática
- Capítulo VIII. Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros.
- Capítulo IX. Recursos educativos

En cada capítulo se abordan los aspectos de la nanociencia y nanotecnología que pueden ser introducidos y los conceptos o temáticas más formales de cada disciplina con los que se puede llegar a vincular o relacionar. No obstante, cada docente tiene completa autonomía de su uso e implementación, por lo cual se recomienda tener en cuenta otros criterios importantes tales como los planes de estudio, estándares de competencias curriculares, edad y contexto de los estudiantes, asignatura y ciclo académico.

Es responsabilidad del docente realizar una adecuada transposición didáctica del contenido según el curso con el que se vaya a implementar la nanoeducación, pues un tema puede ser perfectamente inculcado no solo en la básica media y secundaria, sino también en la básica primaria. En ese sentido, se emplearían estrategias y recursos educativos acordes a un grado de dificultad apropiado que puede ser bajo, medio o alto según el nivel educativo, que el docente debe estar en capacidad de adaptar y replantear.

Justamente en el capítulo IX se presenta una serie de recursos educativos tales como libros de texto, cibergrafía y nanokits, los cuales serán de gran apoyo y acompañamiento para el docente no solo en su preparación y formación de los tópicos generales de la nanociencia, sino también en poder tener la posibilidad de conocer estrategias didácticas que sean un modelo para replantear su praxis educativa en el ejercicio de vincular temáticas de vanguardia, para que sus clases sean más dinámicas, atractivas, interesantes y motivadoras para sus estudiantes, sin importar la asignatura que se imparta.

Finalmente, se presentan las consideraciones finales, en las que se concluye que de las nueve áreas obligatorias que debe contemplar un plan de estudios de la educación formal, según el artículo 23 de la Ley 115 de 1994 en Colombia, los temas de nanociencia y nanotecnología pueden abarcarse en ocho de estas áreas, demostrando la versatilidad e interdisciplinariedad que puede ser aprovechada para garantizar una educación de alta calidad y que prepare a jóvenes que puedan comprender los actuales avances científicos y tecnológicos. Es primordial tener una noción de estos conceptos desde la educación básica primaria o secundaria, sin la necesidad de esperar a que los estudiantes ingresen a la educación superior o a que solo sea un conocimiento privilegiado, al que solo tengan acceso los estudiantes que decidan cursar una carrera profesional relacionada con las ciencias.

Nanoeducación. Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de la educación básica en Colombia es una forma de anticiparnos a los cambios y renovaciones de las políticas educativas que estarán por venir y de contribuir a la formación y actualización de docentes, quienes son los primeros que deben dar ese gran paso, preparándose de manera autónoma hasta que el gobierno u otras instituciones decidan tomar la iniciativa para crear programas de capacitación formales para que profesores en ejercicio se puedan preparar en espacios de divulgación e instrucción como foros, talleres, cursos o hasta que se creen nuevas asignaturas como seminarios o electivas en la educación superior para docentes en formación inicial.

Introducción

La nanoeducación en Colombia y en los países menos desarrollados aún no es una elección acogida por maestros de educación básica primaria, secundaria y media. Esto se debe a la inexperiencia, pero sobre todo a los pocos programas e iniciativas de formación de los gobiernos e instituciones educativas. Aunque estos países han avanzado en investigación científica, en el área se requiere de la unión de los sectores técnico, tecnológico, empresarial, entre otros actores, para crear programas transversales adecuados que sean impartidos en diferentes niveles educativos para formar una sociedad que pueda comprender, asimilar y adaptarse a los cambios y beneficios que traerán consigo la ciencia y tecnología nano en los próximos años, pero que hoy en día ya están teniendo protagonismo con increíbles aplicaciones en la vida cotidiana.

Sin embargo, la mayor apuesta debe centrarse en la formación de docentes, quienes pueden replicar y aproximar a sus estudiantes a estos conocimientos sin importar si cursan una carrera científica o no, pues una de las bondades de la nanotecnología es su interdisciplinariedad. Esta permite adaptar fácilmente los contenidos para estudiantes que vayan a optar por profesiones como la medicina, el derecho, la ingeniería, la biología, el arte, entre otras a las que los educadores de básica secundaria y media estaremos conduciendo, según la manera en la que se impartan las clases.

Si un docente se limita a enseñar y a aplicar fórmulas para las asignaturas de ciencias básicas, sin duda esto generará un rechazo en el estudiante, que probablemente no elija una carrera profesional que involucre esa área de estudio. Pero si el docente lleva a sus aulas experimentos asombrosos, materiales educativos interesantes,

actividades dinámicas con contenidos entretenidos y, sobre todo, en los que el alumno vea una aplicación en su vida diaria, puede apuntar a que este también se interese no solo por la asignatura, sino por escoger una carrera afín, en la que pueda profundizar en este ámbito de las ciencias básicas.

En este sentido, contemplar la inclusión de temáticas de vanguardia relacionadas con ciencia y tecnología ya no es solo una responsabilidad específica de los docentes de ciencias básicas y naturales, sino que debe ser una misión esencial para las demás asignaturas contempladas en el currículo de la educación básica en Colombia.

El lector podrá comprobar que esto es posible, a medida que avanza en el desarrollo de los capítulos de este libro, el cual justamente se divide por asignaturas que permiten ejemplificar y comprobar la versatilidad y las posibilidades que traen consigo los contenidos que abarca la nanociencia y nanotecnología.

En Colombia aún falta sumar esfuerzos de diferentes entidades y organizaciones gubernamentales para que se pueda replantear formar a los futuros docentes desde la educación superior contemplando la apertura de asignaturas obligatorias de ciencia y tecnología, así como ofertar electivas de este tipo para la formación de profesionales en general, sin importar si ejercerán o no como docentes.

También hace falta crear escenarios de formación y capacitación para docentes en ejercicio, donde se puedan establecer alianzas y convenios con otras universidades para que, de la mano de expertos, los docentes puedan acceder a los laboratorios y tener vivencias que los lleven a adquirir y comprender técnicas básicas de trabajo experimental que puedan replicarse en las aulas de clase con sus estudiantes, o talleres demostrativos que les brinden las bases conceptuales y estrategias pedagógicas para que logren encaminar y complementar su praxis educativa de una manera innovadora.

Por un lado, hace falta que los docentes o investigadores en el área publiquen sobre sus experiencias educativas en el tema y produzcan mayores materiales educativos e insumos que sirvan de modelo, inspiración, motivación y puedan iluminar el camino para que otros colegas sigan sus pasos y replanteen sus clases, ya que en

la actualidad en Colombia no existen libros o guías propiamente dedicadas a la enseñanza o a brindar esas herramientas didácticas a los docentes en temas de nanotecnología.

Los trabajos en enseñanza nano son aún incipientes, debido a que en los estándares de competencias curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN) todavía no se han incluido estos contenidos para que sean trabajados en las aulas de clase de la educación básica, en consecuencia, los docentes no hacen intervenciones educativas al respecto.

El docente podrá conocer libros y materiales educativos que han sido publicados en nuestro país, en Latinoamérica y a escala mundial, los cuales servirán de guía e insumo para iniciar con su proceso de formación, pero sobre todo para replantear su práctica educativa (véase el capítulo 9).

Por otro lado, hace falta que los investigadores de las instituciones líderes en el tema nano en nuestro país promuevan talleres, encuentros, foros y otros eventos de divulgación científica de manera virtual y presencial para docentes en ejercicio, docentes en formación inicial, estudiantes y público en general.

En el plano internacional, han emergido varios programas e instituciones alrededor de la preocupación y la necesidad de capacitar y preparar no solo a los docentes, sino a la sociedad entera en diferentes partes del mundo, ya sea para la divulgación o formación. NanoDays, NanoEduca, Nano Aventura, Exploring the Nanoworld, NanoTruck, Nanoweek, Nano in my Life, NanOpinion y Nanoyou son algunos de los programas e iniciativas más destacados que se podrán consultar en la sección de cibergrafía del capítulo 9.

Aplicaciones de la nanotecnología

En las primeras páginas de esta obra se especuló sobre la necesidad de enseñar y llevar contenidos de nanotecnología a las aulas, debido a que la nanotecnología ya está impactando nuestra vida y está más cerca de lo que se pensaría. Prueba de ello son las diferentes aplicaciones en diversos sectores que nos muestran avances prometedores

y beneficiosos para la salud, la agricultura, los sectores textil y constructor, la electrónica y el medio ambiente, entre otros.

Técnicas de transporte de fármacos

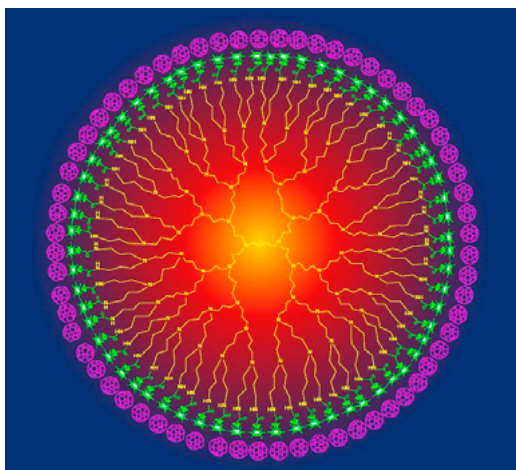


Figura 1. Dendrímero

Fuente: Jaruar26 (2013), Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/>
Archivo: Metallo dendrimer_C60.jpg

Los dendrímeros se caracterizan por ser una nanoestructura polimérica que posee una unidad elemental denominada dendrón, cuya forma se asemeja a la de una rama que se repite formando una construcción arborescente. Según la National Nanotechnology Initiative (NNI, 2014), en sus ramificaciones pueden cargar diferentes materiales y pueden tener diversas funciones al mismo tiempo dependiendo de la aplicación para la que sean diseñados y fabricados.

En especial se emplea para diagnóstico de estados de enfermedad (incluyendo muerte celular) o como vehículo para el transporte de genes y fármacos. Se estudia hoy en día para el tratamiento del cáncer y otras enfermedades.

Técnicas de filtración de agua

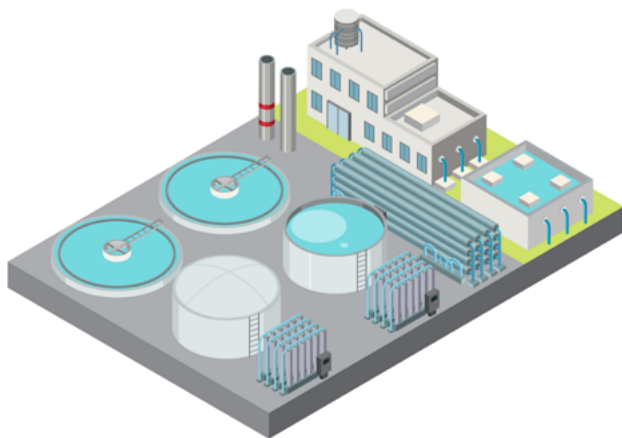


Figura 2. Planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Brgfx (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/area-industrial-isometrica-planta-desalinizadora_24096439.htm

Las membranas fabricadas de nanotubos de carbono están siendo ampliamente estudiadas por los investigadores para la desalinización del agua, así como los nanosensores para la identificación de contaminantes en los sistemas de aguas. Por su lado, el dióxido de titanio (TiO_2), un compuesto que se emplea en la industria cosmética para la fabricación de bloqueadores solares y que tiene otros potenciales usos en la industria química a nanoescala, está mostrando gran potencial para filtrar y purificar el agua (NNI, 2014). También se ha comprobado que puede neutralizar bacterias, entre ellas la *Escherichia coli* (*E. coli*) en el agua.

Nanotubos

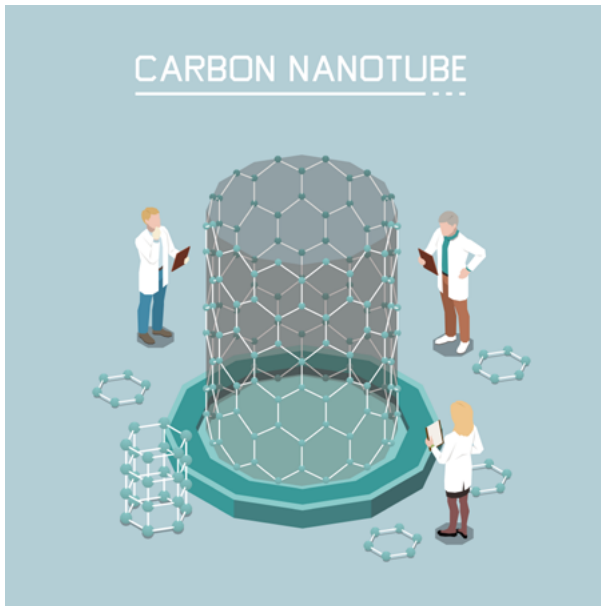


Figura 3. Nanotubo de carbono

Fuente: Macrovector (s. f.a), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-nanotecnologia-crecimiento-nanotubos-carbono-partir-nanoparticulas-grafeno-productos-innovadores-fondo-nanomateriales_15406075.htm.

Los nanotubos de carbono son una de las estructuras de los alótopos del carbono, tienen sus átomos de carbono organizados en una red hexagonal de manera cilíndrica y poseen propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas únicas. Esto permite que tengan potenciales aplicaciones en diferentes sectores e industrias, por ejemplo, se usan en las pantallas planas de televisores; lámparas; tubos luminiscentes; baterías recargables; sensores; fabricación de sondas de microscopios; células solares; partes de aviones, barcos y autos; artículos deportivos como raquetas de tenis, bates de béisbol, palos de golf, entre otras.

Nanotransistores



Figura 4. Nanoelectrónica

Fuente: Macrovector (s. f.d), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-nanoelectronica-iconos-demostracion-logros-cientificos-microbiologia-medicina-moderna_7498985.htm.

Los transistores son interruptores electrónicos en los que una mínima cantidad de electricidad se aprovecha como una puerta para controlar el flujo de considerables cantidades de electricidad. En los ordenadores, cuantos más transistores, mayor potencia. El tamaño de los transistores ha venido reduciéndose, lo que conduce a computadoras más potentes. “Hasta hace poco, la mejor tecnología de la industria producía chips de computadora con transistores de 45 nanómetros de tamaño” (NNI, 2014, p. 4).

Las noticias recientes revelan que en un futuro no muy lejano disfrutaremos de tecnología de 32 nanómetros.

Nanocapas



Figura 5. Superficie hidrofóbica

Fuente: tomado de Doctor-a (2017).

Una de las sorprendentes aplicaciones de la nanotecnología tiene que ver con los recubrimientos que se adicionan en la superficie de diversos materiales para que estos sean más duros o resistentes al rayado y la abrasión mecánica, o que puedan tener la propiedad de la hidrofobicidad, es decir, que puedan repeler el agua. También podrían mejorarse las propiedades antirreflectivas o antiniebla con autolimpieza. Hoy en día podemos encontrar cámaras, celulares, pantallas de computadoras, relojes y gafas con estas características.

Otros materiales podrían ser conductores de electricidad o resistentes a la luz ultravioleta o infrarroja, todo gracias a la formación de nanocapas.

Plásticos solares



Figura 6. Paneles solares

Fuente: Tawatchai07 (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/foto-gratis/paneles-solares-techo-celula-solar_21520477.htm

Hoy en día se fabrican rollos de plásticos finos, flexibles y ligeros que incluyen materiales a nanoescala. Según la NNI (2014), varias personas opinan que dichos materiales sustituirán las tecnologías habituales de energía solar. Los nanomateriales absorben la luz solar y, en ciertos casos, la luz interior para transformarla en energía eléctrica. En la actualidad son materia de investigación las celdas solares de capa fina acopladas con un moderno prototipo de batería recargable. Esta tecnología se usará más ampliamente cuando los investigadores aprendan cómo captar la energía solar de manera más eficiente.

¿Qué es la nanociencia?

Se puede precisar que la nanociencia comprende la acumulación estructurada de ciencias interrelacionadas que permiten concebir el funcionamiento de la naturaleza cuando es analizada a una escala minúscula, la llamada *nanoescala*, es decir, cuando se estudian

objetos con un tamaño de unos cuantos nanómetros y se examinan sus propiedades.

Un nanómetro es una unidad de longitud verdaderamente pequeña: equivale a 0,001 micrómetros o micras, a 0,000001 milímetros, o a 0,000000001 metros. Se puede registrar la misma cadena de equivalencias aprovechando la notación científica: $1 \text{ nm} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$. ¡Un nanómetro corresponde a la millonésima parte de un milímetro! Cuesta imaginarse estos tamaños. El prefijo *nano-* (que procede del griego *nanos*, ‘diminuto’) se emplea para referirse a los objetos muy, pero muy pequeños (Serena, 2021).

Como ejemplos de objetos o elementos que se encuentran en la nanoescala se destacan los siguientes: 3 átomos que están alineados tienen aproximadamente 1 nm de largo. Un solo cabello humano es aproximadamente 80 000 nanómetros (nm) de ancho, un glóbulo rojo mide aproximadamente 7000 nm de ancho, una molécula de ADN de 2-2,5 nm o una molécula de agua es de 0,24 nm. El diámetro de un átomo es de 0,1 a 0,5 nm. El rango de longitud de onda de la luz visible es de 400 a 700 nm. El grosor de una sola capa (un átomo) del grafeno es de 0,345 nm. El átomo de hidrógeno es de aproximadamente 0,1 nm. Un virus puede tener unos 100 nm (Ersöz *et al.*, 2018). Otros ejemplos se pueden observar en la figura 7.

La nanoescala, que también puede ser llamada *nanomundo* (que está poblado por nanofauna, es decir, por diversos tipos de nanoestructuras y nanoobjetos), es un entorno diminuto que podría estremecernos, ya que características muy diferentes al del mundo macroscópico son tan variadas que en realidad sorprenden por su tamaño, forma, composición química y color.

Podemos encontrar desde átomos, moléculas (algunas pequeñas hasta otras muy grandes y complejas), nanopartículas, materiales nanoporosos, alótropos del carbono (como los nanotubos de carbono y el grafeno), nanohilos metálicos y semiconductores hasta cadenas de ADN, liposomas, proteínas, ribosomas, dendritas, virus, etc.

Este mundo nano deslumbra por las propiedades que se ponen en evidencia cuando la “nanofauna” se manipula en la nanoescala

y que no se manifiestan cuando su tamaño crece o se manipula en la macroescala.

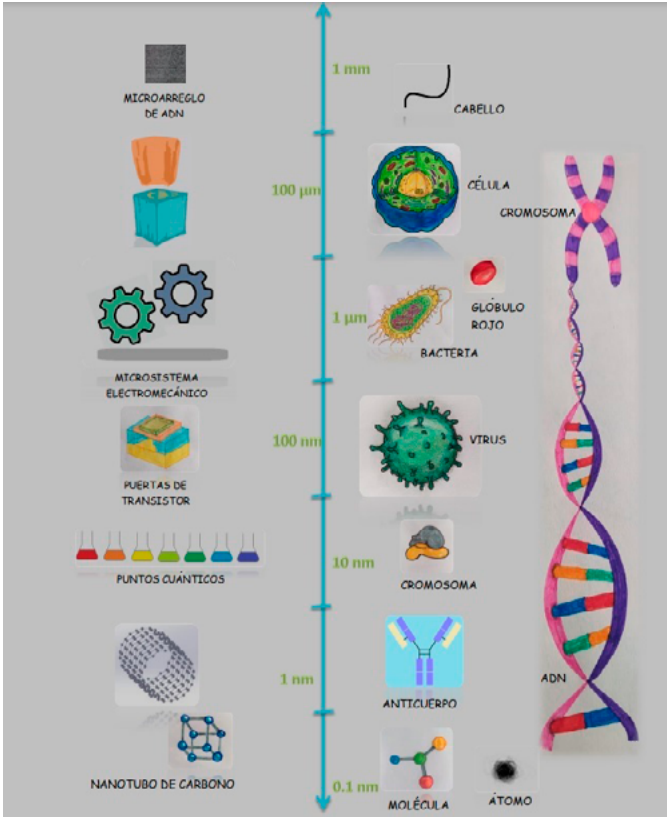


Figura 7. Esquema de comparación a nanoescala

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Mendonça *et al.* (2017).

Siguiendo a Serena (2021), a manera de ejemplo, si se comparara una hebra de carbono, que se puede percibir a simple vista y se reconoce por tener unas óptimas propiedades mecánicas, con los nanotubos de carbono, que serían como sus “hermanos menores”,

estos últimos poseen propiedades aun mejores. Esto es lo que hace que lo nano tenga un valor agregado en relación con lo micro o lo macro”, por consiguiente, diferente. Y es precisamente a esa diferencia la que se investiga para darle una aplicación tecnológica.

Propiedades de los materiales a nanoescala

Tal parece que cuando se compara el tamaño de las partículas de materia sólida en un microscopio óptico, es decir en la escala visible, no hay gran diferencia en las propiedades de las partículas. Sin embargo, cuando específicamente se fabrican partículas con dimensiones de aproximadamente 1 a 100 nanómetros (en los que las nanopartículas solo pueden ser observadas a través de microscopios más potentes y especializados), las propiedades de las nanopartículas se modifican significativamente en comparación con las de mayores escalas.

Esta es la escala de tamaño donde los llamados efectos cuánticos gobiernan el comportamiento y las propiedades de las partículas. Las propiedades de los materiales dependen del tamaño en este rango de escala. Por lo tanto, aspectos como el punto de fusión, la fluorescencia, la conductividad eléctrica, la permeabilidad magnética y la reactividad química cambian en función del tamaño de la partícula (NNI, 2014).

El oro a nanoescala ilustra propiedades únicas que no ocurren en la macroescala. Las partículas de este metal precioso a nanoescala no son del amarillo con el que estamos familiarizados, sino que pueden verse de colores rojo o violeta. A nanoescala, los electrones del oro tienen poca movilidad y al tener esta limitación las nanopartículas de oro reaccionan de manera completamente diferente con la luz en comparación con las partículas de oro de mayor escala. Es debido a sus propiedades ópticas y tamaño que se puede lograr que las partículas de oro a nanoescala detecten células cancerígenas y se acumulan selectivamente en estas permitiendo obtener

imágenes precisas de su ubicación así como la destrucción láser dirigida de las células malignas evitando dañar las células sanas.

En la figura 8 se puede apreciar que en la nanoescala varía el color de las nanopartículas según su tamaño y forma, siendo esta una de las propiedades más sorprendentes de las nanopartículas de oro.

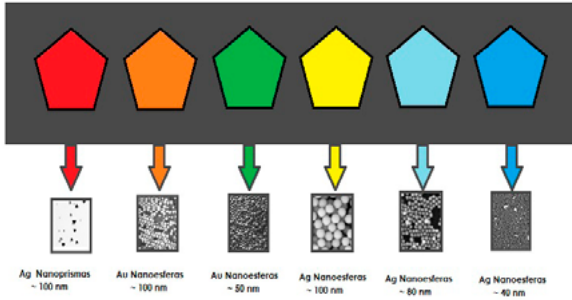


Figura 8. Colores de las nanopartículas de oro a diferentes tamaños

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Bolaños (2016).

Un resultado fascinante y poderoso de los efectos cuánticos de la nanoescala es el concepto de *sintonía de las propiedades*. Es decir, al modificar el tamaño de la partícula, un investigador puede ajustar una propiedad material de interés, por ejemplo, variar el color de la fluorescencia; a su vez, la coloración de la fluorescencia de una partícula se puede utilizar para identificar la partícula y varios materiales se pueden “etiquetar” con marcadores fluorescentes para diversos fines (NNI, s. f.).

¿Qué podemos esperar de la nanotecnología entre el 2023 y el 2030?

Ersöz *et al.* (2018), en su libro *Nanotechnology 1. Fundamentals of nanotechnology*, nos comparten algunos de los prometedores avances tecnológicos que se esperan gracias a la nanotecnología en los años venideros.

Lentes de contacto inteligentes

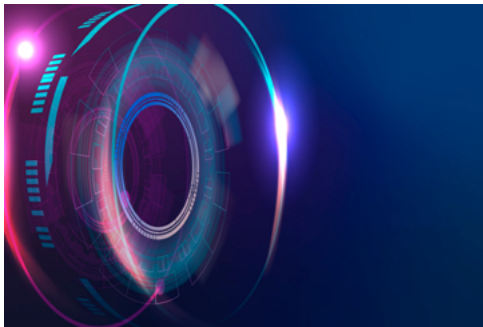


Figura 9. Lentes de contacto inteligentes

Fuente: Rawpixel.com (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/foto-gratis/fondo-tecnologia-lentes-opticas-degradado-morado-azul_17122706.htm.

Los investigadores están trabajando en un lente de contacto inteligente que, aunque no corregirá los defectos de la visión, sí permitirá que al ponérselos mejore la visión. Por ejemplo, si te encuentras en una ciudad desconocida y necesitas llegar rápidamente, podrás encender el lente de contacto y este mostrará el paisaje con diferentes indicadores que mejorarán tu ubicación y concentración, ya que este lente de contacto contará con una pantalla, conexiones eléctricas y diodos emisores de luz (LED, por su sigla en inglés), a diferencia de un lente de contacto convencional (Ersöz *et al.*, 2018).

Ascensor espacial

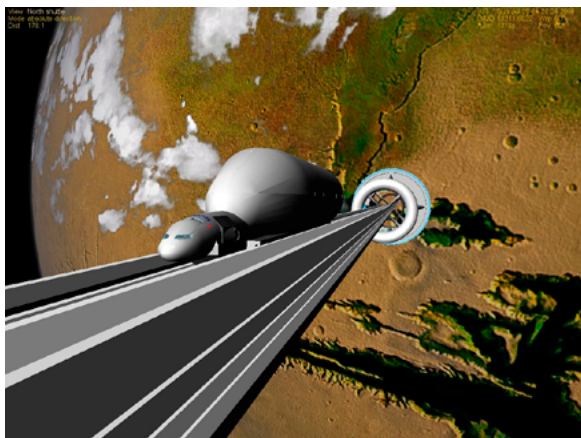


Figura 10. Ascensor espacial

Fuente: Irving (2005), *Flickr*, <https://www.flickr.com/photos/flyingsinger/58239815>

Como si fuera solo una idea para una película de ciencia ficción, los científicos planean construir un ascensor espacial que no solo servirá para transporte de mercancías y misiones tripuladas especiales, sino que además se convertirá en una atracción turística para los curiosos que quieran viajar por el espacio. Sin duda, un gran reto para los investigadores es encontrar los materiales ideales para la construcción de este ascensor mediante un cable colgante que tenga la resistencia y tensión suficiente para aguantar el peso de la estructura. Por lo pronto, los nanotubos de carbono resultan ser una de las primeras opciones para llevar a cabo este gran invento de la ingeniería astronáutica.

Doctores nanorrobots en treinta años

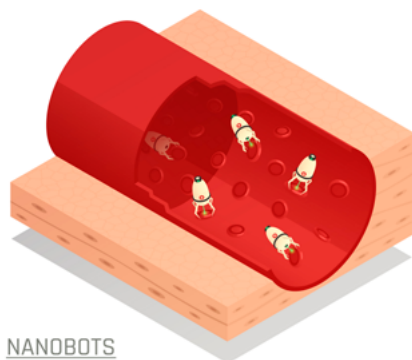


Figura 11. Nanorrobots

Fuente: Macrovector (s. f.b), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-vaso-sanguineo-nanorrobots_6169426.htm#query=nanomedicine&position=4&from_view=keyword

En treinta años se espera que algo tan pequeño como una píldora sea capaz de actuar como un médico diminuto, o algo a lo que los científicos llamarían *nanodoctor*, capaz de viajar por la sangre para detectar y extirpar tumores o regenerar tejidos, ya que actualmente varios antibióticos podrían matar o afectar otras células del cuerpo. Una gran ventaja de estas píldoras o de los nanorrobots es que se puedan fijar o ubicar exactamente en el lugar u órgano afectado, sin alterar o afectar a otras células del cuerpo humano.

Un nanorrobot, capaz de administrar veneno solo a las bacterias a las que nos dirigimos, simplificaría enormemente las cosas. Las enfermedades se podrían diagnosticar antes de que la persona sintiera el primer síntoma, lo que simplificaría aún más su tratamiento. Los órganos que sufren daños por desgaste, como el hígado, los riñones y el cerebro, pueden recibir ayuda para recuperar las células dañadas (Ersöz *et al.*, 2018).

Nokia Morph. El teléfono que se transformará

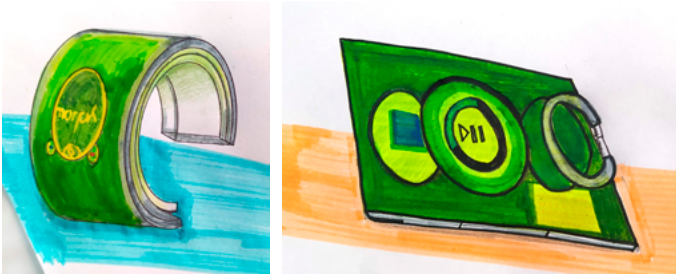


Figura 12. Nokia Morph

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Mobile Gazette (2008).

Gracias a la nanotecnología, que tiende a mejorar funcionalidades aparentemente mágicas en dispositivos comunes, Nokia ha logrado reunir en un dispositivo fascinante una serie de tecnologías que estarán disponibles para equipos móviles durante la próxima década. Bautizado como Morph, el prototipo creado por Nokia puede cambiar su forma de distintas maneras, desde una pulsera hasta un teléfono normal o escritorio de oficina. Es transparente, tiene una superficie capaz de limpiarse a sí misma y el conjunto puede detectar e incluso utilizar fuentes de energía cercanas (Ersöz *et al.*, 2018). Expuesto en el Modern Art Museum de Nueva York, Morph es un concepto que tiene como objetivo demostrar la extrema flexibilidad de los dispositivos móviles que nos depara el futuro cercano.

Ciencias Sociales

Dentro del área de Ciencias Sociales se encuentran asignaturas como Historia, Geografía, Constitución Política y Democracia. Desde esta área podrían abordarse justamente aquellos aspectos y hechos históricos, políticos, sociales, económicos y culturales que marcaron el surgimiento y desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología.

Además de ser una temática que puede ser de interés compartir desde las ciencias sociales, en la tabla 1 se pueden identificar otras áreas en las cuales también podría abordarse y los temas o conceptos de la Educación Básica Secundaria que pueden vincularse.

Tabla 1. Asignaturas transversales al área de Ciencias Sociales

Área	Ciencias Sociales		
Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas	
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Química	x	<ul style="list-style-type: none"> • Historia de la química-metalurgia • Aleaciones • Propiedades físicas y químicas
Ciencias Sociales	Historia	x	<ul style="list-style-type: none"> • Prehistoria-etapas de la prehistoria-Edad de Piedra y Edad de los Metales • Las cruzadas
	Constitución Política		<ul style="list-style-type: none"> • Inversión económica en nanotecnología • Países líderes en innovación tecnológica
Matemáticas		x	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculos y análisis estadísticos con valores de I+D • Análisis de gráficas y tablas con datos de inversión en ciencia y tecnología anuales

Fuente: elaboración propia.

Aunque se cree que la nanotecnología es un campo reciente de estudio, solo a partir de los años ochenta esta comenzó a crecer con fuerza debido a la curiosidad e intriga que generaba en los científicos e investigadores, quienes se encontraban optimistas por explorar un campo que hasta el momento era desconocido y que para otros no era más que ciencia ficción.

Según Serena (2002, citado por Amy y Latronica, 2012), es a quien las primeras conjeturas relacionadas con la probabilidad de manipular átomos y moléculas con un fin u objetivo determinado se le atribuyen a Richard Feynman, quien en 1959 se dirigió a la comunidad científica en el Instituto de Tecnología de California y pronunció un discurso que se hizo famoso porque empleó frases que se han hecho célebres, como “*There is plenty of room at the bottom*” (‘Hay mucho espacio en el fondo’), en un intento por demostrar las potencialidades de este nuevo campo. Sin embargo, aunque Feynman estuvo muy cerca, no fue él quien introdujo los términos *nanociencia* o *nanotecnología*, sino que fue en 1974 cuando el profesor Norio Taniguchi en una conferencia en Tokyo para la International Conference on Production Engineering presentó el término *nanotecnología* para referirse a la tecnología necesaria para fabricar objetos o dispositivos con una precisión del orden de 1 nm.

En la década de 1980 se escucharon hipótesis sobre la posibilidad de tocar o manipular los átomos y moléculas, en una teoría propuesta por el doctor K. Eric Drexler. Sin embargo, pese a los nuevos términos y conceptos que se estaban proponiendo, algunos científicos mostraban su escepticismo frente a estos, al igual que sucedió con la escuela atomista griega y el apasionante discurso de Feynman. La idea parecía poco probable y hasta apropiada para una película de ciencia ficción, en especial para Richard E. Smalley, quien años después, en 1996, ganó el Premio Nobel de Química por el descubrimiento de los fullerenos. Eric Drexler publicó el primer libro sobre nanotecnología en 1986, titulado *Engines of creation: The coming era of nanotechnology* (Alonso *et al.*, 2015).

Entre los materiales nano más emblemáticos tenemos en el año 1991 a S. Iijima, premio nobel por el descubrimiento de los

nanotubos de carbono; en 1996 el galardón se lo llevaron R. Smalley, R. Curl y H. Kroto por los fullerenos y ya en el 2010 A. K. Geim y K. S. Novoselov recibieron el premio Nobel de Física por su trabajo sobre el grafeno, un alótropo del carbono ideal para la fabricación de paneles solares y pantallas táctiles por ser un buen conductor de electricidad. Otro sector productivo interesado en la búsqueda de lo extremadamente pequeño es el de la microelectrónica, cuyas tecnologías han ido satisfaciendo las predicciones de la denominada ley de Moore y han conseguido que los procesadores que empleamos estén desarrollados con elementos nanométricos. Aunque existen diversas contribuciones de gran importancia sobre los inicios de la nanotecnología, las anteriores permiten ilustrar una parte del camino que la nanotecnología ha recorrido hasta nuestros días. Se puede afirmar que, a principios de los años 2000, la nanotecnología entró en una etapa de madurez en la que ahora sigue evolucionando (Serena, 2013).

Desde el 2000 hasta hoy la nanotecnología sigue en constante crecimiento, y algunas de sus aplicaciones son bastante ambiciosas, como, por ejemplo, la de crear un ascensor espacial, ropa inteligente, piel artificial, etc.; hasta otras que parecen ser esperanzadoras, como su aplicación en el diagnóstico, tratamiento y cura de enfermedades como el cáncer, la tuberculosis, la regeneración de tejidos o la creación de prótesis. Otras de sus potenciales aplicaciones se estudian para la descontaminación de aguas, conservación de alimentos, nuevos recubrimientos, materiales de construcción más resistentes, baterías más duraderas. Para algunos, estas serían inalcanzables, pero los científicos se prometen llegar cada vez más lejos con la manipulación de átomos y moléculas a nanoescala.

Pese a que se creía que los años ochenta marcaron el comienzo de la nanociencia y nanotecnología, hoy en día las investigaciones han dejado al descubierto que de manera espontánea y al azar se originaron nanopartículas perfectas por parte de artesanos que por ensayo y error las crearon sin ser conscientes de ello en la época antigua.

El origen de las espadas de Damasco puede ser un dato curioso e interesante que podría compartirse con los estudiantes al enseñar en clase todo lo relacionado con herramientas de la época prehistórica

y su evolución en otras épocas hasta nuestros tiempos. Otra opción relevante puede ser mencionar el tema cuando se esté enseñando lo relacionado con las cruzadas, como se presenta a continuación.

La tercera cruzada (1187-1192), también conocida como la Cruzada de los Reyes, fue una batalla religiosa en la que los europeos pretendían reconquistar la Tierra Santa (Jerusalén) de manos del sultán musulmán Saladino. Se dice que no existen registros de que Saladino antes hubiera logrado derrotar en algún enfrentamiento militar a Ricardo, quien había asegurado ya algunas de las más importantes ciudades costeras. No obstante, el 2 de septiembre de 1192, Ricardo I de Inglaterra, apodado Corazón de León, llegó a un acuerdo con Saladino que terminó con la firma de un tratado en el cual se estableció que Jerusalén permanecería bajo control musulmán, pero permitirían que la ciudad fuera visitada por peregrinos cristianos desarmados (aun así, hubo otras seis cruzadas). Cuenta la leyenda que Ricardo Corazón de León se enfrentó a Saladino (figura 13) durante la cruzada. La espada del rey Ricardo era tosca, pesada, recta y brillante mientras que la espada de Saladino era esbelta, ligera y de un color azul opaco. Ricardo I, para demostrar las virtudes de su espada, cortó de un solo golpe una barra de hierro. Saladino cogió un cojín de seda y lo partió sin ningún esfuerzo. ¡No podía ser! Como los cruzados pensaron que se trataba de un truco, Saladino lanzó un pañuelo de seda al aire y lo desgarró completamente con la espada (Hablemos de Tronos, 2016).



Figura 13. Enfrentamiento entre Ricardo Corazón de León y Saladino

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022)
con base en *Hablemos de Tronos* (26 de noviembre del 2016).

Así es, Saladino poseía una espada de acero de Damasco que tiempo después se fue convirtiendo en un arma muy preciada por los ejércitos de la época; todos añoraban el arma más letal para su defensa y protección o para tener un combate mortal y victorioso. Las espadas eran legendarias por su dureza y su filo “casi eterno”, sin embargo se reconocían fácilmente porque en sus hojas se destacaban unas líneas muy particulares con patrones ondulantes que les otorgaban mayor grado de belleza, encanto y perfección a estas armas (figura 14).



Figura 14. Diseño ondulante de la espada de Damasco

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en *Hablemos de Tronos* (26 de noviembre del 2016).

Una de las leyendas que circulaban de boca en boca era que estas espadas, una vez forjadas al rojo vivo, eran templadas introduciéndolas en el cuerpo de los prisioneros robustos para, de esta manera, tomar el valor de ellos y crear las temidas espadas de Damasco. No faltaron los esclavos que sirvieron como fieles creyentes realizando varios intentos para conseguirlo. A partir de 1700, los últimos herreros que conocían la técnica real murieron y, con ello, se perdió la memoria del acero de Damasco (Hablemos de Tronos, 2016).

Mediante la técnica de ensayo y error los herreros artesanos se percataron de que si añadían ciertas cantidades del mismo hollín de la madera que alimentaba las fraguas de fundición al hierro, era posible obtener un material de mayor flexibilidad y dureza. Este proceso de añadir carbono al hierro fundido fue concluyente para descubrir el acero. El acero es una mezcla de hierro con una

cantidad de carbono que varía entre el 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición, lo que a este material fácilmente forjable. Este acero, también conocido como acero *wootz*, se destacaba por su gran dureza y flexibilidad y fue obtenido en la India en el 300 a. C. y exportado al Medio Oriente; se le reconoció definitivamente como “acero de Damasco” (o “hierro esponja”), y de ahí el nombre de “espadas de Damasco” (Gamo y Tutor-Sánchez, 2015).

Las espadas de Damasco más antiguas datan del año 540 de nuestra era, pero es posible que se hayan usado mucho antes, incluso en la época de Alejandro Magno (ca. 323 a. C.). El propio acero se habría concebido en la India, en donde se denominaba *wootz*. Se mercantilizaba en forma de coladas (*cakes*) del tamaño de discos de *hockey* sobre hielo. Las mejores espadas eran forjadas en Persia a partir de *wootz* indio, que se empleaba también para escudos y armaduras. Estos aceros se conocieron en la Edad Media en Rusia, donde se denominaban aceros *bulat*, y en Persia se llamaban *poulad Janherder* (Fermín, 1999).

El investigador Peter Paufler junto con sus colaboradores de la Universidad de Dresden, en Alemania, publicó en el 2006 un artículo en la revista *Nature*, en el que de manera reveladora se comprobó la existencia de nanotubos de carbono (CNT) ocluidos en la matriz metálica del acero, mediante estudios de microscopía realizados en algunos ejemplares de espadas de Damasco (Gamo y

Además de condiciones históricas, el impacto de la nanotecnología en lo económico, político y social pueden estudiarse en otras asignaturas de las ciencias sociales, como en Ciencias Políticas o Democracia.

En los países menos desarrollados la baja inversión en ciencia y tecnología desencadena un retraso en las necesidades actuales de la población y de su propio contexto. Es por esta razón por la que algunos investigadores prefieren migrar a países más desarrollados para tener mayor capacitación y avances en su quehacer científico, con lo que se produce un déficit en conocimiento, falta de soluciones acertadas a los retos del país y un impacto marginal en el desarrollo científico y tecnológico.

Debido a esto, varios países en el mundo le han apostado a intensificar sus inversiones en ciencia y tecnología como una estrategia para solucionar sus problemas en diferentes ámbitos y, además, lograr mayores ingresos por las ventas de productos científicos y tecnológicos intensivos en conocimiento, con el fin de ser más competitivos y productivos al desarrollar su aparato productor y potencializar sus recursos. Esto requiere de una estrategia a largo plazo con inversiones constantes que redundan en múltiples oportunidades al fortalecer todo el ciclo productivo en pro de la sociedad (*Portafolio*, 2017).

Para aumentar y despertar el interés por el uso de las nanotecnologías de inversionistas, gobernantes, emprendedores y otros investigadores y profesionales de la industria bastaría con señalar que se estima que las ventas anuales globales relacionadas con la nanotecnología se proyectaron para el 2015 por encima del orden de los 2,6 trillones de dólares anuales y sus mercados, según Lux Research Inc. representarían aproximadamente 15 % de la producción lucrativa en casi todos los sectores de las economías industriales a nivel mundial y cerca de diez millones de puestos de trabajo o más en todo el mundo (Quintili, 2012).

Según Roco *et al.* (2010, citado por Martínez *et al.*, 2015), la nanotecnología facturó en el 2020 tres trillones de dólares a nivel mundial y este crecimiento económico proviene de resultados históricos. Solo por mencionar algunos de estos acontecimientos, en el 2009 el mercado global de productos que contienen nanotecnología alcanzó una cifra de 254 billones de dólares, y se predice un aumento significativo a una tasa promedio anual del 23 % para los próximos diez años. Estados Unidos y la Unión Europea sumaban el 67 % de dicho mercado, mientras que Asia comprometía el 27 %.

La nanotecnología, según el informe *Global Nanotechnology Market* (citado en Columba, 2022):

Presenta un mercado global que superará los 125 000 millones de dólares en los próximos cinco años. Mientras que por otro lado el investigador del CSIC “Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid”, Pedro Serena, establece que para el desarrollo de la nanotecnología en EE. UU. existe la Iniciativa Nacional de Nanotecnología. “El Gobierno Federal de EE. UU. invierte unos 2000 millones de dólares al año, a lo que se suma lo que ponen las universidades, las industrias y los Estados”.

Los pronósticos en términos de crecimiento económico para la nanotecnología son prometedores para los años venideros, se estima que generarán mayores posibilidades de empleo en la investigación, producción y comercialización de productos.

Entre los países que lideran la investigación tecnológica a escala mundial se encuentran Estados Unidos, Australia, Japón, Corea del Sur, la India, China e Israel, que se han inclinado por desarrollar centros de investigación y formular iniciativas de I+D internacionales. La nanotecnología es una de las seis tecnologías esenciales de la Unión Europea, clave en la política industrial. Tanto así que el Programa Marco de Investigación e Innovación Horizonte 2020 prevé que en los años venideros las nanotecnologías estarán integradas completamente en nuestra vida cotidiana proporcionando beneficios para los consumidores en diversas áreas, como la alimentación y la salud, y generando nuevas soluciones industriales. Por ello, significarán una mejora en la productividad, una mayor eficiencia del uso de los recursos, así como vías de desarrollo sostenible (Mapfre, 2019).

Volviendo a la época antigua, la espada de Damasco no fue el único utensilio que llamó la atención y que ha sido materia de estudio por parte de los historiadores y científicos. Existen otros elementos que también han despertado la curiosidad de los investigadores, como la copa de Lycurgus, el pigmento azul maya y los vitrales de algunas catedrales del siglo XIII, elementos ideales que pueden abordarse desde las clases de Educación Artística y Cultural, primordialmente. No por ello deja de ser un tema transversal, que

bien podría tratarse desde otras asignaturas, tales como Física, Química e Historia. En la tabla 2 se pueden identificar los conceptos o temáticas que podrían enseñarse desde este tipo de contenidos.

Tabla 2. Asignaturas transversales al área de Educación Artística y Cultural

Área	Educación Artística y Cultural		
Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas	
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	Propiedades físicas Óptica Reflexión de la luz
	Química	x	Pigmentos y colorantes Propiedades químicas Elementos y compuestos químicos Tamaño de partículas Historia de la química-periodo prehistórico y periodo de la yatroquímica Coloides
Ciencias Sociales	Historia	x	Culturas precolombinas de América Civilización romana Edad Media
Educación Artística y Cultural		x	Arte clásico y medieval Pinturas, cerámicas y murales del siglo IX Orígenes de las obras expuestas en museos Artistas y técnicas de pintura empleadas en vitrales

Fuente: elaboración propia.

Educación Artística y Cultural

Un aspecto que causaba gran intriga en la comunidad científica tenía que ver con la perdurabilidad de algunas pinturas de la época antigua, pues a pesar de los años han conservado su color como si el tiempo no hubiera pasado. Sin duda alguna, una característica que haría atractiva cualquier pintura por parte de los compradores y coleccionistas de obras de arte, pero también de los artistas, ya que tendrían la seguridad de que sus obras perdurarían por largos periodos y no pasarían desapercibidas. Ejemplo de lo anterior es el hermoso pigmento azul maya fabricado por primera vez justamente por la cultura maya y también por los aztecas en el siglo IX. Esta tinta, compuesta de nanopartículas cerámicas híbridas a base de material orgánico (añil, también denominado índigo centroamericano) e inorgánico (arcilla palygorskita) atrae todas las miradas y provoca gran asombro y curiosidad, pues precisamente la perdurabilidad del color azul maya es una maravilla ya que a pesar de estar expuesto a condiciones climáticas adversas y al paso de los años sigue intacto, actuando de manera contraria a lo esperado, esto es, que con el paso del tiempo los colorantes orgánicos tienden a degradarse (Gamo y Tutor-Sánchez, 2015).

Otro ejemplo lo encontramos en las cerámicas y los majestuosos murales del templo de Chichén Itzá (figura 15) —una significativa ciudad maya cerca de la punta norte de la península de Yucatán en México, a unos 120 kilómetros al oeste de Cancún—: pese a que tienen 1600 años de antigüedad, estas pinturas mantienen sus radiantes tonalidades vibrantes. El misterio que se esconde detrás de la

durabilidad del color azul maya empezó a desvelarse en 1939, después de que un explorador, de nombre Edward Thompson, encontrara en las ruinas de Chichén Itzá un incensario maya (figura 16) de 1400 que contenía residuos azules y blancos (catálogo del Museo Field, 1969, ref.: 189262), informó *The New York Times* (Bles Mundo, 2018).



Figura 15. Mural de la civilización maya

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Del Mar (2020).

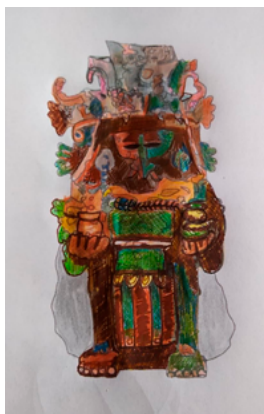


Figura 16. Incensario maya

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Del Mar (2020).

“El tiempo ha constatado que la belleza del azul maya es extraordinariamente resistente a los ácidos diluidos, álcalis, disolventes, oxidantes, reductores, calor e incluso biocorrosión, los científicos de todo el mundo continúan investigando sus extraordinarias propiedades” (Bles Mundo, 2018).

Otro de los elementos que ha despertado un especial interés es el que se escondía detrás de una copa que se encuentra en el Museo Británico, cuyo misterio se desencadenó, ya que, para algunos, la copa era de color rojo mientras que para otros era verde. Esta fue razón suficiente para que los científicos del museo decidieran estudiar esta pieza y descubrieran detalles que provocaban este extraordinario fenómeno óptico.



Figura 17. Copa de Lycurgus

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en *Weirdworld* (2 de diciembre del 2014).

La copa se torna de color verde al observarse por reflexión de la luz, pero exhibe el color rojo cuando se observa por transmisión. A nivel macroscópico, la vasija de cristal contiene una mezcla de sosa-cal-silica, manganeso y antimonio. No obstante, al examinarla

mediante rayos x se determinó que contenía nanopartículas metálicas de oro y de plata (de tamaños que oscilaban entre los 50 y los 100 nm), en una proporción 7:3 (Gamo y Tutor-Sánchez, 2015).

Dichas partículas posibilitan los cambios de color que se presentan dependiendo de la posición o ubicación del observador, así como de la iluminación. Sin embargo, según el líquido que se vierta dentro de la vasija la pigmentación de la copa también puede verse alterada. Esta propiedad fue descubierta gracias a los ensayos experimentales que se llevaron a cabo en un laboratorio, ya que nadie se había atrevido antes a introducir algún fluido a esta reliquia romana. Los detalles en plata que ornamentan la pieza representan la muerte de Licurgo, el mitológico rey de Tracia que prohibió el culto a Dionisio, dios del vino (“¿Nanotecnología en el siglo iv?”, 2017).

Este descubrimiento en algunos provocó asombro, mientras que para otros no dejaba de resultar inquietante, hasta causar escepticismo. Esto ocurrió especialmente entre la comunidad científica, cuyos miembros se negaban a contemplar la probabilidad de que mil seiscientos años atrás, de manera espontánea y sin contar con conocimientos sólidos, artesanos de la época hubieran fabricado con una destreza inusual una pieza tan avanzada, que para ser manufacturada hoy en día requiere de técnicas o máquinas especializadas donde se puedan manipular partículas a una escala reducida del orden de nanómetros.

Todavía existen dudas sobre la mezcla perfecta de los metales. Resulta descabellado pensar que los romanos pudieran comprender hace más de un milenio y medio cómo utilizar las nanopartículas, que muchos años después serían la base para desarrollar la nanotecnología (“¿Nanotecnología en el siglo iv?”, 2017).

Otro emblemático ejemplo de que la nanotecnología tuvo sus cimientos en la época antigua se ve en los vitrales de diferentes iglesias y catedrales. Es el caso de una de las catedrales más importantes en Francia, la catedral de Notre Dame de Chartres (figura 18), ubicada en el valle de la Loire al suroeste de París y construida entre 1205 y 1240 d. C. Esta esplendorosa catedral medieval contiene 172

vitrales muy reconocidos por su notable tamaño y belleza, los cuales han sido materia de investigación no solo por las instituciones que se encargan del cuidado del patrimonio nacional, sino también por el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS, por sus siglas en francés). La ciencia se oculta detrás de los lindos colores que se exhiben cuando la luz atraviesa los vitrales o cuando se dispersa en estos (Monteblanco, 2021).

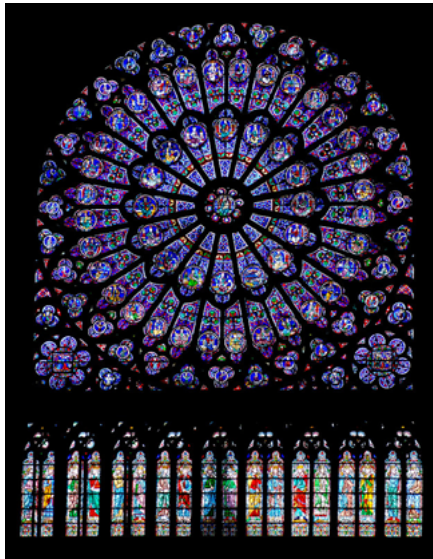


Figura 18. Vitrales de la catedral de Notre Dame de Chartres

Fuente: Olivera (2014), *Flickr*, <https://www.flickr.com/photos/ewolivera/14469297120>

En la Edad Media, el oro se utilizaba en procedimientos para tratar enfermedades como la epilepsia, la disentería, tumores y problemas cardiacos. Sin embargo, también se consideraban las disoluciones de oro coloidal como elixires de la eterna juventud, tómease como ejemplo el caso de Diana de Poitiers, mujer reconocida por tener un hermoso cutis gracias a los elixires de oro que ingería. No obstante, el legado de las nanopartículas de oro en la Edad Media

quedó perpetuado para la historia en las numerosas vidrieras de las catedrales e iglesias, cuyo reflejo y color se les atribuye a estos coloides. A pesar de todo, el primer estudio científico apenas se llevó a cabo en 1957, cuando Michael Faraday realizó un análisis detallado sobre la síntesis y propiedades del oro coloidal (Fraile, 2016).

Estos ejemplos demuestran que la interdisciplinariedad de los temas relacionados con nanociencia y nanotecnología la hacen una opción interesante que puede despertar mayor curiosidad, interés y motivación por parte de los estudiantes dadas las aplicaciones que han tenido desde la antigüedad y han marcado la historia del arte, la química y la sociedad.

Aun cuando la gran mayoría de nanopartículas son fabricadas de manera artificial y otras de manera incidental, como se ha expuesto en los apartados anteriores, la nanotecnología no para de sorprendernos, esta vez para demostrarnos que no solo se encontraba presente en utensilios y otras piezas de arte desde la Antigüedad, sino que además algunas se han originado por condiciones del ambiente producidas por plantas, árboles, volcanes, espumas marinas e inclusive especies de animales. Por esta razón se puede hablar de nanotecnología en la naturaleza, lo que la hace perfecta para estudiarla desde las asignaturas que comprenden las ciencias naturales y educación ambiental.

Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Entre los ejemplos que pueden mencionarse resaltando la nanotecnología en la naturaleza están las diferentes especies de aves, mariposas y escarabajos, cuyo color de plumaje alas o caparazón produce un fenómeno óptico denominado iridiscencia, en el cual los colores de una superficie varían según el ángulo de observación. Este fenómeno ocurre también en las burbujas de jabón y en discos de CD y DVD.

Existen otros animales que poseen una cualidad como la adherencia, tales como la salamanesca y los mejillones. Esta característica ha fascinado a los investigadores, que aspiran imitarla y replicarla en otros productos tecnológicos.

La salamanesca es un pequeño reptil que posee grandes destrezas, por ejemplo colgar de una sola pata, correr boca abajo por el techo y desplazarse por cualquier pared. La pata de la salamanesca genera gran curiosidad porque tiene unas laminillas que a su vez están cubiertas de miles de millones de pelitos o cabellos muy finos, lo que le permite adaptarse y acercarse a algunos nanómetros de la superficie. De allí que sean capaces de adherirse y establecer contacto con diversas superficies, ya que se podría pensar que estas producen algún líquido pegajoso que les ayudaría a fijarse. Este ejemplo puede servir para abordar temáticas como los enlaces de Van der Waals, puesto que aunque sean muy débiles se logra sostener el peso de la salamanesca debido a los millones de puntos de adherencia.

Otro ejemplo considerado el maestro de la adherencia gracias a la nanotecnología se encuentra en el ecosistema marino, específicamente en los mejillones.

Cuando estos desean aferrarse a una roca, abren su concha y sacan la pata para apoyarla en la roca, doblándola de tal manera que forma una ventosa y, mediante minúsculos canales, inyecta en la zona de baja presión una corriente de gotitas adhesivas, micelas, que estallan y liberan un poderoso pegamento subacuático. De inmediato se produce una espuma que origina un pequeño cojín. El mejillón, entonces, se aferra a este amortiguador con filamentos bísales elásticos, sobrellevando así el movimiento de las olas (Schulenburg, 2004).

Como ejemplo del reino vegetal se puede mencionar las hojas de loto (figura 19), una planta acuática de origen asiático que no se moja. Este efecto se produce a causa del agua de lluvia, que toma la forma de gotitas esféricas que al tener contacto con la superficie de sus hojas le posibilitan deslizarse ampliamente llevándose consigo toda la suciedad y conservando así la hoja limpia y seca, así mismo la deja libre de colonias bacterianas, a pesar de vivir en aguas contaminadas. Este efecto de “autolimpieza”, conocido como efecto loto, se puede percibir en otras especies de plantas, como el taro y el irupé (Taborda, 2013).



Figura 19. Planta de loto

Fuente: Josep (2013), *Flickr*, <https://www.flickr.com/photos/55038189@N00/9467891206>

Los biólogos realizaron un análisis de la composición química y la topografía de las hojas de loto para poder explicar el comportamiento superhidrófobo. Sus hallazgos les permitieron determinar que las hojas contenían dos niveles de estructuras que explicarían

dicho comportamiento: por un lado, un nivel microestructurado (del tamaño de micras o milésimas de milímetro) estable en nódulos superficiales y, por otro lado, un nivel nanoestructurado (del orden de la millonésima de milímetro), integrado por pequeños pelitos, o filamentos muy finos. Ambos sistemas se componen de un recubrimiento ceroso, lo que, en efecto, posibilita que la superficie de una hoja de loto pueda repeler el agua sin mojarse (superficies superhidrofóbicas) (Taborda, 2013).

Estas cualidades de la salamanesca, los mejillones y las hojas de loto, por mencionar solo algunas, hoy son materia de inspiración para los científicos, quienes se encargan de estudiar a fondo la biomimética o biomimesis, es decir, una disciplina que se encarga de imitar la naturaleza para crear soluciones innovadoras y eficientes que beneficiarán a la humanidad.

Algunos de los avances en biomimética, tomados de Criado (2013), que pueden resultar de gran interés compartir con los estudiantes pueden ser los siguientes:

- Motivados por el arreglo fractal de las almohadillas del agarre de las patas del gecko (figura 20) que se han desarrollado por la evolución, y de otros reptiles, los investigadores tienen una carrera decretada contra el tiempo, ya que esperan fabricar nuevos materiales adhesivos.



Figura 20. Patas del gecko

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Naturephoto (2022).

- La resilina, una proteína sintetizada en el 2005 por primera vez, es la encargada de provocar el efecto de elasticidad que tienen las pulgas al dar sus saltos o la flexibilidad de las articulaciones de las alas de las libélulas (figura 21). Está siendo estudiada por los científicos para aprovechar sus propiedades en técnicas de reparación de tejidos humanos.



Figura 21. Alas de libélula

Fuente: Cernadas (2009), *Flickr*, <https://www.flickr.com/photos/jlcernadas/3611251825>

- Los investigadores del Karp Lab y el MIT aseguran que el futuro de la sutura quirúrgica estará inspirado en las púas del puercoespín (figura 22), debido a su facilidad para clavarse en la piel de quien intente aproximarse, quien se marchará con gran dificultad para poder extraerla.



Figura 22. Púas del puercoespín

Fuente: DejaVu Designs (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.com/free-photo/fantastic-large-north-american-porcupine-tree_20636278.htm#query=DejaVu%20Designs%20porcupine&position=3&from_view=search&track=sph.

- Los saltamontes, como el de cabeza de caballo (figura 23), tienen una característica particular y es que no disponen de músculos en sus patas y, aun así, realizan pequeños saltos. Es por esta razón que algunos investigadores británicos están interesados en estudiar su estructura mecánica para crear en el futuro prótesis para humanos o diseñar mejores articulaciones a los robots.



Figura 23. Saltamonte cabeza de caballo

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en imagen de Lifeonwhite (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/fotos-premium/saltamontes-cabeza-caballo-pseudoproscopia-scabra-delante-blanco_13450269.htm

Investigadores del Brigham and Women's Hospital en Estados Unidos han elaborado un parche que esperan emplear en operaciones internas en sustitución de las grapas, ya que tiene tres veces más agarre. El objetivo es recrear el comportamiento del *Pomphorhynchus laevis* (figura 24), un gusano que parasita a sus víctimas, una especie de pez, que clava su cabeza, la cual ha convertido en una almohadilla de garfios, en las paredes del intestino de su huésped.

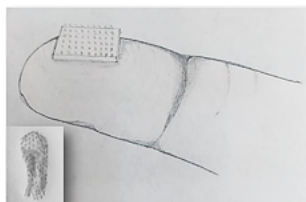


Figura 24. *Pomphorhynchus laevis*

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Sarka Masova/Karp Lab, citado por Criado (2013).

- La *Xanthium spinosum* (figura 25), conocida como arrancamoños, es una planta herbácea que se caracteriza por sus minúsculos ganchos en el cardo alpino, los cuales bordean la flor y actúan como garfios muy resistentes que se adhieren al pelo de animales o de tejidos. Es apreciada en el mundo de la moda del velcro por su sistema de bucle y gancho.



Figura 25. *Xanthium spinosum*

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Mihaela (2012). CC BY NC ND 3.0

Los temas relacionados con nanotecnología en la naturaleza pueden introducirse fácilmente desde la biología al estudiar las características y el comportamiento del reino animal y vegetal o al estudiar los diferentes patrones que permiten realizar una clasificación taxonómica de cada ser vivo, teniendo en cuenta categorías como el dominio, reino, *phylum*, *subphylum*, clase, orden, familia, género y especie. Esta clasificación se realiza según características comunes que hay entre ellos, como número de patas, alas, antenas,

ojos, además de otras clasificaciones relacionadas con sus destrezas (si son voladores, si se arrastran, si son acuáticos o el tipo de comida que consumen, si son carnívoros, herbívoros, etc.). Lo mismo ocurre con el reino vegetal, en la que se agrupan de acuerdo con otros factores, como si tienen o no flores, frutos o vasos conductores, entre otras características, como el tipo de hoja, borde, etc. Al enseñar estas temáticas se pueden emplear como ejemplos la clasificación taxonómica de la mariposa *Morpho* (figura 26) o de la flor de loto (figura 27), entre otras especies, y compartir con los estudiantes toda la información adicional sobre las particularidades de estas especies, de las cuales es responsable la nanotecnología.



Taxonomía	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Arthropoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Lepidoptera</i>
Familia	<i>Nymphalidae</i>
Género	<i>Morpho</i>

Figura 26. Clasificación taxonómica de la mariposa Morpho

Fuente: figura tomada de <https://pixabay.com/es/photos/mariposa-insecto-animal-142506/> . Información taxonómica tomada de Castañeda y Ballesteros (s. f.).



Taxonomía	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Proteales</i>
Familia	<i>Nelumbonaceae</i>
Género	<i>Nelumbo</i>
Especie	<i>Nelumbo nucifera</i>

Figura 27. Clasificación taxonómica de la flor de loto

Fuente: figura tomada de <https://pixabay.com/es/photos/lotos-flores-flores-de-loto-2536194/>. Información taxonómica tomada de Sabates (2019).

Todos estos estudios han sido posibles gracias a la invención de nuevos microscopios, como los de sonda de barrido (SPM), el de efecto túnel (STM) y el de fuerza atómica (AFM), que dejaron atrás al microscopio simple, al óptico y al compuesto.

Generalmente, este tema del microscopio y sus partes se enseña en la básica secundaria en las clases de biología; no obstante, los docentes se limitan a enseñar el microscopio óptico, el compuesto y el electrónico, como si el tiempo se hubiera detenido y estos no hubieran evolucionado.

En 1986 Gerd Benning y Heinrich Rohrer fueron galardonados con el Premio Nobel de Física por el microscopio de barrido por tunelaje (STM), desarrollado en los laboratorios de IBM de Zúrich,

Suiza, en 1981. Mediante esta técnica es posible visualizar átomos individuales en superficies metálicas y obtener un perfil tridimensional de la superficie de la muestra. Este sistema resulta adecuado para la caracterización de agregados, texturas y defectos superficiales de los metales, pero únicamente en materiales conductores (Goodhew y Humphreys, 1988, citado por Zavaleta *et al.*, 2013).

En la figura 28 se observa una punta piezoeléctrica detectora de un STM que está constituida de (platino-iridio-oro) y el metal para estudiar, separados por un vacío que se aproximan. Los electrones no poseen la suficiente energía para dispersarse por medio del vacío, pero tienen la capacidad de suministrar un intercambio de electrones entre ambos metales por un efecto túnel, si se encuentran lo suficientemente contiguos. La imagen se irá formando a medida que la punta detectora del STM barre la superficie del metal.

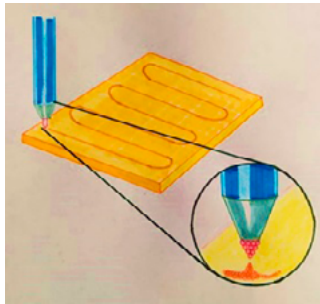


Figura 28. Punta de microscopio de efecto túnel

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Nava (s. f.).

Cuatro años después de que fuese desarrollado el STM en 1985, Benning y Rohrer construyeron el microscopio de fuerza atómica (AFM), un instrumento mecano-óptico con la capacidad de localizar fuerzas del orden de los nanonewtons. Al examinar una muestra, se inscriben las diferencias de altura entre el objeto de estudio y una punta cristalina (figura 29) de forma piramidal acoplada a un listón microscópico (“cantiliver”), muy sensible al efecto de las fuerzas y

de solo unos 200 μm de longitud (Goodhew y Humphreys, 1988, citado por Zavaleta *et al.*, 2013).

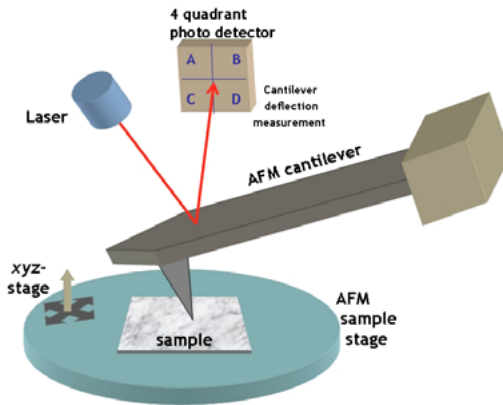


Figura 29. Interacción de la muestra y punta del microscopio de fuerza atómica

Fuente: AFMsetup.jpg. (Junio 13 de 2023). *Wikimedia Commons*. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:AFMsetup.jpg&oldid=774035087>, CC BY 2.5 DEED.

La fuerza atómica se detecta en el momento en que la punta está muy cerca de la superficie de la muestra, lo que posibilita registrar la reducida flexión del listón a través de un haz láser reflejado en su parte posterior. Un sistema auxiliar piezoeléctrico desliza la muestra tridimensionalmente, mientras que la punta recorre la superficie de manera ordenada. La resolución del instrumento es de alrededor de 0,2 nm (Zavaleta *et al.*, 2013).

El microscopio es el instrumento con el que pueden estudiarse y analizarse bacterias, células, virus, glóbulos rojos, cristales y otras estructuras de carácter biológico y químico principalmente. No obstante, es un tema ideal que puede socializarse en las clases de física, pues detrás del funcionamiento de estos instrumentos existen múltiples conceptos y elementos en los que se puede apreciar una aplicación más interesante de la óptica en la que interfieren tipos

de lentes, fuentes de luz, medio, longitudes de onda, resolución, contraste, focalización, preparaciones de las muestras, entre otros.

Llevar a las aulas desde la química información relacionada con el descubrimiento, estudio y aplicaciones de nuevos materiales de la nanotecnología permitirá sembrar en los estudiantes mayor interés por esta área, ya que a escala nanométrica las propiedades de los nanomateriales son completamente diferentes a las que presentarían a macroescala. La composición química, reactividad, forma, tamaño, color, entre otras propiedades, cambian por completo.

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2015), los nanomateriales comprenden partículas con una o más dimensiones en la nanoescala, es decir, desde alrededor de un nanómetro hasta cien nanómetros. El nanómetro (nm) corresponde a una millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Sin embargo, se debe realizar una revisión en la literatura, ya que cada país adopta una definición propia de lo que consideran un nanomaterial.

Los nanomateriales se pueden clasificar en cuatro tipos: nanomateriales de carbono, metálicos, dendrímeros y nanocompositos. Sin embargo, también se pueden clasificar según su procedencia (natural, incidental o artificial), por su naturaleza (en orgánicos e inorgánicos) o por sus dimensiones (0D, 1D, 2D y 3D).

Este tipo de información puede ser divulgada cuando se estén enseñando temáticas como funciones químicas orgánicas e inorgánicas; también ejemplos de los nanomateriales metálicos como los puntos cuánticos; nanopartículas de oro y plata y óxidos metálicos como el dióxido de titanio pueden mencionarse cuando se estén abordando aspectos como el comportamiento y propiedades de los metales. Asimismo, al hablar de la química orgánica o la química del carbono pueden describirse las diferentes estructuras que componen la alotropía del carbono. Por su parte, los nanocompositos pueden ser expuestos al tratar lo relacionado con las estructuras de los silicatos o las arcillas.

En el laboratorio se pueden desarrollar puntos cuánticos (*qdots* o *quantum dots*, en inglés) o átomos artificiales, es decir, nanoestructuras que miden millonésimas de milímetro —nanómetros—. Estas fueron descubiertas hace casi dos décadas y tienen innumerables

aplicaciones en diversas áreas y sectores tan variados como las telecomunicaciones, la computación cuántica, la seguridad o la biomedicina. Lo que los hace especiales es que, en ellos, los electrones están obligados a permanecer atrapados, confinados en las tres dimensiones, y esto provoca interesantes fenómenos cuánticos. En definitiva, los electrones se acomodan en el punto como en un único átomo, de ahí el apodo de átomos artificiales. Y de ahí, también, el que la materia estructurada en puntos cuánticos posea propiedades que pueden ser controladas a voluntad. Por ejemplo, cuando los puntos cuánticos se iluminan, estos reemiten luz en una longitud de onda específica que también dependerá del tamaño del punto cuántico. Cuanto más diminutos sean los puntos, menos será la longitud de onda y se disputarán más las propiedades cuánticas de la luz que emiten. En efecto, se puede fabricar anticipadamente un punto cuántico para cualquier longitud de onda que se desee (Díaz del Castillo, 2012).

Los puntos cuánticos con los que se fabrican los más importantes materiales semiconductores son CdSe, CdS, CdTe, InP, ZnS y PbS, ya que por sus convenientes propiedades electrónicas estas permiten conseguir puntos cuánticos fluorescentes. Sin embargo, cada uno de estos materiales posee unas propiedades particulares, como estructura, toxicidad (por liberación de metales), comportamiento óptico o capacidad para unir grupos funcionales a su superficie. Tómese como ejemplo el estudio elaborado por Nie *et al.* (2004, citado por Martin, s. f.), en el que emplearon puntos cuánticos multicolor contra tumores de ratones (figura 30). Como resultado quedó en evidencia que los puntos cuánticos modificados con anticuerpos se unieron a las células cancerosas, lo cual permitió su visualización óptica. También se realizaron otros estudios, como el seguimiento de células marcadas con puntos cuánticos en el organismo de los ratones.

Las aplicaciones y teoría relacionada con los puntos cuánticos, además de ser un tema de interés en las clases de Química, también puede serlo para las de Física, dados los diferentes conceptos que se pueden estudiar, como el de los semiconductores, espectros, luminiscencia, cargas eléctricas elementales, confinamiento cuántico, entre otros.

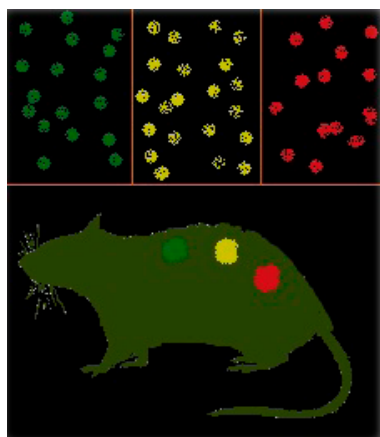


Figura 30. Células marcadas con puntos cuánticos en un ratón

Fuente: ilustración realizada por Olivares (2022) con base en Martin (s. f.).

Durante los últimos años la investigación en métodos de síntesis de nanopartículas metálicas estables en solución va en ascenso. Las nanopartículas más estudiadas corresponden principalmente a las de metales nobles como el oro, el platino, el paladio y la plata. La elaboración de nanopartículas metálicas ha tenido gran reconocimiento gracias a sus propiedades muy particulares, tales como las propiedades magnéticas, ópticas, eléctricas y catalíticas. La mayoría de estas y sus potenciales aplicaciones predominan por su tamaño y su forma: esferas, barras, discos, prismas, etc. Debido a esto, se han creado diversas técnicas de preparación de nanopartículas propensas a controlar características morfológicas del producto obtenido que contienen métodos químicos y físicos, como la litografía de nanoesferas (NSL), evolución fotoinducida, preparación en fase de vapor, reducción electroquímica y reducción química en medio continuo y micelar, etc. (Díaz del Castillo, 2012).

Básicamente, las nanopartículas metálicas se pueden fabricar mediante dos métodos o técnicas (figura 31): 1) la técnica física (*top-down*), que se basa en la subdivisión mecánica del metal, y 2) la técnica química (*bottom-up*), que se fundamenta en la nucleación y

el aumento de las partículas a partir de los átomos metálicos. La técnica química brinda posibilidades relacionadas con el control del tamaño y reproducibilidad la (Roucoux *et al.*, 2002; Toshima y Yonezawa, 1998, citado por Gómez Villarraga, s. f.).

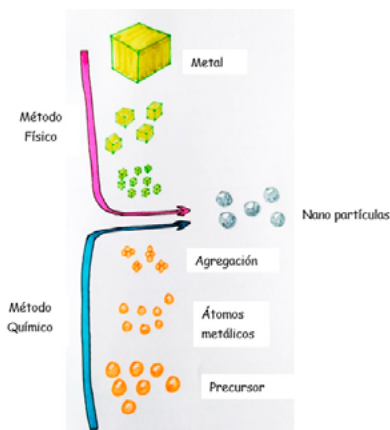


Figura 31. Métodos de síntesis de nanopartículas metálicas

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Toshima y T. Yonezawa (1998).

Un ejemplo extraordinario que no puede pasar desapercibido y merece ser divulgado es el que presenta el oro en la escala nanométrica. Si cortamos un fragmento de oro en trozos más pequeños, estos continuarán teniendo propiedades idénticas a las del oro, como su inconfundible color amarillo, su mismo punto de fusión, etc., pero si continuamos dividiéndolo o fracturándolo en partículas cada vez más pequeñas, mucho más pequeñas cuando lleguen a ser tan ínfimas que comiencen a tener un tamaño del orden nanométrico (la millonésima parte del milímetro), sus propiedades se comportarán de manera distinta. Por ejemplo, el color tenderá a cambiar, será anaranjado cuando las partículas adquieran un diámetro cercano a cien nanómetros, o cambiará a verde cuando el diámetro se comprima a cincuenta nanómetros. Por lo tanto, en la escala nanométrica, las propiedades de un material no solo obedecen a su composición, sino también al de su tamaño y su forma (figura 32) (Luna, 2011b).

Un abanico de posibilidades surge para la ciencia y la industria con las inminentes aplicaciones que tendrán los objetos que contengan nanopartículas debido a la versatilidad de sus propiedades. En la actualidad, en la parte biomédica se emplean partículas para diagnosticar y tratar tumores o enfermedades, en la industria automotriz se emplean recubrimientos para que las capas de las pinturas sean más resistentes al rayado, en el sector deportivo se están fabricando partes de bicicletas que sean más ligeras, así como raquetas y palos de golf, entre otros accesorios. También en la industria textil se diseñarán prendas inteligentes capaces de monitorear el pulso cardíaco, que puedan enfriarse o calentarse, entre otras funcionalidades. En la industria informática se manufacturan pantallas de ordenador que tienen un consumo menor de energía y brindan una mayor resolución (tecnología OLED), discos duros con una capacidad superior de almacenamiento, baterías de larga vida o transistores de última generación (Luna, 2011b).

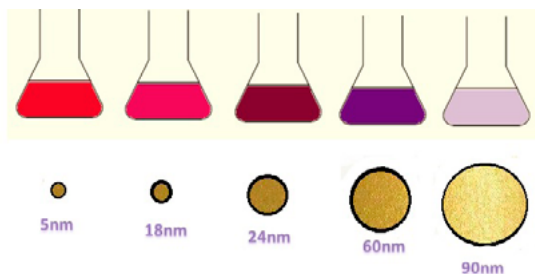


Figura 32. Disoluciones con nanopartículas de oro

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Luna (2011a).

Como se mencionó en párrafos anteriores, otro tema que se sugiere retomar desde la enseñanza de la química es el correspondiente a los alótropos del carbono (figura 33). Los alótropos son las diferentes formas físicas o moléculas que puede adoptar un elemento químico en las que pueden ordenarse y enlazarse sus átomos, cada uno concierne a un sólido con características propias y particulares. Molecular y

estructuralmente se distinguen unos de otros. Existen dos tipos principales de estos alótropos: cristalinos y amorfos.

Los alótropos cristalinos se reconocen porque tienen un patrón repetitivo de sus átomos en el espacio. Mientras, en los alótropos amorfos, los átomos se disponen o acomodan de manera desordenada, sin que haya en el sólido dos regiones similares. Esto quiere decir que los primeros son ordenados y los segundos, desordenados.

En la imagen inferior de la figura 33 se observan estructuras diferentes, que comparten un aspecto en común y es que se componen exclusivamente de átomos de carbono (esferas negras). Entre los cristalinos se destacan por excelencia el diamante (figura 33a) y el grafito (figura 33e), mientras que entre los alótropos amorfos se encuentra el carbono amorfo (figura 33b), cuya estructura, como se puede observar, es desordenada. No obstante, existen muchos tipos de carbonos amorfos, por lo que comprende una familia de sólidos.

Igualmente los átomos de carbono tienen la capacidad de formar estructuras supramoleculares, como los fullerenos (figura 33c) y los nanotubos de carbono (figura 33d). Estas estructuras supramoleculares pueden alterar su tamaño y forma, pero, en sí, conservan las mismas geometrías: esféricas y tubulares para los fullerenos y nanotubos, respectivamente (Maestrovirtuale.com, s. f.).

En la tabla 3 se consolidan los diferentes conceptos que pueden ser enseñados en las asignaturas que integran las áreas de Ciencias Naturales, Educación Ambiental y áreas transversales.

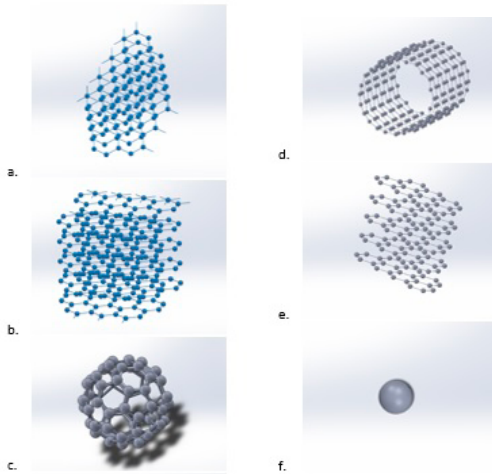


Figura 33. Alótopos del carbono

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Jozef Sivek, citado por Maestrovirtuale.com (s. f.).

Tabla 3. Asignaturas transversales a las áreas de Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Área	Ciencias Naturales y Educación Ambiental	
Asignaturas transversales	Conceptos o temáticas	
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x <ul style="list-style-type: none"> • Iridiscencia • Óptica • Reflexión de la luz • Longitud de onda • Aplicaciones de la física en el funcionamiento de microscopios • Semiconductores • Espectros • Luminiscencia • Cargas eléctricas elementales • Confinamiento cuántico

Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Química	x	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos materiales • Enlace químico • Tipos de enlace intramolecular e intermolecular • Propiedades físicas y químicas • Superhidrofobicidad • Hidrofobicidad • Funciones químicas orgánicas e inorgánicas • Alótropos del carbono
	Biología	x	<ul style="list-style-type: none"> • Reino animal • Reino vegetal • Taxonomía • Clasificación taxonómica • Aplicaciones y avances para la salud • Microscopios • Tipos de microscopios
Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros		x	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y comprensión de textos científicos
Matemáticas		x	<ul style="list-style-type: none"> • Figuras geométricas de los alótropos del carbono

Fuente: elaboración propia.

Este último tema de los alótropos del carbono, además de ser adecuado para compartir en las clases de Química en los grados de educación media, también podría retomarse desde las matemáticas.

Matemáticas

Con mucha creatividad e ingenio, los alótopos del carbono, entre otros nanomateriales, pueden estudiarse desde la geometría, es decir, la rama de las matemáticas que se dedica al análisis de las propiedades y medidas de las figuras en un plano o en el espacio con el fin de que los estudiantes puedan comprender mejor el concepto de dimensión, ya que justamente los nanomateriales pueden clasificarse según sus dimensiones, como se observa en la figura 34.

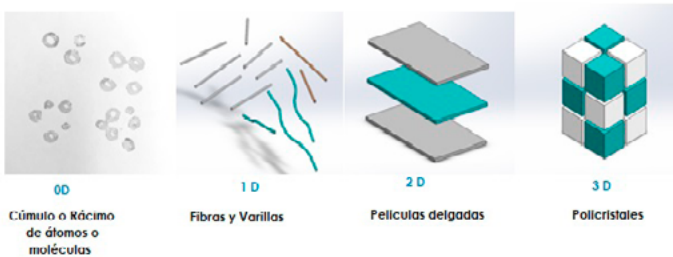


Figura 34. Clasificación de nanomateriales por sus dimensiones. a) 0D cúmulo o racimo de átomos o moléculas, b) 1D fibras y varillas, c) 2D películas delgadas, d) 3D policristales

Fuente: ilustración realizada por Olivares (2022)
con base en Cornejo (14 de julio de 2015).

Una técnica con la que se puede incursionar en este tema es el origami, un término japonés, aprobado por el diccionario de la Real Academia Española (RAE), que se utiliza como sinónimo de papiroflexia. Según Pérez y Gardey (2019), se trata de un arte que consiste

en la creación de figuras doblando y plegando apropiadamente un trozo de papel. El origami clásico se pone en práctica con dobleces de un único trozo de papel. No obstante, existen otras técnicas que ofrecen nuevas alternativas a la papiroflexia.

La técnica del origami modular se realiza a partir del ensamble de diferentes piezas iguales. Por lo regular, consiste en unidades simples que se agrupan para crear un prototipo muy completo y mucho más complejo que cada una de las piezas individuales. Un ejemplo reconocido de origami modular son las bolas decorativas, entre las cuales se destaca la kusudama, aunque esta da lugar al uso de pegamento o hilo para su realización. En la papiroflexia de China hallamos el denominado origami 3D, que demanda el uso de varias piezas para armar modelos complejos (Pérez y Gardey, 2019).

Como ejemplo de la construcción mediante el empleo de papiroflexia, se resalta el trabajo realizado por Garrido y Barcia (2016), quienes les propusieron a sus estudiantes de primero de bachillerato realizar la estructura de grafito, diamante y fullereno, tres de los alótopos del carbono; en esta construcción se representó el átomo de carbono con cuadrados de 6×6 cm con papeles de distintos colores. Para el caso de la estructura del fullereno se empleó la estructura previa en forma de pirámide o trípode abierto con tres brazos para que se pudieran formar los tres enlaces, como se observa en la figura 35.

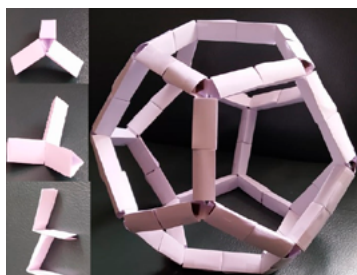


Figura 35. Modelo de papiroflexia del fullereno (alótropo del carbono)

Fuente: fotografía de estructura realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Garrido y Barcia (2016).

Este tipo de figuras resultan llamativas para los estudiantes, ya que permiten desarrollar y fortalecer diferentes destrezas y habilidades, como la motricidad fina y la concentración, además de la curiosidad y el interés debido a su complejidad. Puede ser una alternativa para las clases de matemáticas, así como para las áreas de Ciencias Naturales y Educación Ambiental o en Educación Artística y Cultural.

En la tabla 4 se presentan los conceptos que se pueden enseñar en estas asignaturas desde el estudio de las dimensiones de los nanomateriales.

Tabla 4. Conceptos o temáticas en las Ciencias Naturales, Matemáticas y Educación Artística

Dimensión	Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Matemáticas y Educación Artística
0D	Nanopartículas: <ul style="list-style-type: none"> • Fullerenos • Partículas coloidales • Puntos cuánticos (<i>qdots</i>) • <i>Nanoclústeres</i> • Algunos ADN, virus, proteínas • Átomos y moléculas • Nanopartículas de Au y Ag 	<ul style="list-style-type: none"> • Punto
1D	<ul style="list-style-type: none"> • Nanocables • Nanotubos • Nanofibras • Nanovarillas • Fibras poliméricas • Nanocampanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Recta -Semirrecta -Segmento • Curva

Dimensión	Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Matemáticas y Educación Artística
2D	<ul style="list-style-type: none"> • Monocapas • Nanorrecostrucciones • Películas poliméricas (nano) • Superficies con espesor < 100 nm • Películas multicapa 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano • Polígono • Triángulo • Cuadrilátero • Sección cónica • Elipse • Circunferencia • Parábola • Hipérbola • Superficie de revolución • Superficie reglada
3D	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales nanoestructurados • Policristales • Nanobolas • Nanobobinas • Nanoflores 	<ul style="list-style-type: none"> • Poliedro • Sólido de revolución - Cilindro - Cono - Esfera

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el sistema internacional de unidades de medida (SI) es quizás uno de los temas fundamentales en la educación secundaria, ya que de allí se desprenden otros temas, como las potencias de 10, prefijos, factores de conversión los cuales son necesarios para realizar cálculos y resolver diferentes ejercicios en las asignaturas de Matemáticas, Biología, Física y Química. El SI se compone de siete unidades básicas, también conocidas como unidades fundamentales, que definen a las correspondientes magnitudes físicas primordiales: longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura, cantidad de materia e intensidad luminosa.

En ciencias, para abarcar algunos ejemplos como la cantidad de estrellas de una galaxia, el número de átomos en una proteína, la cantidad de hormigas en un hormiguero o el número de transistores en un procesador se requiere trabajar con números muy grandes. Pero al mismo tiempo cabe la posibilidad de operar con cantidades demasiado pequeñas, como el tamaño de las células o el tiempo

que tarda la luz en recorrer una fibra óptica entre dos ciudades. En cualquiera de estas situaciones, ya sea empleando cifras grandes o pequeñas existe un sistema de potencias de 10 que facilita su expresión. Como ejemplo, la cantidad 1 000 000 (un millón) se expresa como $10^6 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 1\,000\,000$. Del mismo modo, la cantidad 0,000001 (una millonésima) se expresa como $10^{-6} = (1/10) \times (1/10) \times (1/10) \times (1/10) \times (1/10) \times (1/10) = 0,000001$. Se emplean las potencias de 10 porque desde la Antigüedad nuestro sistema se basaba en contar con los diez dedos de la mano. Las potencias de 10 tienen un mayor uso en carreras de ciencia e ingeniería (Muncy, 2017).

En la tabla 5 se puede identificar la unidad de medida, símbolo, equivalencia y potencias de base 10 del metro.

Tabla 5. Múltiplos y submúltiplos del metro

	Unidad	Símbolo	Equivalencia	En potencias de base diez
Múltiplos	Gigámetro	Gm	1 000 000 000 m	10^9 m
	Megámetro	Mm	1 000 000 m	10^6 m
	Kilómetro	km	1 000 m	10^3 m
	Hectómetro	Hm	100 m	10^2 m
	Decámetro	dam	10 m	10^1 m
Unidad de base	Metro	m	1 m	10^0 m
Submúltiplos	Decímetro	dm	0,1 m	10^{-1}
	Centímetro	cm	0,01 m	10^{-2}
	Milímetro	mm	0,001 m	10^{-3}
	Micrómetro	μ m	0,000 001 m	10^{-6}
	Nanómetro	nm	0,000 000 001 m	10^{-9}

Fuente: elaboración propia con base en Plasencia (2019).

Cuando se realiza divulgación y enseñanza de temas de nanociencia y nanotecnología es inevitable tratar el tema de las unidades de medida, ya que la nanociencia estudia la materia a escala nano, que viene del prefijo griego *vávoç* ('enano'), se simboliza con las letras nm y equivale a la mil millonésima parte de un metro ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$)

o a la millonésima parte de un milímetro. En biología se enseñan temas como el ADN, la célula, los virus, las bacterias, los glóbulos rojos, las proteínas; y en química el átomo, las moléculas, las partículas. Estos ejemplos y otros consignados en la tabla 6 son una oportunidad para indagar con los estudiantes sobre el tamaño de estas especies, estructuras u objetos e introducir el tema de las unidades de medida y las potencias de 10.

Tabla 6. Unidades de medida de objetos del entorno

Unidad	Fracción del metro	Equivalencia SI	Objeto
Centímetro	1/100	1×10^{-2}	Mazorca de maíz
cm	Centésima	0,01	Flores de gerbera
Milímetro	1/1000	1×10^{-3}	Hormiga
mm	Milésima	0,001	Semillas de lenteja
Micrómetro	1/1 000 000	1×10^{-6}	Bacterias
μm	Millonésima	0,000 001	Glóbulos rojos
Nanómetro	1/ 000 000 000	1×10^{-9}	Virus
Nm	Mil millonésima	0,000 000 001	Nanopartículas metálicas
Angstrom	1/000 000 000 0	1×10^{-10}	Moléculas de agua
Å	Diez milmillonésima	0,000 000 0001	ADN

Fuente: elaboración propia con base en Zavaleta *et al.* (2013).

Al retomar aspectos de la geometría cuando se estudian propiedades de diferentes figuras se tienen en cuenta las caras, las aristas, los vértices, los ángulos, la simetría, entre otros, elementos importantes de reconocer para realizar cálculos como el perímetro, el área o el volumen. Justamente, cuando se tratan estos temas se puede mencionar como ejemplo información interesante desde la nanotecnología, donde las nanopartículas tienen una relación área de la superficie/volumen (masa) muy elevada (figura 36) que permitirá demostrarles a los estudiantes una aplicación real que podría despertar mayor motivación y curiosidad por el aprendizaje de las matemáticas y de las ciencias, respectivamente.



	Un cubo de 4 centímetros lado	Ocho cubos de 2 centímetros de lado	Sesenta y cuatro cubos de 1 centímetro de lado
Superficie (cm ²)	96	192	384
Volumen (cm ³)	64	64	64
Relación S/V	1,5 : 1	3 : 1	6 : 1

Figura 36. Relación superficie/volumen

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2022) con base en Pirotti y Rodríguez (2017).

Al aumentarse la relación superficie/volumen se produce un drástico aumento del área superficial que está expuesta por los compuestos nanométricos, lo que causa que las reacciones químicas que ocurren en su superficie aumenten su velocidad. De la misma forma, sobre la superficie de materiales nanoestructurados se consigue inmovilizar una mayor cantidad de compuestos por unidad de volumen que en otro tipo de materiales (Sanjay y Pandey, 2017, citado por Pirotti y Rodríguez, 2017).

Según Cornejo (2015), cuando se reduce a escala molecular el tamaño de una partícula, es posible observar dos efectos: 1) un incremento muy importante de su área superficial relativa, y 2) un incremento bastante significativo del número de átomos en su superficie.

Estos efectos incrementan la reactividad química de la superficie de las nanopartículas; esta reactividad química, así como otras propiedades, dependerán de varios factores, tales como forma, estructura electrónica, estructura de la superficie, tamaño, índice de esbeltez, composición química, defectos, fluxionalidad, difusión, energía de superficie de las caras de los nanocristales, interacciones con los átomos colindantes y con su entorno químico, etc.

Es en la superficie de los materiales donde tiene lugar la reactividad química: el incremento del número de átomos en la superficie,

a medida que se disminuye su tamaño, aumenta la energía libre de superficie y su tendencia a combinarse; los átomos de superficie son termodinámicamente metaestables o inestables, tienden a estar insaturados con una coordinación no satisfecha, tienen una energía asociada a la superficie y exhiben una configuración pseudoaleatoria (Cornejo, 2015, párr. 7).

Finalmente, una estrategia para la enseñanza de diferentes conceptos de las ciencias y las matemáticas se puede realizar mediante ejercicios que impliquen armar diferentes estructuras con fichas de Lego. En la figura 37 se puede observar una representación de los estados de la materia sólido, líquido y gaseoso, y en la figura 38, la representación didáctica de un microscopio de fuerza atómica, los cuales fueron armados inspirados en el trabajo de Campbell *et al.* (2012) denominado *Exploring the Nanoworld with Lego® Bricks*.

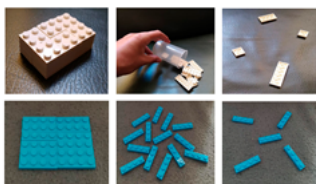


Figura 37. Estados de la materia con Lego

Fuente: fotografía de Diego Armando Olivares Rodríguez (2022)
con base en Campbell *et al.* (2012).



Figura 38. Microscopio de fuerza atómica AFM

Fuente: fotografía de Diego Armando Olivares Rodríguez (2022)
con base en Campbell *et al.* (2012).

En la tabla 7 se recopilan todos los conceptos y temáticas que se pueden enseñar en las Matemáticas y otras áreas transversales.

Tabla 7. Asignaturas transversales a Matemáticas

Área	Matemáticas		
Asignaturas transversales			Conceptos o temáticas
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema internacional de unidades SI • Propiedades físicas • Puntos cuánticos (<i>qdots</i>)
	Química	x	<ul style="list-style-type: none"> • Átomos • Moléculas • Partículas • Nanopartículas: <ul style="list-style-type: none"> -Fullerenos -Partículas coloidales -Puntos cuánticos (<i>qdots</i>) • <i>Nanoclústeres</i> • Nanopartículas de Au y Ag • Nanocables • Nanotubos • Nanofibras • Nanovarillas • Fibras poliméricas • Nanocampanas • Monocapas • Nanorrecrecimientos • Películas poliméricas (nano) • Superficies con espesor < 100 nm • Películas multicapa • Materiales nanoestructurados • Policristales • Nanobolas • Nanobobinas • Nanoflores • Notación científica • Propiedades químicas • Potencias de 10

Área	Matemáticas		
Asignaturas transversales			Conceptos o temáticas
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Biología	x	<ul style="list-style-type: none"> • ADN • La célula • Virus • Bacterias • Glóbulos rojos • Proteínas • Estados de agregación de la materia • Microscopios Ciclo del carbono
Ciencias Sociales	Historia	x	Historia del carbono
	Geografía	x	Ubicación geográfica de los países que más producen carbono
Educación Artística y Cultural		x	<ul style="list-style-type: none"> • Punto, recta, semirecta • Segmento, curva, plano • Polígono, triángulo, cuadrilátero • Sección cónica <ul style="list-style-type: none"> -Elipse -Circunferencia -Parábola -Hipérbola • Superficie de revolución • Superficie reglada • Poliedro • Sólido de revolución <ul style="list-style-type: none"> -Cilindro -Cono -Esfera • Origami
Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros		x	• Análisis y comprensión de textos científicos

Área	Matemáticas		
Asignaturas transversales			Conceptos o temáticas
Matemáticas		x	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones • Punto, recta, semirrecta • Segmento, curva, plano • Polígono, triángulo, cuadrilátero • Sección cónica <ul style="list-style-type: none"> -Elipse -Circunferencia -Parábola -Hipérbola • Superficie de revolución • Superficie reglada • Poliedro • Sólido de revolución <ul style="list-style-type: none"> -Cilindro -Cono -Esfera • Origami • Unidades de medida • Potencias de 10 • Área, superficie, volumen
Tecnología e Informática		x	Unidades de medida, cantidad y capacidad de transistores en un procesador

Fuente: elaboración propia.

Educación Física, Recreación y Deportes

Aunque parecería imposible llevar temáticas de nanotecnología a un área como la de Educación Física, Recreación y Deportes, sí existe información interesante que podría compartirse desde esta asignatura, por ejemplo la evolución que han tenido los balones de fútbol o las diferentes aplicaciones de la nanotecnología en accesorios deportivos.

En las clases de Educación Física se abordan aspectos teóricos como el reglamento de diferentes deportes (fútbol, baloncesto, voleibol, entre otros). Por otro lado, niños y jóvenes cada vez más se identifican con una selección de fútbol y esperan ansiosos los torneos para apoyar a su equipo favorito. Sin embargo, ¿qué tanta curiosidad se puede generar desde la evolución del balón de fútbol?

Al ver un partido actual o buscar en internet todos tenemos la imagen del balón de fútbol (figura 39). Sin embargo, este balón no siempre ha tenido los mismos colores ni las mismas figuras, y es allí donde la geometría tiene un vínculo inherente, desde su aparición en el siglo XIX, marcando la evolución de este hasta nuestros días.



Figura 39. Balón de fútbol

Fuente: Rocketpixel (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/pelota-futbol-dibujado-mano_1166961.htm

Los primeros balones que se produjeron poseían una distribución cúbica con doce piezas. Dos piezas rectangulares de dimensiones 2×1 que se agrupan para crear un cuadrado, y esos seis cuadrados formaban un cubo. Preexiste una variedad de esta configuración cuando se usan dieciocho piezas, ya que al juntarse primero de tres en tres conforman los cuadrados del cubo. Los balones de disposición cúbica han subsistido como la imagen por excelencia del balón antiguo y, por consiguiente, se encuentran en los escudos de diversos equipos de fútbol antiguos. Ciertos modelos deseaban una considerable redondez apuntando el borde de los rectángulos de partida (figura 40a). Un modelo renovado con treinta piezas en forma de letra *T* (figura 40c) fue manipulado en el primer mundial de fútbol, que tuvo lugar en 1930, en Uruguay. Esta nueva disposición estaba vinculada con el modelo anterior cúbico de dieciocho piezas, como se evidencia en la figura 40b. En las décadas de los cincuenta y los sesenta se emplearon otras disposiciones de tipo cúbico con distintas piezas. Por ejemplo, en el balón de la figura 40d se contempla una disposición muy astuta, donde la posición de los octógonos convexos es la de las seis caras de un cubo, y cada octógono prolongado y cóncavo coincide con una de las aristas del mismo cubo (Royo, 2012).

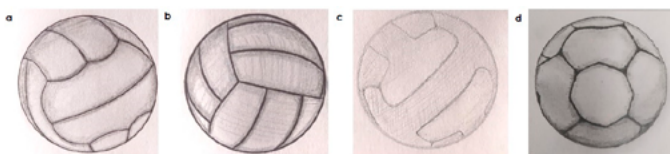


Figura 40. a) Balón de doce piezas, 1934; b) balón cúbico de dieciocho piezas rectangulares (se ha superpuesto el dibujo de una pieza en forma de *T*); c) balón con piezas en forma de *T*; d) balón de piezas octogonales

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Royo (2022).

Posteriormente, la estructura de los balones adoptaría la forma de un icosaedro truncado, estos se fabricaron para la Copa Mundial

de Alemania del 2006, donde se dio a conocer el balón Teamgeist (figura 41a), que empleaba catorce piezas de contorno curvo, indudablemente de mayor tamaño. Sin embargo, pese a que estas piezas no son polígonos regulares, se podría afirmar que están situadas con base en la distribución de un octaedro truncado.

En la Copa Mundial de Sudáfrica 2010 se empleó el célebre balón Jabulani (figura 41b), que posee aun menos piezas: ocho situadas como la ordenación de un tetraedro truncado. Las piezas tampoco corresponden a la representación de polígonos regulares y sus bordes son curvos.

Otra diversidad de poliedros se localizan en los balones de otros deportes que pertenecen a la familia de los sólidos de Catalan, que corresponden a los duales de los arquimedianos. Uno de estos contiene veinticuatro fragmentos que se agrupan de dos en dos con el fin de constituir doce rombos de proporción $1:\sqrt{2}$, que forman un dodecaedro rómbico (figura 41c). El otro es dual del icosaedro truncado y corresponde al pentaquisdodecaedro (figura 41d), un poliedro que tiene sesenta triángulos isósceles (Royo, 2012).

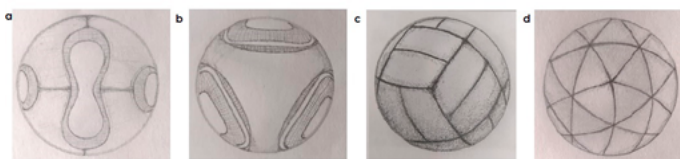


Figura 41. a) Balón Teamgeist; b) balón Jabulani; c) dodecaedro rómbico; d) pentaquisdodecaedro

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Royo (2022).

Un dato curioso de la molécula de fullereno (C_{60}), de diámetro de 7 Å, es que es cien millones de veces más pequeña que un balón de fútbol, y aun así, ambos poseen exactamente idéntica simetría y parecida topología, es decir, la secuencia de conexiones (figura 42). ¿Será solo una sorprendente coincidencia? Es preciso afirmar que esa distintiva serie de hexágonos y pentágonos es una mezcla apta

para arquear una superficie y cerrarla sobre sí misma para poder formar lo más semejante a una esfera con solo sesenta puntos exactos interconectados, lo que sería equivalente a tener sesenta átomos de carbono acoplados cada uno con tres vecinos semejantes a él.

Otra característica extraordinaria tiene que ver con la simetría que afecta a unos átomos con otros. En el balón de fútbol existen dos tipologías de puntadas, las que unen dos hexágonos y las que unen un hexágono y un pentágono (de la misma manera, en la estructura del fullereno existen dos tipos de enlaces). A pesar de ello, los puntos donde se encuentran las puntadas t son todos idénticos, así que son parecidas por simetría (cada punto corresponde a dos hexágonos y un pentágono). De la misma manera, en el fullereno todos los átomos de carbono son similares a todos los demás por simetría (Gómez Romero, 2002).

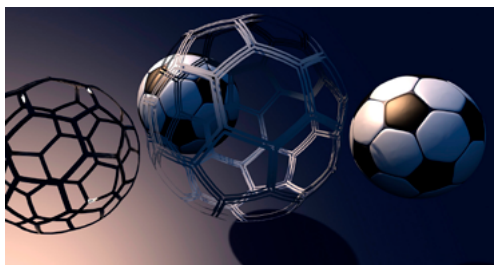


Figura 42. Fullereno molécula con forma de balón de fútbol

Fuente: Pixabay LicensePiro4D (2017), <https://pixabay.com/es/illustrations/f%3%batbol-fullereno-geometr%3%ada-2147773/>

Los fullerenos tienen aplicaciones en diversas áreas, como la medicina y la tecnología, en anticancerígenos, celdas solares, chips, lubricantes, antioxidantes, litografía, entre otras. Concurren otros nanomateriales que aunque no tienen la misma estructura que un balón de fútbol, ya tienen y tendrán en un futuro no muy lejano aplicaciones en el ámbito deportivo.

Para el golf, los investigadores están desarrollando palos más fuertes y ligeros, con el objetivo de que al lanzar la pelota se logre

una mayor fuerza y precisión. Por otro lado, las pelotas tampoco escapan a la revolución nano: según un artículo en *USA Today*, la empresa NanoDynamics (especializada en nanotecnología) planea sacar al mercado una pelota de golf que se asegura reducirá de forma drástica los giros y movimientos a los que están expuestas las pelotas durante los partidos de golf. La empresa afirma que ha descubierto la manera de alterar los materiales en una pelota de golf a nivel molecular para que el peso de esta internamente se mueva menos mientras gira la pelota, y cuanto menos se mueva, más recta viajará (Ramírez, s. f.).

La nanotecnología se puede emplear en la mayoría de los deportes para perfeccionar el rendimiento de los competidores.

Raquetas de tenis

Se pueden adquirir raquetas de tenis con nanofibras, que son considerablemente más fuertes y resistentes. Las fibras se combinan con el material tradicional del que están fabricadas las raquetas y les suministran una mayor resistencia, sin llegar a modificar otras propiedades de los materiales. Estos nanocompuestos son semejantes a los de fibra de carbono, desde hace ya algunos años están disponibles y se han diseñado para ser más livianos y a la vez más fuertes que los de fibra de carbono (NanOpinion, 2015).

Tabla de surf con nanotecnología

Con nanorrecubrimientos se consiguen tablas de surf más fuertes, ligeras y duraderas frente a impactos (figura 43).



Figura 43. Tabla de surf con nanotecnología

Fuente: Pixabay License Kanenori (2017), <https://pixabay.com/es/photos/surf-atardecer-ondas-navegar-2212948/>

Calcetines sin olor

En la actualidad gracias a las nanotecnologías es posible incorporar nanopartículas de plata en diversos materiales, por ejemplo en tejidos, donde sus efectos antibacterianos tienen grandes ventajas. Las nanopartículas de plata en los calcetines eliminarán las bacterias que generan malos olores en los pies y las infecciones causadas por hongos.

Bañadores

Una de las grandes y majestuosas bondades de las mejoras que se pueden llegar a tener con las nanotecnologías se observó en los Juegos Olímpicos de Pekín en el 2008, cuando los fabricantes exhibieron un nuevo bañador que conseguía repeler el agua e incrementar la flotación. La invención de estos nuevos bañadores logró batir aproximadamente 200 récords mundiales, debido a que suministraban una ventaja especial a quienes los utilizaban. A raíz de esto, desde el 2010 se ha prohibido emplear bañadores

de poliuretano y neopreno en competencias a todos los nadadores del mundo (NanOpinion, 2015).

Los anteriores son algunos ejemplos que pueden ser divulgados en las clases de Educación Física, Recreación y Deportes. Sin embargo, existen otros once sectores de actividad económica en los que se han aplicado productos nanotecnológicos y que pueden ser compartidos en otras asignaturas (tabla 8).

Tabla 8. Sectores industriales y productos vinculados a la nanotecnología

Sectores	Productos
Alimentos y bebidas	Empaques, sensores, aditivos clarificadores.
Automotriz	Materiales ligeros, pintura antirrayado, catalizadores, llantas, sensores.
Construcción	Nuevos materiales, aislantes, impermeabilizantes, barnices antifuego para el tratamiento de la madera, pisos, recubrimientos, etc.
Cosméticos	Protectores solares, lápices labiales, cremas, pastas de dientes, maquillaje.
Deportes	Lentes, gafas de protección, raquetas, palos de golf.
Domésticos	Diversos productos de limpieza y conservación de vidrio, madera, cerámica, metales.
Electrónica	Pantallas, memorias, diodos láser, fibra óptica, contactos ópticos, filtros, recubiertas conductoras, antiestáticas.
Energía	Celdas solares, baterías, pilas.
Medicina	Sistemas de administración de medicamentos, adhesivos dentales, medios de contraste, sistemas de exámenes y diagnóstico <i>in situ</i> , prótesis, implantes, agentes antimicrobianos.
Metalmecánica	Protectores y lubricantes de maquinaria, herramientas, equipo industrial y agrícola en general.
Química	Componentes, adhesivos, fluidos magnéticos, materiales compuestos, plásticos, hules.
Textiles	Recubrimientos de telas, ropa inteligente.

Fuente: elaboración propia con base en Guzmán y Toledo (2009).

En la tabla 9 se pueden corroborar los conceptos transversales que también pueden ser difundidos en otras áreas de manera transversal diferente a Educación Física, Recreación y Deportes.

Tabla 9. Asignaturas transversales a Educación Física, Recreación y Deportes

Área	Educación Física, Recreación y Deportes		
Asignaturas transversales	Conceptos o temáticas		
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	• Aplicaciones de la nanotecnología en electrónica y energía
	Química	x	• Nanomateriales • Fullerenos • Aplicaciones de la nanotecnología en el sector automotriz, química, metalmecánica, construcción, textiles, cosméticos, alimentos y productos domésticos
	Biología	x	• Aplicaciones de la nanotecnología en medicina
Educación Artística y Cultural		x	• Simetría
Educación Física, Recreación y Deportes		x	• Topología del balón de fútbol • Aplicación de la nanotecnología en artículos y accesorios deportivos
Matemáticas		x	• Poliedros • Teorema de Euler

Fuente: elaboración propia.

Aunque en el mercado ya existen múltiples productos y artículos que serán de gran beneficio y que contienen recubrimientos con nanopartículas, se deben evaluar los riesgos de dispersar estas nanopartículas en el medio ambiente o de que sean desechadas en aguas residuales, pues podrían afectar plantas, animales y la salud humana.

Existen empresas que aunque ya comercializan productos con nanotecnología mantienen una disputa sobre el etiquetaje de estos y la información que debe proporcionarse a los consumidores. La

mayoría omite datos con el objetivo de no revelar la composición química y las concentraciones empleadas en su elaboración para que otras empresas no copien sus productos y así tener la ventaja sobre otros productos en el mercado.

Este y otros temas relacionados con el manejo y la disposición de los productos nanotecnológicos son de gran interés para exponerlos y socializarlos en las clases de Ética y Valores.

Educación Ética y en Valores Humanos

En la asignatura Ética y Valores suelen tratarse aspectos relacionados con valores humanos, convivencia escolar, cultura y participación ciudadana, la familia, resolución de conflictos, exclusión o discriminación (*bullying*), cuidado del cuerpo, buen trato, autoestima, proyecto de vida, entre otros que son necesarios e importantes abordar, sobre todo para las nuevas generaciones, las cuales deben de prepararse para los nuevos retos que la misma sociedad impone.

Los valores son guías que orientan la conducta de los seres humanos. Si se tiene claridad en los valores que tenemos, esto será favorable para tomar decisiones coherentes con nuestras creencias; nos ayuda a soportar la presión que puedan ejercer otros y a evitar la culpabilidad y frustración de actuar en función de los valores de los demás.

Los valores son normas o reglas que direccionan la conducta expresada en la forma en que las personas gobiernan su vida y sus acciones. Están ligados al orden que impone la sociedad. “El individuo en su desarrollo va conformando su propio código moral, este nace de su propia vida, de sus interrelaciones, es fruto de la época en que se desenvuelve y puede arrastrar taras e imperfecciones del pasado” (Ética y Valores, s. f., párr. 1-4).

Por su parte, la ética es una rama de la filosofía que comprende las nociones de lo que está bien y de lo que está mal, de lo correcto e incorrecto, en el marco cultural de valores de una sociedad en un determinado momento, considerando cambios propios de la historia del pensamiento humano y de sus apreciaciones en torno

a sí mismo. Por lo tanto, la ética corresponde a un conjunto de normas y valores que presiden a un grupo humano determinado en un momento específico de su historia y su cultura.

Tómese como ejemplo a los sectores profesionales que incorporan códigos de ética, cuyo cumplimiento suele ser vigilado por una colegiatura o gremio; pero así mismo los funcionarios públicos o personeros electos en cargos públicos obtienen junto con su cargo un compromiso ético para emplearlo por el bien común y no exclusivamente para su beneficio personal (Raffino, 2020).

Se pueden llevar a las aulas situaciones y casos de la vida real, como, por ejemplo, un caso de personas que en ciertos cargos tienen un poder y no lo utilizan de la manera correcta; esto ocurrió en la época de cuarentena, cuando algunas organizaciones pasaban facturas con compras de gel antibacterial, alcohol, medicamentos, guantes y otros productos y elementos de bioseguridad con precios elevados, para desviar los recursos en beneficio personal o de terceros. El hecho de desmejorar los refrigerios escolares, los llamados “elefantes blancos” o simplemente la decisión que deben tomar los médicos de atender o no a una persona que no tiene seguro médico, así como los veterinarios al tener que aplicarle la eutanasia a un animal, vender productos vencidos, etc., son solo algunas situaciones de la vida cotidiana donde realmente se pueden poner en práctica la ética y la moral, que generarán en los estudiantes reflexiones sobre lo que se debe o no se debe hacer en ciertas circunstancias, o para que ellos mismos se cuestionen e indaguen sobre lo que es o no es correcto.

Precisamente estas cuestiones relacionadas con lo que es bueno o no para la sociedad es materia de estudio por parte de profesionales de la comunidad científica, política y económica, quienes se han preocupado dados los inminentes avances de la nanotecnología y se han enfocado en estudiar lo que hoy en día suele conocerse como nanoética.

Según Linares (2012), la nanoética está conectada profundamente con otras éticas aplicadas que ya se encuentran consolidadas, como la bioética o la ética ambiental. La nanoética es en esencia

interdisciplinaria e inevitablemente prospectiva: debe anticiparse a través del uso de experiencias mentales, analogías de tipo histórico, acontecimientos previos y teorías prospectivas, es decir, lo que será probable en el futuro. Es conveniente afirmar que la nanoética no debe dar por sentada cualquier proyección, deseo o temor —pese a que se haya generalizado—, en relación con los proyectos nanotecnológicos, ni darlos por realidades inequívocas de manera anticipada mediante una especie de determinismo tecnológico. Lo que se debe retomar para crear sus perspectivas son los conocimientos aceptados, las directrices relacionadas con el desarrollo del mercado capitalista mundial, los contextos sociales, políticos y culturales, además de las consecuencias ontológicas (y todavía incipientes) de lo que conllevaría esta nueva fase del progreso técnico-industrial.

La nanoética está en el deber de seguir el desarrollo de las nanotecnologías a nivel mundial, el momento histórico de lograr un modelo en vía de desarrollo más justo y regularizado socialmente, por el bien de todos, incluso considerando a otros seres vivos a los que podríamos llegar a perjudicar o perturbar de forma irreversible, por esta razón debe aprovecharse al máximo. El extraordinario desafío que tiene en sus manos la nanoética que radica, por ende, en fomentar políticas que -apremien y defiendan la igualdad, la justicia y el acceso público a los beneficios, la seguridad del medio ambiente, la bioseguridad humana y de otros seres vivos, la privacidad y la autonomía informacional, la interacción reglamentada e inspeccionada entre dispositivos artificiales y organismos vivos (Linares, 2012).

De cualquier modo, hay una situación que aún no ha sido resuelta y está relacionada con las consecuencias que tienen para la salud humana y el medio ambiente los artículos que contienen nanotecnología. La importancia de aspectos referentes a la seguridad de la salud humana y el ambiente reside en que es un factor limitante en el crecimiento del mercado de los artículos y bienes con nanotecnología aplicada. Ante este incierto panorama de progreso nanotecnológico, quienes estarían expuestos en primera instancia a riesgos nano potenciales serían aquellos que se localicen en los

laboratorios sintetizándolos o manipulándolos, ya que están en contacto directo con nanomateriales, dispositivos o artículos ya terminados, en las áreas o sitios donde trabajan (figura 44).

En este sector, el de la seguridad y salud en el trabajo (SST), domina la incertidumbre acerca del potencial impacto sobre el personal expuesto a nanosustancias y nanomateriales en las compañías donde se producen o emplean (Galera, 2015).



Figura 44. Exposición laboral a nanomateriales

Fuente: Dcstudio (s. f.), *Freepik*, https://www.freepik.es/foto-gratis/experimento-produccion-virolog-curso-pandemia-coronavirus-micropipeta-quimico-laboratorio-moderno-haciendo-investigacion-utilizando-dispensador-epidemia-mundial-covid-19_16164155.htm#query=laboratorio%20medico&position=25&from_view=keyword.

Otro aspecto importante que dificulta una legislación globalizada en cuanto a aspectos de riesgo, seguridad humana y para el medioambiente radica en que cada país actualmente contempla una definición diferente de “nanomaterial” y esto podría tener efectos legales al importar productos que un país, por su tamaño y dimensión estipulada, considera un nanomaterial, mientras que para otro puede no serlo. Esto cambia completamente los datos sobre los productos que deben ser suministrados en las fichas de seguridad o etiquetas por los fabricantes, así como su correspondiente toxicidad, manejo, conservación y desecho.

En un estudio realizado por Lee *et al.* (2013, citado por Galera, 2014), se evaluó la precisión y la confiabilidad de 97 hojas de seguridad de nanomateriales, y se reportaron las siguientes observaciones:

- Carencia o escasez de información referente a las características fisicoquímicas, ruta de exposición, perfiles toxicológicos y medidas de protección.
- Datos de términos de exposición ocupacional, que hacen alusión a la forma macroscópica de la sustancia, sin más explicaciones sobre su validez para la forma nano de dicha sustancia.
- Utilizar información errada como el número CAS de otras formas alotrópicas del carbono (por ejemplo carbón *black* o grafito) en las hojas de seguridad para nanotubos de carbono.
- Omisión de información con relación al riesgo de explosión de polvo, en particular para el óxido de aluminio.

Al respecto, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2015) aconseja que cuando existan casos por falta de información o persistan inquietudes, para poder llevar a cabo la evaluación de riesgos, se debe acoger un enfoque razonable instaurado en el “principio de precaución”, es decir, los nanomateriales se considerarán peligrosos a no ser que haya bastante información que demuestre lo contrario. Si la evaluación de riesgos se realiza teniendo en cuenta exclusivamente los datos de la sustancia en la forma no nano, esta situación deberá quedar consignada de forma detallada en la evaluación de riesgos.

Otros factores que dificultan la reglamentación y legislación unificada giran en torno a las propiedades físico-químicas de los nanomateriales o los materiales a escala nanométrica, las cuales transforman completamente la toxicidad de estos. Así, se deben tener en cuenta la concentración, solubilidad, reactividad, composición química, estructura cristalina, masa, porosidad, área específica, número de partículas, tamaño y forma de las partículas, distribución, hidrofobicidad, biopersistencia, grados de aglomeración, entre otras.

Todos estos parámetros pueden modificar las respuestas y las interacciones celulares: potencial inflamatorio, translocación a través de epitelios desde el portal de entrada hacia otros órganos,

translocación por los axones y dendritas de las neuronas, inducción y estrés oxidativo, unión a proteínas y receptores y localización en la mitocondria. Las nanopartículas pueden penetrar en el cuerpo por vía inhalatoria, por vía dérmica, por ingestión y por vía parenteral (Galera, 2015).

Las disposiciones para monitorear, evaluar y regular la comercialización de los artículos que contienen nanotecnología no coinciden con los acuerdos que han señalado los gobiernos. Los argumentos por la inactividad regulatoria son varios y en última instancia contradictorios: no existe suficiente información para formular una regulación concreta de la nanotecnología; la regulación ahogará el progreso; con la legislación existente, no hay pruebas suficientes de perjuicios que justifiquen la regulación (Grupo ETC, 2010).

Según Weiss (2009, citado por Grupo ETC, 2010), las empresas se muestran renuentes por miedo a que las investigaciones revelen que sus artículos o productos son peligrosos (y no es de extrañar; no por nada las firmas de abogados comerciales aconsejan a los fabricantes nanotecnológicos tener precaución de no informar algo que pueda incriminarlos).

Mientras se continúan estableciendo lineamientos, marcos jurídicos y reglamentaciones, los productos que contienen nanomateriales ya son comercializados, distribuidos y liberados al medio ambiente, y aunque se han tomado las precauciones correspondientes en los laboratorios donde desarrollan estos productos, esta situación provoca grandes incertidumbres e interrogantes. ¿Qué será lo éticamente correcto en estos casos? ¿Es correcta la posición que han asumido las empresas? ¿Será que el desarrollo tecnológico no debe continuar hasta que se hagan las pruebas correspondientes para identificar los riesgos asociados a la exposición y uso de productos con nanotecnología? ¿Acaso serán las leyes un obstáculo para continuar con el progreso de la tecnología nano?

Estas y otras cuestiones son temas actuales que pueden ser dialogados con los estudiantes en la clase de Ética y Valores, pero dada su implicación social pueden ser abarcadas desde las asignaturas de Constitución Política o Democracia, y dadas las consecuencias

ambientales y sobre la salud humana, no pasan desapercibidas para las áreas de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. En la tabla 10 se pueden corroborar los conceptos o temáticas para vincular.

Tabla 10. Asignaturas transversales a Educación Ética y en Valores Humanos

Área	Educación Ética y Valores		
Asignaturas transversales	Conceptos o temáticas		
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	Propiedades físico-químicas. Tamaño de partículas, forma, estado de agregación, estructura cristalina, superficie específica, estructura cristalina.
	Química	x	Propiedades físico-químicas. Composición química, solubilidad, masa, concentración, número de partículas, porosidad, hidrofobicidad, reactividad, biopersistencia, grado de aglomeración. Nanotoxicología. Fichas de seguridad. Etiquetas. Transporte y almacenamiento
	Biología	x	• Identificación y evaluación de riesgos para la salud y el medio ambiente de productos con nanotecnología. • Medidas de protección individual para trabajadores expuestos.
	Constitución política	x	• Reglamentación, normatividad y legislación

Área		Educación Ética y Valores	
Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas	
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Democracia	x	• Aprobación de políticas que promuevan y protejan la equidad y el acceso público a los beneficios de productos con nanotecnología de una forma regulada y controlada.
Educación Ética y en Valores Humanos		x	• Nanoética

Fuente: elaboración propia.

Sin lugar a dudas, grandes avances de la nanociencia y nanotecnología no podrían pasar desapercibidos como una opción para ser explorados desde la asignatura Tecnología e Informática.

Tecnología e Informática

El computador, sus partes, su historia, funcionamiento, programas, entre otros aspectos, son temas que suelen enseñarse de manera general en la *Educación Básica Primaria* y de manera particular en la educación secundaria. En este sentido, es importante que los docentes no se limiten a retomar la historia de los primeros ordenadores; por el contrario, es el nuevo conocimiento el que debe ser difundido.

Así como lo han publicado en Tema Fantástico S. A. (2010), en los próximos años las computadoras serán muy diferentes a las que conocemos actualmente. Los adelantos en el área de la nanotecnología permitirán que las computadoras no empleen el silicio como técnica para integrar los transistores que la componen y comiencen a operar con lo que se denomina mecánica cuántica, lo que concebirá que se manipulen transistores a escala atómica. Los ordenadores cuánticos manejan un fenómeno físico denominado superposición, en el que partículas como los electrones o los átomos con un tamaño infinitesimal pueden llegar a dar giros en trayectorias opuestas o coexistir en dos o más lugares al mismo tiempo. Esto quiere decir que los ordenadores fabricados con procesadores superpuestos podrán manejar bits cuánticos —también conocidos como qubits— que alcanzan estados de prendido y apagado a la vez.

En comparación con los ordenadores convencionales, laboran personificando datos como series de unos y ceros, dígitos binarios reconocidos como bits. El código binario que resulta es transportado mediante transistores, interruptores que logran encender o prender para representar un uno o un cero.

De esta forma, los ordenadores cuánticos podrán deducir al mismo tiempo cada combinación de encender y apagar, lo que

les conferirá mayor velocidad que la de los procesadores de datos actuales a la hora de solucionar ciertas dificultades de cálculos matemáticos complejos (Mercado, s. f.).

Con la invención de esta tecnología de vanguardia las probabilidades de producir miniordenadores mucho más potentes (de cien a mil veces los que tenemos hoy en día) será toda una realidad en el futuro. Estos podrían llegar a tener inteligencia propia, lo que transformará los métodos de comunicación.

Las computadoras dispondrán de mecanismos como neuronas, bacterias, moléculas u otras tecnologías de transferencia de información en lugar de transistores. Por mencionar un ejemplo, los datos se podrán transmitir con imágenes visuales a través de *displays* asociados en forma de lentillas. La comunicación telefónica se ejecutaría mediante audioconferencias en 8 o 10 idiomas. Los científicos de Hewlett Packard y de la Universidad de California (Los Ángeles) se encuentran trabajando en un proyecto que revolucionará la tecnología del futuro mediante un ordenador “químico”. En este novedoso prototipo los circuitos son moléculas, lo que presume transistores con un tamaño millones de veces más reducido que los que conocemos actualmente.

En Washington, Intel exhibió una moderna estructura para transistores que hará posible que los chips trabajen con mayor rapidez y gasten menos energía. Lo llaman el transistor TeraHertz, debido a que su ciclo de encender y apagar es de un billón de veces por segundo (Mercado, s. f.).

La ciencia y la tecnología han progresado de una manera incalculable, a tal punto que lo que se consideraba como ciencia ficción o improbable e inalcanzable hoy en día ya es una realidad y con un crecimiento apresurado. Solo por mencionar un ejemplo de ello, los automóviles no solo tendrán como función principal transportar de un lugar a otro, sino también un sinnúmero de mejoras que resultarán descabelladas para los escépticos de la tecnología.

Además de usarse como medio de transporte, se contemplan mejoras como funcionar de manera automática a través de una plataforma informática muy completa. Su barniz contará con computadoras

perfeccionadas con nanotecnología, que le posibilitarán adquirir sensibilidad en los cambios y accionarlos en beneficio del conductor; también incluirá propiedades increíbles, como la autorreparación en la mayoría de su estructura de tal manera que la pintura de los autos se repare de forma automática en caso de sufrir algún rayado e impacto. De igual manera, será posible compartir información y datos entre los conductores para saber dónde se ubican los lugares más concurridos, evitar el tráfico que se da ya sea por obstrucciones de mantenimiento o reparación de las vías, así como por accidentes, entre otras (Conceptos de nanotecnología, s. f.).

Para la fabricación de nanoequipos electrónicos y opto-electrónicos se emplearán nanocables metálicos o magnéticos, así como para navegar en las limitaciones del almacenamiento magnético y para interconexión mecánica de dispositivos cuánticos.

La solución para satisfacer las necesidades de innovar e integrar las industrias de las tecnologías de la información, la comunicación y la electrónica de consumo estarán en manos de nanomateriales que se usarán mediante el empaquetado electrónico. Estos favorecerán a los fabricantes al perfeccionar sus productos para que puedan competir por la mejora en sus propiedades, que los hacen más ligeros, compactos y mejor integrados (Conceptos de nanotecnología, s. f.).

Como se pudo apreciar, en el campo de la computación e informática tienen cabida diferentes aplicaciones; las telecomunicaciones, la electrónica y otras desde la robótica también pueden ser llamativas para despertar motivación e interés desde la nanotecnología. En el sector de la medicina, la robótica gana cada vez mayor cabida. La inteligencia artificial ya se emplea para consulta en los seres humanos, y en los laboratorios, y se están fabricando nanorrobots con la capacidad de luchar contra el cáncer desde el interior del cuerpo. Pero estas minúsculas piezas informáticas no solo tendrán este tipo de funciones, ya que pronto tendremos nanorrobots que estudiarán y cuidarán de nuestras células desde adentro.

Con un tamaño de apenas 700 nm, la presencia de estas piezas metálicas será imperceptible. Se emplearán para diagnosticar

pacientes, un medio sin duda menos agresivo que una biopsia en casos de enfermedades como el cáncer. Mediante un algoritmo y una técnica de imanes, el robot se podrá mover y recibir órdenes para estudiar y analizar cada célula del paciente (García, 2019).

Otra manera de aproximar a los estudiantes a estos conocimientos —además de mencionar aplicaciones desde la tecnología e informática— es emplear TIC como recurso educativo mediante las herramientas Web 2.0.

Según el equipo Editorial Etecé (2022), las herramientas 2.0 son aquellos programas o sitios web disponibles para llevar a cabo determinadas funciones dentro de internet, que pueden aplicarse a otros aspectos vitales, como el aprendizaje o la enseñanza. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- *Redes sociales.* Son sitios formados por comunidades de individuos que interactúan de manera virtual, en los que las personas, sin importar la distancia, pueden entablar comunicación en tiempo real mediante mensajes de texto o chat, y conectarse con otras personas que compartan sus mismos intereses personales o laborales. Constituyen un medio para intercambiar información, y la información publicada puede ser pública o privada. Entre las redes sociales que más se destacan se encuentran Facebook, WhatsApp, Instagram, YouTube y TikTok.
- *Las Wikis.* Corresponde a un sitio web de libre acceso a la información donde los participantes crean y editan las páginas web de manera colaborativa. Son plataformas fáciles de utilizar ya que ofrecen plantillas y diseños sencillos que se pueden adaptar a los contenidos específicos o a la comunidad que se vaya a compartir. Para la creación de wikis existen plataformas como wikispaces, Google Site, mediawiki, solo por mencionar algunas.
- *Blogs.* Páginas unipersonales o grupales que se presentan con un formato tipo diario o bitácora en la que las últimas publicaciones que se van realizando se organizan de manera cronológica desde las más recientes hasta las más antiguas. Sirven para compartir cualquier información que se desee con diversas formas de textos, imágenes, enlaces a otras páginas, entre otros recursos

audiovisuales. Permiten la interacción entre el autor del blog y el lector mediante la opción de los comentarios.

- *Sitios de alojamiento de videos.* El más popular es YouTube, una plataforma en la que los usuarios pueden ver, subir y compartir diversos contenidos audiovisuales, así como dejar apreciaciones, comentarios y su percepción sobre el material publicado, o también tomar el rol de locutores o comentaristas, conocidos como *youtubers*. Se puede encontrar todo tipo de contenidos, como videos musicales, cortometrajes, comerciales, videos educativos, cortos de películas, entre otros.
- *Páginas de venta en línea.* Estas páginas ofrecen servicios no solo de comercialización de todo tipo de artículos, alimentos, entre otros emprendimientos, sino que además permiten intercambiar opiniones entre los clientes y lograr un contacto directo con las compañías que ofrecen bienes o servicios. A nivel internacional se conocen Amazon e eBay.
- *Pódcasts.* Son contenidos que se graban mediante un formato radial cuyas emisiones quedan almacenadas en línea, de manera que el usuario pueda escucharlas cuando desee. Pueden ser grabados en diversos formatos, como tipo conversatorio con invitados o a manera de entrevista.
- *Presentaciones en línea.* Basadas en el programa Power Point, estas páginas brindan servicios de diseño y creación de presentaciones con diversos fines para empresas, instituciones educativas como colegios y universidades, entre otras compañías y establecimientos, facilitando el uso de material audiovisual y multimedia de internet en diferentes ámbitos de la vida cotidiana. Entre ellas se destacan sitios como Canvas, Genially, Prezi y Visme.
- *Mapas conceptuales y mentales.* Otro servicio popular en la Web 2.0, principalmente con fines académicos, son las páginas que brindan alternativas de diseñar en línea diagramas de flujo, mapas mentales, cuadros sinópticos, mapas conceptuales y otras metodologías de aprendizaje o de representación de contenidos. Algunas conocidas son Lucidchart, GoConqr, Mindmeister, Coggle.it y Mindomo.

Debido a la diversidad de información y programas a los que se puede acceder mediante el uso del computador y el internet, las TIC son un recurso educativo que puede ser empleado desde cualquier asignatura, no solo desde la de Tecnología e Informática. Es por esta razón por la que en la tabla 11 se han seleccionado todas las casillas, sin mencionar conceptos o temáticas en especial, ya que cualquier concepto o temática puede ser fácilmente examinado mediante las herramientas Web 2.0, según los intereses y preferencias por parte del docente.

Tabla 11. Asignaturas transversales a Tecnología e Informática

Área	Tecnología e Informática		
Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas	
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	
	Química	x	
	Biología	x	
Ciencias Sociales	Historia	x	
	Geografía	x	
	Constitución Política	x	
	Democracia	x	
Educación Artística y Cultural		x	
Educación Física, Recreación y Deportes		x	
Educación Ética y en Valores Humanos		x	
Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros		x	
Matemáticas		x	
Tecnología e Informática		x	<ul style="list-style-type: none"> • Computación cuántica • Impresoras 3D • Nanorrobots • Otras aplicaciones • Uso de las TIC

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber hecho un recorrido por diferentes temáticas de nanociencia y nanotecnología que pueden ser introducidas desde diferentes asignaturas en la educación básica, finalizamos este recorrido en el área de las Humanidades.

Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros

Desde esta área cualquier temática de la nanociencia y nanotecnología tiene cabida, ya sea su historia, sus propiedades físicas y químicas, sus aplicaciones, ventajas o desventajas, su incidencia en el medio ambiente de forma natural, incidental o artificial, sus imponentes aplicaciones en diferentes sectores de la vida cotidiana, entre otras materias de carácter cultural, social, político, económico o científico.

Cualquiera que sea la temática de interés por parte del docente puede ser conducida desde esta asignatura mediante diferentes tipos de textos, como se observa en la tabla 12.

Las tipologías textuales son métodos y propuestas cuyo fin es agrupar o clasificar los textos lingüísticos de acuerdo con características comunes.

- *Textos científicos.* Estos provienen de los avances o investigaciones científicas con el fin de presentar o publicar los resultados obtenidos para que estos puedan ser consultados por una comunidad en específica. Existen diferentes tipos de textos científicos tales como la monografía o el artículo científico, la tesis doctoral o la memoria de licenciatura. Por otro lado, las conferencias o ponencias también se consideran como textos científicos, aunque de transmisión oral.
- *Textos administrativos.* Corresponden a textos con un alto grado de formalidad y estructuras estrictas o rigurosas que continuamente tienen una función performativa.

Tabla 12. Tipos de textos

	Texto narrativo	Texto descriptivo	Texto dialogado	Texto expositivo	Texto argumentativo
Intención comunicativa	Relata hechos que pasan a los personajes.	Cuenta cómo son los objetos, las personas, lugares, animales, sentimientos y situaciones.	Reproduce literalmente las palabras de los personajes.	Explica y transmite información de forma objetiva.	Defiende ideas y expresa opiniones.
Responde a	¿Qué ocurre?	¿Cómo es?	¿Qué dicen?	¿Qué y por qué es así?	¿Qué pienso y qué te parece?
Modelos	Novelas, cuentos, fábulas, noticias, etc.	Guías de viajes, cuentos, novelas, etc.	Piezas teatrales, diálogos en narraciones, entrevistas, etc.	Libros de textos, artículos de divulgación, textos científicos, etc.	Artículos de opinión, críticas, etc.
Tipo de palabras, características lingüísticas	Verbos de acción.	Abundancia de adjetivos.	Acofaciones, guiones, comillas, etc.	Lenguaje claro y directo.	Verbos que expresan opinión.

Fuente: adaptado de Informes22 (s. f.).

Se generan como medio de comunicación entre un individuo y una institución o entre varias instituciones y varios individuos. Géneros administrativos característicos son el saludo, el certificado, la instancia o el boletín oficial.

- *Textos jurídicos.* Aunque este tipo de textos son producidos en el proceso administrativo de justicia por su importancia y sus particularidades, los textos jurídicos se estudian y consideran como un grupo independiente. Como ejemplos prevalecen la sentencia, el recurso o la ley.
- *Textos periodísticos.* Son aquellos textos susceptibles de ser publicados en el ámbito de la comunicación periodística. Por lo general se subdividen en “géneros informativos” (que tienen como misión transmitir determinada información al lector) y “géneros de opinión” (donde el periodista o la publicación puede valorar, comentar o enjuiciar la información partiendo desde su punto de vista). Un buen ejemplo del género informativo correspondería a la noticia y el reportaje mientras que para los del género de opinión, se podrían citar el artículo de opinión, el editorial, la crítica o la columna.
- *Textos humanísticos.* Si bien corresponden a un tipo de texto complejo de definir se les clasifica como “textos humanísticos” a aquellos que les concierne algún aspecto de las ciencias humanas: psicología, sociología, antropología, etc., partiendo del punto de vista propio del autor, sin llegar al nivel de formalizar como el de los textos científicos. El género más conocido de este tipo es el ensayo.
- *Textos literarios.* Conciernen a todos los que manifiestan una función poética, ya sea como una pieza fundamental (como en la poesía) o secundario (como en ciertos textos históricos o didácticos). Se consideran géneros literarios al cuento o relato, la poesía, la novela, el teatro y el ensayo literario (incluidos los mitos). A su vez se clasifican en: narrativo, líricos y dramáticos.
- *Textos publicitarios.* Son textos que combinan recursos como palabras e imágenes con una función especial para lograr convencer al lector acerca de las cualidades o beneficios de un artículo y así incitarlo al consumo de estos. Esta necesidad de conquistar la atención del lector hace que el texto publicitario emplee generalmente

juegos de palabras, eslogan o tipografías llamativas. El género publicitario primordial es el anuncio.

- *Textos digitales.* Su aparición emana de las nuevas tecnologías, dando paso a textos inexistentes en el mundo analógico y que presentan sus características particulares. Como ejemplos de estos tipos de texto no podrían pasar desapercibidos los blogs, los SMS, los chat o las páginas web. (Informes22, s. f., párr. 1-9)

Al haber diferentes tipos de textos, estos a su vez pueden tenerse en cuenta en otras asignaturas, según la intencionalidad y temáticas que considere el docente. Por ejemplo, en las asignaturas del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental se pueden debatir artículos científicos o noticias. En las de Ciencias Sociales se pueden analizar leyes, reglamentación, normatividad y otros aspectos políticos o históricos. También pueden emplearse análisis de gráficas, diagramas y tablas, entre otros, para realizar operaciones matemáticas y otros cálculos estadísticos.

Por esta razón, en la tabla 13 se han marcado todas las asignaturas además de ser una opción para las materias de Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros. No se especifican conceptos o temáticas, ya que las opciones son múltiples y variadas.

Tabla 13. Asignaturas transversales a Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros

Área	Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros		
	Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas
Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Física	x	
	Química	x	
	Biología	x	
Ciencias Sociales	Historia	x	
	Geografía	x	
	Constitución Política	x	

Área		Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros	
Asignaturas transversales		Conceptos o temáticas	
Ciencias Sociales	Democracia	x	
Educación Artística y Cultural		x	
Educación Física, Recreación y Deportes		x	
Educación ética y en valores humanos		x	
Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros		x	Lectura, análisis y comprensión de diferentes textos en español, inglés u otros idiomas.
Matemáticas		x	
Tecnología e Informática		x	

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan algunos ejemplos y enlaces en los que se pueden observar diferentes tipos de textos.

Texto literario: poesía

Nanotecnologías

Nanotecnologías
 podrás usar si estás interesada
 en saber cosas mías;
 es técnica avanzada
 que llega a intimidad insospechada,

Pues por surcos oscuros
 de la materia gris y las hormonas,
 habrá robots impuros
 que llegarán a zonas
 donde guardan secretos mis neuronas; [...]
 (Nanotecnología-liras, 2013)

La nanotecnología está estresada- Poema anti-determinista

La nanotecnología está estresada.
La nanotecnología está desesperada.
Ha despertado de su coma
Y se ha encontrado la marrona.
Esta mañana ha leído la prensa
Y se plantea si la fama le compensa
De ella se dice:
“Eres la cuarta revolución!”
De ti, aprenderemos un montón.
Gracias a ti, descubriremos un nuevo mundo.
Gracias a ti, solucionaremos los problemas del futuro.
Haremos transistores, ordenadores cuánticos,
Materiales nuevos y curaremos el cáncer.
Nos has traído nanotubos, fullerenos,
Nuevos fármacos y el grafeno.
Estás en chaquetas que no se mojan ni se ensucian,
Eliminas bacterias, ¡menuda astucia!
Pero, ¿de dónde has salido?,
¿Por qué en ti han invertido?
¿Qué esconde el nano-rango?
¿Por qué miran allí abajo?
Hija pequeña de la química, la física y la biología.
¿Disciplina forzada? Alguno lo diría...
Nos permites ver lo imposible
Y manipular cada átomo,
Nos parecía imposible. [...]
(González Ros, 2021)

NANOTECHNOLOGY INFOGRAPHICS

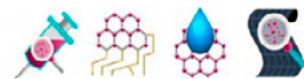
WHAT IS NANOTECHNOLOGY



Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla



WHERE IS A NANOTECHNOLOGY USED



- Lorem ipsum
- Dolor sit amet
- Simple title
- Another slogan
- Nano text template



NANOMEDICINE

How it works:

Nanomedicine works by injecting nanoparticles into the body

CAN BE USED TO:



NANOTECHNOLOGY ICONS SET:



Figura 47. Infografía sobre aplicaciones de la nanotecnología

Fuente: Macrovector (s. f.e), *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/disenocartel-informe-infografia-aplicaciones-nanotecnologia_2870648.htm

Texto digital: blogs y páginas web

- Blog *Enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria en Colombia*:
<https://ensenanzadelanotecnologiaenlasecundariacolombia.wordpress.com/>



Figura 48. Pagina inicial del blog *Enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria en Colombia*

Fuente: Torres y Ariza (2018).

- Blog *Nano Sostenible*:
<https://nano-sostenible.com/>
- *Blog de Emilio Silvera V.*:
<http://www.emiliosilveravazquez.com/blog/category/nanotecnologia/>
- *Avances científicos y tecnológicos en nanotecnología y nanociencia* (Euro Residentes, s. f.):
https://www.euroresidentes.com/futuro/avances_cientificos_nanotecnologia.htm

Texto periodístico: artículos de opinión y columnas

- “Nanotecnología: así va creciendo este inmenso futuro de la ciencia” (Impacto TIC, 2022):
<https://impactotic.co/ciencia/nanotecnologia-avances-e-investigaciones/>
- “La nanotecnología está ayudando a salvar el mundo” (González, 2022):
<https://www.america-retail.com/opinion/la-nanotecnologia-esta-ayudando-a-salvar-el-mundo/>
- “El futuro a nanómetros de distancia” (Altbir, 2022):
<https://opinion.cooperativa.cl/opinion/ciencia-y-tecnologia/el-futuro-a-nanometros-de-distancia/2022-07-19/124359.html>
- “La nanotecnología, una ayuda a la agricultura” (Arias, 2022):
<https://www.ucp.edu.co/la-nanotecnologia-una-ayuda-a-la-agricultura/>

Texto periodístico: noticias y reportajes

- “Nanopartículas que mejoran inmunoterapias contra el cáncer” (Noticias de la Ciencia y la Tecnología [NCYT], 2022):
<https://noticiasdelaciencia.com/art/45133/nanoparticulas-que-mejoran-inmunoterapias-contr-el-cancer>
- “El proyecto de Ley de Nanobiotecnología obtuvo dictamen en Diputados” (Argentina.gov.ar, 2022):
<https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-proyecto-de-ley-de-nanobiotecnologia-obtuvo-dictamen-en-diputados>

- “Reportaje nanotecnología” (Yeregui, 2010):
<https://www.rtve.es/play/audios/la-manana-en-vivo/manana-vivo-reportaje-nanotecnologia/784532/>
- “‘El futuro se va a medir en nanómetros’: director de MIT.nano” (Treviño, 2021):
<https://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/investigacion/el-futuro-se-va-medir-en-nanometros-director-de-mitnano>

Texto humanístico: ensayo

- “Ensayo sobre la nanotecnología riesgos y beneficios en el área de la salud” (Gutiérrez, 2014):
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/ENSAYO-SOBRE-LA-NANOTECNOLOGIA-RIESGOS-Y-BENEFICIOS-EN/2204896.html>

Texto jurídico: leyes

4.12.2018



Diario Oficial de la Unión Europea

L 308/1

II

(Actos no legislativos)

REGLAMENTOS

REGLAMENTO (UE) 2018/1881 DE LA COMISIÓN

de 3 de diciembre de 2018

por el que se modifica el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH) en cuanto a sus anexos I, III, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII para tener en cuenta las nanoformas de sustancias

(Texto pertinente a efectos del LEE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CE) n.º 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n.º 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión (*), y en particular su artículo 131,

Considerando lo siguiente:

- (1) El Reglamento (CE) n.º 1907/2006 fija deberes y obligaciones de registro específicos para que los fabricantes, importadores y usuarios intermedios obtengan información sobre las sustancias que fabrican, importan o usan, a fin de evaluar los riesgos que dichas sustancias puedan representar y de establecer y recomendar las medidas adecuadas de gestión del riesgo.
- (2) En la Comunicación de la Comisión «Segunda revisión de la normativa sobre los nanomateriales» (†) se llegó a la conclusión de que el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 establece el mejor marco posible para la gestión del riesgo de los nanomateriales en caso de que se presenten como sustancias o mezclas, aunque son necesarios más requisitos específicos para los nanomateriales en este marco.
- (3) La Comisión llevó a cabo una evaluación de impacto (‡) y concluyó, además, que es necesario aclarar los deberes y obligaciones de registro de los nanomateriales. El término «nanoforma» debe ser definido a efectos del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 sobre la base de la Recomendación de la Comisión de 18 de octubre de 2011, relativa a la definición de nanomaterial.
- (4) Las nanoformas pueden tener perfiles toxicológicos y modelos de exposición específicos y, por lo tanto, pueden exigir una evaluación de riesgo específica y medidas adecuadas de gestión del riesgo.
- (5) Sin la información estándar mínima en el expediente técnico y en el informe sobre la seguridad química específicamente dirigido a las nanoformas, no es posible verificar si los posibles riesgos se han evaluado adecuadamente. Procede aclarar los requisitos de registro de sustancias con nanoformas y las correspondientes obligaciones de los usuarios intermedios en los anexos I, III y VI a XII del Reglamento (CE) n.º 1907/2006. Esto debe garantizar una aplicación clara y eficaz, con costes proporcionados, que garantice un nivel elevado de protección de la salud humana y del medio ambiente sin afectar negativamente a la innovación y la competitividad. Las modificaciones que se adopten para las nanoformas deben entenderse sin perjuicio de la ejecución y documentación de la evaluación del riesgo de otras formas de la sustancia registrada, salvo que en la evaluación se hayan incluido implícitamente las nanoformas.

(*) DO L 396 de 30.12.2006, p. 1.

(†) COM(2012) 372 final.

(‡) Evaluación de impacto de las posibles modificaciones de los anexos de REACH para el registro de nanomateriales [SWD(2018) 474].

Figura 49. Reglamento para abordar las nanoformas de sustancias

Fuente: Unión Europea (2018).

Texto científico: artículos científicos, memorias, monografías y tesis

- Memorias: *Diálogos sobre nanotecnologías memorias del primer seminario iberoamericano* (García et al., 2015).



Figura 50. "Historia y conceptos básicos de nanotecnología", en *Diálogos sobre nanotecnologías memorias del primer seminario iberoamericano*

Fuente: García et al. (2015).

- Monografía: *Diseño y desarrollo de sistemas instrumentados por ingeniería en nanotecnología para la automatización de plantas industriales* (Díaz Puente, 2017).
- Tesis: *Fundamentos para una regulación específica de la nanotecnología en Colombia. La protección al consumidor como eje fundamental* (Rodríguez Olarte, 2015).
- Artículo: "Nanotecnología para Colombia. Una mirada histórica, pasando por el contexto global, latinoamericano y las regiones" (Martínez et al., 2014).



Figura 51. “Nanotecnología para Colombia”

Fuente: Martínez et al. (2014).

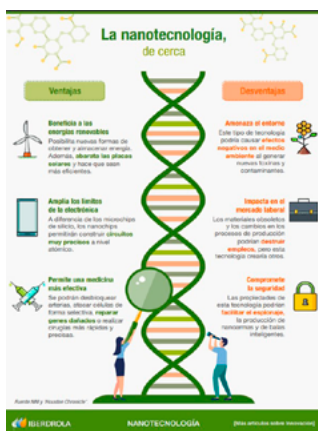


Figura 52. Nanotecnología de cerca

Fuente: Martínez et al. (2014).

Texto administrativo

- “Nanotecnología: una pequeña solución a los grandes problemas” (Iberdrola, 2021).

Recursos educativos

Este capítulo se centra en presentar recursos educativos a nivel nacional e internacional que permitirán guiar y orientar a los docentes no solo en su proceso de formación inicial para adquirir los conceptos básicos y fundamentales relacionados con los temas de nanociencia, nanotecnología, nanoescala, nanomateriales, tipos de nanomateriales, aplicaciones, entre otras temáticas, sino también sobre cómo implementarlos en sus aulas de clase.

Los recursos educativos se presentan en tres categorías:



Figura 53. Clasificación de los recursos educativos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Libros de texto

Obra	Descripción	País
<i>Nanotecnología para todos</i> (Gomes da Silva y Toma, 2019).	<p>Esta cartilla educativa para divulgación y enseñanza de la nanotecnología contiene ilustraciones llamativas e información concreta que la hace un material de fácil comprensión para emplear en la educación formal y no formal. En efecto, contribuye a que la nanotecnología sea para todos.</p> <p>Presenta los conceptos generales de la nanociencia, nanoestructuras y nanopartículas, aplicaciones de la nanotecnología en diferentes sectores, y culmina con unas reflexiones importantes sobre por qué enseñar nanotecnología en las escuelas. Una copia electrónica de este libro se puede descargar de manera gratuita en la siguiente página:</p> <p>https://www.ensinano.com.br/?fbclid=IwAR17VowrJKtYasUHV1_UF03QG_FkOpivrZ-4v2fkjD1zkMV9s-nXVKK1n2Nk</p>	Brasil
<i>Nanotecnología experimental</i> (Toma <i>et al.</i> , 2016)	<p>Este libro contiene diez capítulos en los cuales se presentan guías de cuarenta y cinco prácticas experimentales que pueden llevarse a cabo, de acuerdo a tres grados de dificultad (básico, intermedio y avanzado). Puede implementarse en diferentes niveles educativos, según las necesidades y el contexto. Para adquirir este libro se debe hacer un registro en el siguiente enlace:</p> <p>https://www.ensinano.com.br/cadastro o solicitar mayor información al correo electrónico: contato@educano.com.br</p>	Brasil
<i>Nanomundo con Nani y Nano.</i> (Llamosa, 2018)	<p>Esta cartilla ilustrada contiene treinta y seis páginas que buscan enseñar a niños y jóvenes los principios básicos de la nanotecnología. En ellas se ilustra, de la mano de sus dos personajes Nani y Nano, la historia, qué es, para qué sirve y cómo se hace la nanotecnología. Sus imágenes y contenido son llamativos y didácticos. Este libro se puede comprar en la página:</p> <p>https://unilibros.co/gpd-nanomundo-con-nani-y-nano.html</p>	Colombia
<i>Una cuestión de tamaño</i> (Propiedad Pública, s.f.)	<p>En la página de Propiedad Pública se puede consultar en formato digital una historieta denominada <i>Una cuestión de tamaño</i>, iniciativa del semillero Nanotox de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en la cual los investigadores son los personajes de la historieta y se dan explicaciones sencillas de qué es un nanómetro, sus aplicaciones en diversos campos e, incluso, sobre el estado de los avances en este campo en nuestro país. Un material que se puede emplear para que los estudiantes se comiencen a aproximar a estos contenidos. Esta información se encuentra en esta página:</p> <p>http://www.propiedadpublica.com.co/acerca-de-propiedad-publica/</p>	Colombia

Obra	Descripción	País
<p><i>Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria</i> (Serena et al., 2014)</p>	<p>Esta guía ha sido la base fundamental para docentes e investigadores interesados en la enseñanza de la nanotecnología. Brinda diferentes recursos didácticos puestos a disposición de maestros y profesores de enseñanza media básica y media superior, que les permitirán introducir, en sus asignaturas de Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias Técnicas y Ciencias Sociales, de forma coherente, espontánea y dinámica, un conjunto de nuevos conceptos, leyes y teorías que conforman el ámbito cognoscitivo de la nanociencia y la nanotecnología. Esta guía se puede descargar en el enlace:</p> <p>https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf</p>	<p>España</p>
<p><i>Nanotecnología. Cuadernos Experimenta</i> (Serena, 2017)</p>	<p>Cuadernos Experimenta es una colección elaborada por el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT), en la cual colaboran docentes, investigadores y divulgadores. Los cuadernillos contienen actividades o retos presentados de manera lúdica y didáctica para ser abordados en las aulas de clase dirigidos al público general. Las actividades de este cuadernillo comprenden las siguientes temáticas: Introducción sobre la nanotecnología, De lo minúsculo a lo gigantesco. Un paseo por las escalas, Manejando cantidades grandes y pequeñas en ciencia, Prefijos en ciencia: mega-, kilo-, centi-, mili-, nano-, pico-..., El tamaño sí que importa, Nanotecnología en mis bolsillos, Nano-crucigrama, Los padres de la nanotecnología, Para saber un poco más... (lecturas recomendadas), Soluciones de las actividades. Este cuadernillo es de libre acceso y se puede consultar en la página:</p> <p>http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/cuaderno_experimenta_nanotecnologia.pdf</p>	<p>España</p>
<p><i>Para jugar con las nanociencias y tecnologías</i> (García y Sandoval, 2016)</p>	<p>El libro contiene catorce talleres en los cuales se abordan los aspectos relacionados con la escala nanométrica mediante diferentes ejemplos de la vida cotidiana. Además, enfatiza en que las propiedades físicas y químicas de los materiales a escala nano varían completamente con respecto a sus propiedades en la escala macro.</p> <p>Se puede descargar el índice de esta cartilla en el siguiente enlace:</p> <p>https://www.researchgate.net/publication/328353067_Para_jugar_con_las_nano_ciencia_y_tecnologias_Nanotecnologias_Cuando_como_y_para_que</p>	<p>México</p>

Obra	Descripción	País
Textos de nanotecnología en quince lenguas de México	<p>El doctor Noboru Takeuchi es uno de los exponentes más reconocidos en el campo de la enseñanza y divulgación de la nanociencia y nanotecnología en México y a nivel internacional debido a una serie de publicaciones que han sido producto de su programa Ciencia Pumita. Es editor y autor de una colección de libros dirigida especialmente al público infantil, donde se introducen temáticas de diversas áreas de las ciencias como física, química, geología, biología y conceptos generales de la nanotecnología.</p> <p>Su mayor interés es poder impactar al público general, pero, sobre todo, generar inclusión y lograr que los últimos avances de ciencia y tecnología lleguen incluso a las comunidades indígenas, quienes por utilizar un idioma diferente son excluidos de este tipo de contenidos científicos. La contribución del doctor Takeuchi también se centra en apoyar a los traductores en la interpretación y la adaptación de los términos científicos en las diferentes lenguas. Gracias a este esfuerzo, su libro <i>Nanotecnología</i> ha sido traducido a quince lenguas indígenas. En la página de emprendedores al servicio de la mediana y pequeña empresa de la UNAM http://emprendedores.unam.mx/articulo.php?id_articulo=128 se pueden consultar mayores detalles sobre esta oferta de textos educativo con base en la publicación de Olvera (2014).</p>	México
<i>Nanotecnología hoy: el desafío de conocer y enseñar</i> (Silvestri et al., 2014)	<p>Este libro es un material de apoyo y orientación para que los docentes interesados en la enseñanza y divulgación de las nanociencias puedan prepararse en estos contenidos. El libro contiene siete capítulos, en los cuales se tratan aspectos generales de la nanotecnología, nanopartículas, nanomateriales, aplicaciones, la situación actual de la enseñanza de estos tópicos y contenidos en Argentina. En el capítulo VI, "¿Por qué y para qué enseñar nanotecnología en las escuelas?", se reflexiona sobre la importancia de incluir estas temáticas en diferentes niveles educativos, además de brindar ideas y recursos educativos para la praxis docente. Se puede descargar en el enlace: http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005265.pdf</p>	Argentina

Obra	Descripción	País
<i>Cuadernillo docente. Nanotecnólogos por un día</i> (Fundación Argentina de Nanotecnología [FAN], 2020)	La Fundación Argentina de Nanotecnología creó el concurso “Nanotecnólogos por un día”, que busca difundir este campo de la ciencia, de manera temprana, en los colegios de nivel medio. El propósito de este manual es acompañar a los profesores en la tarea de involucrarse en estas cuestiones y transmitir, posteriormente, ese entusiasmo a sus alumnos, de tal manera que sirva como insumo de preparación para el concurso, para fortalecer la creatividad científica y tecnológica y para promover la elección de carreras afines a la ciencia y la tecnología en el horizonte vocacional de los jóvenes. La cartilla se puede descargar en el enlace: https://www.nanoporundia.org/wp-content/uploads/2020/08/Cuadernillo%20de%20actividades.pdf	Argentina
<i>Nanotechnology for grades 1-6+: Introducing nan and bucky dog</i> (Harmer, 2005)	Este libro está dirigido a los grados 1.º a 6.º, pero también al público general. A través de este, se puede comprender de forma básica por qué los empresarios, científicos, ingenieros, médicos, entre otros investigadores, se encuentran interesados en descubrir más sobre cómo controlar y manipular los materiales a escala nanométrica, así como los prometedores avances y la manera en la que estos impactarán nuestra vida en los próximos años.	Estados Unidos
<i>Global perspectives of nanoscience and engineering education</i> (Winkelmann y Bhushan, 2016)	El texto recopila las perspectivas de docentes de diferentes partes del mundo, quienes resaltan la importancia y urgencia de que los educadores lleven estos contenidos a las aulas de clase en la educación formal e informal. Los autores también sugieren formas de diseñar programas de educación en nanotecnología, y se presentan diferentes intervenciones que se han llevado a los distintos niveles y contextos educativos. Algunos capítulos sugieren métodos para enseñar temas específicos, como microscopía de sonda, tamaño, el concepto de escala y seguridad de los nanomateriales, para que se implementen en aulas de todo el mundo.	Suiza

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Cibergrafía

National Informal Stem Education Network	
Página	https://www.nisenet.org/nanodays
<p>La página de la Red Nacional de Educación Informal (STEM, por sus siglas en inglés) brinda recursos educativos gratuitos para estudiantes, docentes, investigadores, científicos y personas interesadas en las áreas STEM.</p> <p>Es una de las mejores y más completas para acceder a materiales educativos como guías, talleres, videos, noticias, foros, juegos y eventos. Además, cuenta con recursos de formación profesoral, grabación de talleres en línea, publicaciones, entre otras.</p> <p>Estas herramientas son primordiales para temas de enseñanza de nanotecnología, ya que los experimentos y prácticas caseras son sencillos de llevar a cabo en la educación primaria y secundaria. Es un material que vale la pena revisar para aquellos docentes que quieran asumir el desafío de llevar la nanotecnología a las aulas.</p>	
Nanoeduca	
Página	http://nanoeduca.cat/es/inicio/ https://www.youtube.com/channel/UCnPqEEQ2SLxOwiM57tkHjg (NanoEduca Channel, 2016)
<p>Los ciudadanos deben prepararse para entender las aplicaciones que derivan de la nanotecnología; es por esta razón por la que el programa Nanoeduca busca capacitar docentes y estudiantes de secundaria y bachillerato con el fin de que estos contenidos sean socializados en las aulas de clase.</p> <p>El programa tiene tres líneas de acción. La primera se centra en promover la formación docente mediante encuentros con científicos para adquirir conocimientos más específicos sobre el tema y desarrollar sesiones de aprendizaje para compartir recursos pedagógicos.</p> <p>La segunda línea corresponde al uso del nanokit, con el cual se combina una metodología práctica, en la que los estudiantes interactuarán y tendrán acceso a una plataforma en línea, que permite profundizar y conocer las investigaciones más actuales.</p> <p>Finalmente, la tercera línea pertenece a los concursos y videos en los cuales las instituciones participantes comparten las conclusiones de sus debates frente a un jurado, con lo que se crea un espacio de divulgación.</p> <p>En la página principal se pueden descargar guías o láminas educativas y en el canal de YouTube del programa se encuentra información complementaria sobre los experimentos.</p>	

TryNano

Página

<https://trynano.org/>
<https://www.ieee.org/>

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) es una asociación mundial dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas. Es la organización profesional técnica más grande del mundo dedicada al avance de la tecnología en beneficio de la humanidad.

Dentro de los servicios que ofrece el IEEE se encuentra la página TryNano, en la cual se encuentra información conceptual acerca de la nanotecnología, pero adicional a esto ofrece recursos educativos para aquellos profesionales interesados en presentar a sus estudiantes la manera como está cambiando el mundo con los materiales a escala nano.

Dentro de los recursos dispuestos se encuentran juegos, lecciones, videos, un glosario de términos, una galería fotográfica con imágenes asombrosas del mundo nano. Pero además la página recopila otra serie de enlaces externos que conecta a los interesados con otras páginas y fuentes de otras instituciones que ofrecen recursos educativos a nivel internacional. Por su lado, hay enlaces sobre normas y directrices de nanotecnología; se compilan listados de universidades de todo el mundo en las cuales se pueden cursar programas específicos en nanotecnología; y contiene lecciones para ayudar a los estudiantes preuniversitarios a adquirir experiencia de primera mano con la nanotecnología. Finalmente, proporciona información relacionada con las aplicaciones de la nanotecnología en la industria.

NanoHUB

Página

<https://nanohub.org/>

NanoHUB proporciona una amplia gama de recursos que ayudan a los usuarios a aprender acerca de simulación y sobre la nanotecnología en general. Es un sitio para explorar, colaborar y publicar contenido nuevo.

Es una de las páginas más completas, debido a la cantidad de recursos dispuestos como materiales de presentación, documentos, noticias, talleres, animaciones, cursos, noticias, publicaciones en todos los campos de la nanotecnología, proyectos, eventos, grupos de investigación, talleres de trabajo e instrumentos.

NanoHUB proporciona una base de datos de recursos de nanoeducación, la cual enumera los métodos educativos de ciencia e ingeniería a nanoescala por área temática, nivel de grado, disciplina principal, área de contenido STEM y tipo de recurso. También indica si el recurso se basa en la investigación, se asigna al marco de la Academia Nacional de Ingenieros (NAE, por sus siglas en inglés) para la educación científica y las grandes ideas de nanociencia involucradas. Se proporcionan enlaces a las organizaciones en los grados K-12^o que crearon los recursos, entre otras: Instituto de Nanosistemas de California, Fundación CR-12. Libélula TV, Instituto de Educación Química, MCREL NanoLeap, Molecularium, Módulos de MWM Materials World, Nano-link, Nano4me, Nanooze, NanoSense, NanoYou, Nanozona, Neatec-Centro de Educación Tecnológica Avanzada del Noreste, red NISE, National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN), Grupo de Educación a Nanoescala de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, centro de aprendizaje NSTA, Omni Nano, TryNano, Universidad de Wisconsin.

National Science Foundation

Página <https://www.nsf.gov/news/classroom/nano.jsp>

La Fundación Nacional de Ciencias (NSF, por sus siglas en inglés) tiene dispuestos enlaces que permiten dirigir a los docentes a consultar otros recursos educativos para llevar a las aulas, entre los cuales se destacan:

• *Recurso de la Red Nacional de Educación Informal STEM*: educadores, padres, voluntarios (grados K-12^o). <http://www.nisenet.org/>

• *Recurso educativo de Nano.gov*: educadores (grados K-12^o), estudiantes (grados K-12^o y superiores), público general. <https://www.nano.gov/education-training>

Este sitio web, patrocinado por la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI), ofrece recursos para que estudiantes, profesores, estudiantes de posgrado y personas de todas las edades comprendan el comportamiento de los materiales a nanoescala y cómo el control de la materia a nanoescala conduce a aplicaciones habilitadas por nanotecnología que se vuelven parte de la vida cotidiana de las personas. El sitio presenta juegos, videos y animaciones en línea.

• *Recurso científico superpequeño*: educadores, estudiantes, padres, público general. https://www.nsf.gov/news/special_reports/nanotechnology/

Los videos de este sitio web muestran a los espectadores cómo los átomos y moléculas, que son miles de veces más pequeños que el ancho de un cabello humano, se pueden utilizar como bloques de construcción para crear tecnología futura. Los videos fueron producidos por NSF y NBC Learn.

• *Recurso de Nanozone*: educadores, niños y padres. <http://nanozone.org/>

Este sitio web presenta a los niños la nanotecnología y los científicos de nanotecnología que están investigando a nanoescala. El sitio ofrece una gran cantidad de recursos que incluyen juegos y videos, actividades de bricolaje, imágenes de un microscopio electrónico de barrido y mucho más. También proporciona información para profesores y profesionales de museos.

• *Resumen de la investigación en nanociencia*: todas las audiencias

<http://www.nsf.gov/news/overviews/nano/index.jsp>

Una página web del sitio web de la National Science Foundation, Nanoscience Research Overview responde a preguntas relacionadas con la nanotecnología y cómo la nanotecnología mejorará nuestro futuro.

Dispone de una serie de videos sobre diferentes temáticas de la nanotecnología.

Enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria en Colombia

Página <https://ensenanzadelanotecnologiaenlasecundariaencolombia.wordpress.com/>

Este blog se ha diseñado con el fin de divulgar y compartir algunas experiencias significativas en este campo para dar a conocer el trabajo que se viene realizando por parte de la autora Lady Torres, su amiga y colega Leidy Ariza y algunos profesionales e instituciones con quienes se ha trabajado colaborativamente. Sus contenidos pueden ser de gran interés para estudiantes, docentes u otros investigadores, de manera que se pueden emplear como antecedentes o referenciar en otro tipo de investigaciones.

Cada entrada del blog permite conocer sobre alguna intervención educativa realizada en instituciones educativas públicas o privadas en Bogotá para aproximar a los estudiantes a temáticas de nanociencia y nanotecnología, con el fin de motivar e inspirar a otros docentes a sumarse en esta travesía de tratar temas nano en sus clases de Ciencias Naturales.

Se espera recopilar y generar más entradas que exalten la labor de otros docentes que quieran iniciarse y sumarse a enseñar nanotecnología en la educación secundaria y media en Bogotá y otras regiones de Colombia.

Science in School

Página

<https://www.scienceinschool.org/>

<https://www.scienceinschool.org/es/article/2012/nano-2-es/>

Science in School apoya a los maestros en la entrega de sus planes de estudio STEM al conectarlos con ciencia y tecnología inspiradoras con el fin de fomentar actitudes positivas hacia la ciencia.

El programa apoya la enseñanza de las ciencias en Europa y en todas las disciplinas y destaca lo mejor en enseñanza e investigación de vanguardia. Abarca no solo biología, física y química, sino también ciencias de la tierra, ingeniería y salud, centrándose en el trabajo interdisciplinario.

Los contenidos incluyen experimentos en el aula y materiales didácticos, información actualizada sobre ciencia de vanguardia y aplicaciones del mundo real, proyectos en educación científica y otros recursos útiles para profesores de ciencias. El idioma principal de publicación es el inglés, aunque también proporciona traducciones, cuando sea posible, a otros idiomas.

Esta página tiene un contenido interdisciplinario muy amplio, además de brindar recursos educativos en enseñanza de la nanotecnología donde se brindan los conceptos teóricos, materiales, procedimientos, videos de apoyo, infografías y conclusiones o resultados esperados de las prácticas experimentales que pueden ser implementadas en las aulas de clase en diferentes niveles educativos.

Los artículos pueden ser consultados en línea o se pueden descargar en formato PDF.

Nano U

Página

<https://nanou.org.ar/>

La Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) cuenta con el programa Nano U, en el cual docentes, estudiantes universitarios y personas interesadas en el tema pueden realizar cursos en línea de corta duración, los cuales son certificados a quienes aprueben el examen.

Entre los cursos que se ofertan se encuentra el de Introducción a la Nanotecnología, especializado en textiles, nanomateriales y nanomedicina.

Para aquellos docentes que quieran iniciar su proceso de formación en temas de nanotecnología, realizar estos cursos es una decisión acertada y enriquecedora, ya que permite entender las nociones primordiales, aplicaciones e información relevante que despierta aún más la curiosidad de seguir aprendiendo y explorando sobre el tema.

Los cursos y certificados son completamente gratuitos.

Entre las opciones de capacitación y formación docente se enmarca el curso Nanotecnología y Aplicaciones, que tiene una duración de cuarenta horas y se realiza mediante la inscripción a través de la plataforma SofiaPlus. Se debe hacer el registro por la página y revisar frecuentemente cuando se ofrece.

El curso ofrece un contenido muy completo que abarca el concepto de nanociencia y nanotecnología; contexto histórico de la nanotecnología; términos técnicos de la nanotecnología; concepto de escalas y dimensiones; herramientas elementales de fabricación y caracterización de materiales a nanoescala; términos técnicos de la nanotecnología; aplicaciones en los materiales compuestos y estructurados a nanoescala; nanocompuestos y nanoestructuras; normatividad y aplicaciones en sectores transversales como materiales, alimentos, salud, construcción, biotecnología, agroindustrial, metalmecánica, electrónica, textil, cosméticos, farmacéuticos, metalurgia, plásticos, polímeros, cerámico; riesgos de la nanotecnología, legislación normas y leyes; salud y medio ambiente.

El curso y su certificación también son gratuitos, si se cumple con el porcentaje mínimo de aprobación.

Por una parte, el Sena cuenta con grupos de investigación que, a través de las tecnoacademias y tecnoparques, están al servicio de todo el país para desarrollar proyectos de investigación que puedan contribuir al sector productivo y generar competencias en el manejo de equipos de nanotecnología como microscopía de fuerza atómica (AFM) y nanolitografía (NLP).

Por otra parte, han establecido alianzas y convenios con instituciones educativas para capacitar estudiantes de educación media para que puedan acceder a las instalaciones de los tecnoparques y vincularse en talleres y proyectos de biotecnología o nanotecnología.

El Sena también promueve eventos de divulgación científica como Nano Fest y otros dirigidos al público general, los cuales también son espacios de preparación y actualización docente.

NanoKits

Exploring the Nanoworld

El kit Exploring the Nanoworld es un producto del Grupo de Educación Interdisciplinaria (IEG) del Centro de Ingeniería y Ciencia de Investigación de Materiales (MRSEC) de la Universidad de Wisconsin-Madison, financiado por la Fundación Nacional de Ciencias y distribuido por el Instituto de Educación Química.

Con este kit se pueden llevar a cabo prácticas para que el público general pueda identificar estructuras y propiedades de los materiales. Cuenta con materiales como lupa, una linterna LED pequeña, imán de refrigerados, alambre de memoria, cable de fibra óptica, lente de difracción y un folleto de veinte páginas. Se encuentra disponible en inglés y en español.

Información adicional en <https://chem.beloit.edu/edetc/supplies/kit/index.html>

Nanoeduca

El programa Nanoeduca cuenta con su propio nanokit, con el cual se pueden abordar temáticas como introducción a la nanoescala, ferrofluidos, materiales hidrofóbicos y superhidrofóbicos, entre otras pruebas relacionadas con las propiedades de los materiales a escala nano.

Más detalles sobre estos experimentos se pueden consultar en el canal de Nanoeduca:

<https://www.youtube.com/channel/UCnPqEEQ2SLxOwiM57tkHjg>

Nano School Box

Nano School Box es un maletín fabricado por la empresa Advanced Materials Science (AMS) que contiene materiales para realizar catorce experimentos y objetos demostrativos, destinados a comunicar el contenido de la nanotecnología en las instituciones educativas, los cuales proporcionan una visión amplia de la nanotecnología, la física, la química y las ciencias naturales.

Los estudiantes aprenden la aplicación del efecto loto, la fabricación y la importancia de los recubrimientos hidrófobos, resistentes al rayado, conductores de electricidad. Conocen el efecto catalítico de las nanopartículas, el efecto Tyndall, la fabricación de coloides de oro a nanoescala y su aplicación, los líquidos ferromagnéticos. Los objetos de demostración aclaran el efecto memoria y la fabricación de obleas de silicio de alta pureza.

Todos los experimentos se ilustran en un folleto de 66 páginas, que actualmente está disponible en alemán, francés, inglés, ruso, italiano, español y portugués.

Para consultas sobre este producto ingresar a <https://ams-rano.com/en/translate-to-english-produkte/nanoschoolbox.html>.

Consideraciones finales

En el artículo 23 de la Ley 115 de 1994 el Ministerio de Educación Nacional estableció las áreas obligatorias que deben ser impartidas en los establecimientos educativos de acuerdo con el currículo y el Proyecto Educativo Institucional respectivo. Los grupos de áreas obligatorias y fundamentales que comprenderán un mínimo del 80 % del plan de estudios son los siguientes:

- Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Ciencias Sociales, Historia, Geografía, Constitución Política y Democracia.
- Educación Artística y Cultural.
- Educación Ética y en Valores Humanos.
- Educación Física, Recreación y Deportes.
- Educación Religiosa.
- Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros.
- Matemáticas.
- Tecnología e Informática.

Como se mostró a lo largo de la obra, la enseñanza de temáticas de nanociencia y nanotecnología puede involucrarse desde al menos ocho de las áreas obligatorias descritas, con lo que queda únicamente por fuera la correspondiente a Educación Religiosa. Este es un balance positivo, ya que demuestra que los temas de nanociencia y nanotecnología pueden ser introducidos desde diferentes asignaturas, no únicamente por los docentes de ciencias exactas y naturales.

Por otro lado, se invita a los docentes a divulgar y enseñar estos contenidos desde el nivel educativo que crean apropiado, y a que

consideren esta como una opción que pueda refrescar, armonizar y despertar fascinación en los estudiantes por aprender sobre las materias que imparten. A pesar de que no se contemplan aún en los estándares de competencias curriculares, son una oportunidad para innovar y dejar de lado la enseñanza tradicional.

La nanoeducación es una prometedora alternativa que puede cambiar la manera de enseñar y mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la educación básica primaria y secundaria, realizando una adecuada relación y vinculación de los conceptos más formales de cada disciplina sin tener que manejar un currículo oculto o dejando de lado los lineamientos curriculares vigentes.

En unos años, los ministerios de educación de los países menos desarrollados deberán incorporar la nanociencia y nanotecnología como uno de los pilares fundamentales a ser enseñados desde la educación formal y no formal. Es por esto que los docentes deben estar dispuestos a cambiar su práctica educativa y a abrirse a nuevas posibilidades de transformar la realidad educativa desde los avances científicos y tecnológicos actuales, como ya lo vienen implementando en los países más desarrollados, donde la educación en temas de nanotecnología es una realidad:

[...] como en EE. UU., la NSF (National Science Foundation) ha comenzado a hacer obligatorio el tema de la nanotecnología en las escuelas, inclusive a nivel de preescolar. Esto ha estimulado la creación de nuevos cursos y experiencias en investigación en alumnos de licenciatura en las universidades más grandes de USA. Universidades de Australia y Reino Unido han desarrollado licenciatura en nanotecnología, aunque se espera que en la próxima década se implemente en muchas universidades del mundo. (Anto130, s. f., párr. 4)

Finalmente, se invita a todos los docentes a realizar una exploración de los diferentes recursos educativos sugeridos para que puedan prepararse, guiarse y buscar las estrategias pedagógicas más acertadas para articular los contenidos propios de sus asignaturas con contenidos actuales como los de la nanotecnología, los cuales ya impactaron nuestro pasado, están revolucionando nuestro presente y, sin duda, transformarán nuestro futuro.

Referencias

- Advanced Material Science. (2021). *Nano School Box*. <https://ams-rano.com/en/translate-to-english-produkte/nanoschoolbox.html>
- AFMsetup.jpg. (Junio 13 de 2023). Typical atomic force microscope (AFM) setup: The deflection of a microfabricated cantilever with a sharp tip is measured by reflecting a laser beam off the backside of the cantilever while it is scanning over the surface of the sample [ilustración]. Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:AFMsetup.jpg&oldid=774035087>
- Alonso, B., López, A., Rodríguez, C. y Lázaro, D. (2015). La nanotecnología a 40 años de su aparición: logros y tendencias. *Ingenierías*, 18(66), 13-23.
- Altbir, D. (2022, 19 de julio). El futuro a nanómetros de distancia. *Cooperativa*. <https://opinion.cooperativa.cl/opinion/ciencia-y-tecnologia/el-futuro-a-nanometros-de-distancia/2022-07-19/124359.html>.
- Amy, J. y Latronica, L. (2012). Nanociencia y nanotecnología: nuevas maneras de intervenir sobre la materia y el diseño de llevarlas al aula. En P. Casullo, E. Soubiron, I. Duglio, M. Giles, G. Mantiñan, A. Ortega, V. Míguez, S. Sansone, J. Teixeira, M. Saravay, A. Lahore, M. Freitas, A. Otte, M. Arriola, M. Guarino, C. Banchemo, M. Rebollo, J. Amy y L. Latronica (Eds.), *Aportes de la química al mejoramiento de la calidad de vida* (pp. 279-305). Unesco.
- Anto130. (s. f.). La nanotecnología en La educación. *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/386225825/La-Nanotecnologia-en-La-Educacion>
- Argentina.gov.ar (2022). El proyecto de Ley de Nanobiotecnología obtuvo dictamen en Diputados. <https://www.argentina.gov.ar/noticias/el-proyecto-de-ley-de-nanobiotecnologia-obtuvo-dictamen-en-diputados>
- Arias, D. (2022, 8 de agosto). *La nanotecnología: una ayuda a la agricultura*. Noticias Universidad Católica de Pereira. <https://www.ucp.edu.co/la-nanotecnologia-una-ayuda-a-la-agricultura/>.
- Bolaños, N. (2016). *Desarrollo de nanopartículas de plata mediante Magnetron Sputtering para aplicación en biosensores* [tesis de maestría]. Universidad Pública de Navarra (UPNA). <https://hdl.handle.net/2454/22738>

- Brgfx (s. f.). Área industrial isométrica de la planta desalinizadora [ilustración]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/area-industrial-isometrica-planta-desalinizadora_24096439.htm
- Campbell, D., Freidinger, E., Querns, M., Swanson, S., Ellis, A., Kuech, T., Payne, A., Socie, B., Condren, S. M., Lisensky, G., Rasmussen, R., Hollis, T., Villarreal, R. y Campbell, K. (Eds.). (2012). *Exploring the nanoworld with Lego® Bricks*. Board of Trustees of Bradley University, National Science Foundation, Centro de Ciencia e Ingeniería de Investigación de Materiales de la Universidad de Wisconsin-Madison, © The Lego Group.
- Capella, F. (1999, 30 de mayo). El secreto de las espadas de Damasco. *Interempresas*. <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1389-El-secreto-de-las-espadas-de-Damasco.html>.
- Castañeda, G. y Ballesteros, J. (s. f.). *Morpho azul. Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia* [SIB]. <https://catalogo.biodiversidad.co/file/5cebe26e8fe61bf73db12540/summary>
- Centro de la Nanotecnología Sostenible. (s. f.). *Nanosostenible*. <https://nano-sostenible.com/>
- Cernadas, J. (2009). Macro libélula [fotografía]. *Flickr*. <https://www.flickr.com/photos/jlcernadas/3611251825>
- Colegio de Ingenieros de Guatemala. (2016). *Boletín informativo 6. Nanotecnología para Latinoamérica*. https://issuu.com/colegio-deingenierosguatemala/docs/boletin_cig_6/10.
- Columba, A. (2022). La nanotecnología, a las puertas de una revolución. *ABC Economía*. <https://www.abc.es/economia/nanotecnologia-espanola-busca-formula-alla-laboratorio-20221205204542-nt.html>
- Cornejo, L. (2015, 14 de julio). Clasificación de los nanomateriales. *Nuevas Tecnologías y Materiales*. <https://nuevastechnologiasymateriales.com/clasificacion-de-los-nano-materiales/>
- Cornejo, L. (2015, 7 de agosto). Causas que motivan las diferentes propiedades de las nanopartículas. *Nuevas Tecnologías y Materiales*. <https://nuevastechnologiasymateriales.com/el-porque-las-diferentes-propiedades-de-las-nano-particulas/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20%C3%A1rea%20superficial%2Fvolumen,de%20400%20m2%2Fg>
- Conceptos de nanotecnología. (s. f.). José Espain Programación. <https://sites.google.com/site/joseespainprogramacion/conceptos-de-nanotecnologia>
- Criado, M. A. (2013, 3 de agosto). Ciencia que copia a la naturaleza [fotos]. *Huffpost*. España. https://www.huffingtonpost.es/2013/08/03/ciencia-inspirada-en-naturaleza_n_3700617.html
- Destudio (s. f.). Experimento de producción de virolog en el curso de una pandemia de coronavirus con micropipeta [ilustración]. *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/experimento-produccion-virolog-curso-pandemia-coronavirus-micropipeta-quimico-laboratorio-moderno-haciendo-investigacion-utilizando-dispensador-epidemia-mundial-covid-19_16164155.htm#query=laboratorio%20medico&position=25&from_view=keyword

- DejaVu Designs (s. f.). American Porcupine Images [ilustración]. *Freepik*. https://www.freepik.com/free-photo/fantastic-large-north-american-porcupine-tree_20636278.htm#query=DejaVu%20Designs%20porcupine&position=3&from_view=search&track=sph.
- Del Mar, A. (2020). Lapislázuli: el color inventado por los mayas. *Topadventure*. <https://topadventure.com/cultura/Lapislazuli-el-color-inventado-por-los-mayas-20201005-0005.html>
- Díaz del Castillo, F. (2012). *Introducción a los nanomateriales*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (UNAM), Departamento de Ingeniería Laboratorio de Tecnología de Materiales. http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/Introduccion%20a%20los%20nanomateriales.pdf
- Díaz Puente, L. C. (2017). *Diseño y desarrollo de sistemas instrumentados por ingeniería en nanotecnología para la automatización de plantas industriales* [monografía]. Universidad Autónoma de Bucaramanga. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/7272>
- Doctor-a. (2017). Gotas hidrófobo agua textura textil superficie [foto]. *Pixabay*. <https://pixabay.com/es/photos/gotas-hidr%C3%B3fobo-agua-textura-2262304/>.
- Equipo editorial Etecé. (2022). *Web 2.0*. Enciclopedia concepto. <https://concepto.de/web-2-0/>
- Ersöz, M., Isitan, A. y Balaban, M. (2018). *Nanotechnology I: Fundamentals of nanotechnology*. Denizli.
- Ética y valores. (s. f). *Psicología y Empresa*. <https://psicologiyempresa.com/etica-y-valores.html>.
- Euro Residentes. (s. f). *Avances científicos y tecnológicos en nanotecnología y nanociencia*. https://www.euroresidentes.com/futuro/avances_cientificos_nanotecnologia.htm
- Exploring the Nanoworld. (2008). *Exploring the Nanoworld Kit*. <https://chem.beloit.edu/edetc/supplies/kit/index.html>
- Frailé, M. (2016). *Estudio de las interacciones entre nanopartículas de metales nobles y ADN* [tesis de pregrado]. Universidad de Sevilla, Depósito de Investigación Universidad de Sevilla. <http://hdl.handle.net/11441/50465>
- Fundación Argentina de Nanotecnología. (2020). *Cuadernillo docente Nanotecnólogos por un día*. <https://www.nanoporundia.org/wp-content/uploads/2020/08/Cuadernillo%20de%20actividades.pdf>
- Galera, A. (2014). Estimado proveedor: ¿me podría informar sobre los nanomateriales que contienen sus productos? *Prevención Integral*. <https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/decent-nanowork/2017/02/21/estimado-proveedor-me-podria-formar-sobre-nanomateriales-que-contienen-sus-productos>
- Galera, A. (2015). El impacto de la nanotecnología sobre la seguridad y la salud laboral. *ORP Journal*, 2, 31-25. <http://www.orpjournals.com/index.php/ORPjournal/article/view/16>.

- Gamo, J. y Tutor-Sánchez, J. (2015). Enseñar nanotecnología a través de nuestros antepasados. *Momento. Revista de Física*, 50, 57-67. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/53396>
- García, M. y Sandoval, B. (Coords.). (2016). *Para jugar con las nano ciencias y tecnologías/Nanotecnologías: ¿Cuándo, cómo y para qué?* Texere Editores. https://www.researchgate.net/publication/328353067_Para_jugar_con_las_nano_ciencia_y_tecnologias_Nanotecnologias_Cuando_como_y_para_que.
- García, M., Sandoval, B., Hernández, M., Foladori, G. y Durán, H. (2015). Diálogos sobre Nanotecnologías. Memorias del Primer Seminario Iberoamericano. *Investigación Científica*, 9, 1-57. https://issuu.com/pina23/docs/di_logos_sobre_nanotecnolog__a
- García, R. (2019, 14 de marzo). Así son los nanorobots que estudian las células desde el interior de tu cuerpo. *Betech*. https://as.com/meristation/2019/03/14/betech/1552588206_621764.html.
- Garrido, B. y Barcia, M. (2016). *El origami como recurso en el estudio de la química: modelos de papiroflexia de los alotropos del carbono*. <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000183/00000071.pdf>.
- Gomes da Silva, D. y Toma, H. (2019). *¡Nanotecnología para todos! Cartilha educativa para divulgação e ensino da nanotecnologia*. <https://www.ensinano.com.br/>
- Gómez Romero, P. (2002). Moléculas con forma de balón de fútbol. *Cienciateca*. <https://cienciateca.com/articulos-de-divulgacion/simetria/moleculas-con-forma-de-balon-de-futbol/>
- Gómez Villarraga, F. (s. f.). *Nanopartículas metálicas y sus aplicaciones*. https://innovacionyciencia.com/documentos/nanoparticulas_metalicas_y_sus_aplicaciones.pdf.
- González Ros, C. (2021, 23 de abril). La nanotecnología está estresada-Poema anti-determinista. *Interdisciplinary Thinking*. <https://interdisciplinarythinking627708580.wordpress.com/2021/04/23/la-nanotecnologia-esta-estresada/amp/>.
- González, V. (2022, 8 de agosto). La nanotecnología está ayudando a salvar el mundo. *America Retail*. <https://www.america-retail.com/opinion/la-nanotecnologia-esta-ayudando-a-salvar-el-mundo/>
- Goodhew P. J. y Humphreys F. J. (1988). *Electron microscopy and analysis*. Taylor & Francis.
- Goonerua (s. f.) Vector gratuito literatura y escritura hobby, ocupación [ilustración]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/literatura-escritura-hobby-ocupacion_15128919.htm#&position=1&from_view=author.
- Grupo ETC. (2010). *¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica*. Comunicó105. http://www.etcgroup.org/files/Nanogeopoli%C-C%81tica_4webSep2011.pdf
- Gutiérrez, C. (2014, 18 de noviembre). *Ensayo sobre la nanotecnología riesgos y beneficios en el área de la salud*. Clubensayos. <https://www.clubensayos.com/Ciencia/ENSAYO-SOBRE-LA-NANOTECNOLOGIA-RIESGOS-Y-BENEFICIOS-EN/2204896.html>

- Guzmán, A. y Toledo, A. (2009). Las nanotecnologías: un paradigma tecnológico emergente. Dinámica y especialización de la innovación en las nanotecnologías. *Razón y Palabra*, 68, 1-32. <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199520297006.pdf>.
- Hablemos de Tronos. (2016, 26 de noviembre). *Acero de Damasco*. <https://hablemosdetronos.wordpress.com/2016/11/26/acero-de-damasco/>.
- Harmer, A. J. (2005). *Nanotechnology for grades 1-6+: Introducing nan and bucky dog*. AuthorHouse.
- Iberdrola. (2021). *Nanotecnología: una pequeña solución a los grandes problemas*. <https://www.iberdrola.com/innovacion/aplicaciones-nanotecnologia>
- Impacto TIC. (2022, 1 de agosto). *Nanotecnología: así va creciendo este inmenso futuro de la ciencia*. <https://impactotic.co/nanotecnologia-avances-e-investigaciones/>
- Informes22. (s. f.). Las tipologías textuales [entrada de Blog]. <https://informes22.wordpress.com/tema-i-el-texto-pericial-e-a/las-tipologias-textuales/>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales*. <https://www.icms.us-csic.es/sites/icms.us-csic.es/files/SST%20con%20nanomateriales.pdf>
- Irving, B. (2005). Space elevator-green Mars. [fotografía]. *Flickr*. <https://www.flickr.com/photos/flyingsinger/58239815>.
- Jaruar26. (2013). Metallo dendrimer [fotografía]. *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Metallo dendrimer_C60.jpg
- Jmacgar. (2013, 28 de diciembre). Nanotecnología-liras. *Mundo Poesía*. <http://www.mundopoesia.com/foros/temas/nanotecnologia-liras.493329/>
- Josep, M. (2013, 8 de agosto). Lotus i perles d'aigua [fotografía]. *Flickr*. <https://www.flickr.com/photos/55038189@N00/9467891206>.
- Kanenori. (2017). Surf atardecer ondas navegar tabla de surf [fotografía]. *Pixabay*. <https://pixabay.com/es/photos/surf-atardecer-ondas-navegar-2212948/>
- Koltsov, D. (2020). *BREC Nanotechnology Newsletter*, 070. https://www.researchgate.net/publication/341913985_BREC_Nanotechnology_Newsletter_issue_070.
- Lifeonwhite (s. f.). Saltamontes de cabeza de caballo, pseudoprosopia scabra, delante en blanco [foto]. *Freepik*. https://www.freepik.es/fotos-premium/saltamontes-cabeza-caballo-pseudoprosopia-scabra-delante-blanco_13450269.htm
- Linares, J. (2012). Nanoética, un nuevo campo para viejos problemas del riesgo tecnológico. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, 18(2), 339-352. <https://revistas.uma.es/index.php/contrastes/article/view/1076>.
- Llamosa, D. (2018). *Nanomundo con Nani y Nano*. Editorial UAN.
- Los efectos de invertir en ciencia y tecnología. (2017, 2 de septiembre). *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/los-efectos-de-invertir-en-ciencia-y-tecnologia-509293>.

- Luna, M. (2011a, 24 de junio). *¿Por qué el oro es verde, rojo y azul? El Mundo*. <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/06/24/nanotecnologia/1308903941.html>
- Luna, M. (2011b, 26 de mayo). *¿Sabías que el oro es verde? El Mundo*. <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/05/26/nanotecnologia/1306408668.html>
- Macrovector. (s. f.a). Composición isométrica de nanotecnología con crecimiento de nanotubos de carbono a partir de nanopartículas de grafeno [imagen]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-nanotecnologia-crecimiento-nanotubos-carbono-partir-nanoparticulas-grafeno-productos-innovadores-fondo-nanomateriales_15406075.htm
- Macrovector. (s. f.b). Composición isométrica del vaso sanguíneo de los nanorobots [infografía]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-vaso-sanguineo-nanorobots_6169426.htm#query=nanomedicine&position=4&from_view=keyword
- Macrovector. (s. f.c). Diagrama de flujo isométrico de nanotecnología con sensores de filtración de nanorevestimiento [infografía]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/diagrama-flujo-isometrico-nanotecnologia-sensores-filtracion-nano-revestimiento-monocristalino-elementos-nanotubos-carbono_7498984.htm#query=nano%20tecnologia&position=12&from_view=keyword
- Macrovector. (s. f.d). La composición isométrica de nanoelectrónica con iconos demostró logros científicos en microbiología y medicina moderna [imagen]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/composicion-isometrica-nanoelectronica-iconos-demostro-logros-cientificos-microbiologia-medicina-moderna_7498985.htm
- Macrovector. (s. f.e). Nanotechnology infographics [infografía]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/diseno-cartel-informe-infografia-aplicaciones-nanotecnologia_2870648.htm
- Maestrovirtuale.com (s.f). Alótropos de carbono: carbono amorfo, grafito, grafenos, nanotubos [imagen]. *Freepik*. <https://maestrovirtuale.com/alotropos-de-carbono-carbono-amorfo-grafite-grafenos-nanotubos/>
- Mapfre. (2019). *La revolución de la nanotecnología*. <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/la-revolucion-de-la-nanotecnologia/>
- Martin, D. (s. f). Quantum dots, quizás el año que viene. *Curiosidades de un químico soñador*. <https://quimicosonador.wordpress.com/tag/puntos-cuanticos/>
- Martínez, V., Mejía, S., Jaramillo, F. y Álvarez, M. (2015). Nanotecnología para Colombia. Una mirada histórica, pasando por el contexto global, latinoamericano y las regiones. *Revista Nano Ciencia y Tecnología*, 2(1), 49-64.
- Mendonça, A., Santanelli, F. y De Mezerville, R. (2017). Nanotechnology, nanosurfaces and silicone gel breast implants: Current aspects. *Case Reports in Plastic Surgery and Hand Surgery*, 4(1), 99-113. <https://doi.org/10.1080/23320885.2017.1407658>

- Mercado, Y. (s. f.). *La informática y la nanotecnología*. <http://yenitzem.blogspot.com/>.
- Mihaela, D. (2012). *Xanthium spinosum* [fotografía]. *Devianhart*. <https://www.deviantart.com/malaladanila/art/Xanthium-spinosum-313375810>.
- Ministerio de Educación Nacional. (1994, 8 de febrero). Ley 115 de 1994. *Por la cual se expide la ley general de educación*. https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Concepto 47757 de 2016. https://normograma.info/men/docs/concepto_mineduccion_0047757_2016.htm
- Monteblanco, N. (2021, 13 de marzo). Nanotecnología medieval al servicio de la arquitectura. *Científicos.PE*. <https://www.cientificos.pe/?p=1240>.
- Nanopartículas que mejoran inmunoterapias contra el cáncer. (2022). *Noticias de la Ciencia y la Tecnología*. <https://noticiasdelaciencia.com/art/45133/nanoparticulas-que-mejoran-inmunoterapias-contra-el-cancer>.
- Nanotecnología y deporte. (2015). *NanOpinión*. <http://nanopinion.archiv.zsi.at/es/about-nano/nanotecnolog%C3%AD-y-deporte.html>
- ¿Nanotecnología en el siglo IV?: la misteriosa copa bicolor de Licurgo. (2017, 1.º de mayo). *Infobae*. <https://www.infobae.com/tendencias/2017/05/01/nanotecnologia-en-el-siglo-iv-la-misteriosa-copa-bicolor-de-licurgo/>.
- National Informal Stem Education Network. (s. f.). *Nano Days Kit*. <https://www.nisenet.org/nanodays>
- National Nanotechnology Initiative. (2014). Nanotecnología: cosas grandes de un mundo diminuto [folleto]. *National Nanotechnology Coordination Office*. https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/big_things_brochure_spanish_jan_14_2014.pdf
- National Nanotechnology Initiative. (s. f.). *What's so special about the nanoscale?* <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/what-is-so-special-about-nano>
- National Science Foundation. (s. f.). *Nanoscience classroom resources*. <https://www.nsf.gov/news/classroom/nano.jsp>.
- Naturephoto*. (2022). Gecko tokay [fotografía]. https://www.naturephoto-cz.com/gecko-tokay-picture_es-21372.html
- Nava, I. (s. f.). *El STM: microscopio de efecto túnel*. <https://xdoc.mx/preview/estructura-de-la-platica-5ec83881b1312>.
- Nokia Morph y Nokia Rehechos. (2008). *Mobile Gazette*. <https://www.mobilegazette.com/nokia-morph-remade-08x02x25.htm>
- Olivera, E. (2014). Rosetón norte de la catedral de Notre Dame [fotografía]. *Flickr*. <https://www.flickr.com/photos/ewolivera/14469297120>

- Olvera, A. (2014). Ciencia Pumita del Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la UNAM en lenguas indígenas. *Emprendedores. Al servicio de la pequeña y mediana empresa*. http://emprendedores.unam.mx/articulo.php?id_articulo=128.
- Pérez, J. y Gardey, A. (2019). Definición de origami. *Definicion.De*. <https://definicion.de/origami/>.
- Piro4D. (2017). *Fútbol fullereno geometría abstracto construcción*. <https://pixabay.com/es/illustrations/f%c3%batbol-fullereno-geometr%c3%ada-2147773/>
- Pirotti, F. y Rodríguez, J. (2017). *Nanobiosensor colorimétrico para la detección de toxina epsilon de clostridium perfringens tipo d* [tesis de pregrado]. Universidad ORT, Uruguay. Repositorio Académico Digital. <http://hdl.handle.net/20.500.11968/3394>
- Plasencia, E. (2019). Cómo convertir unidades de longitud: problemas resueltos. *Matemática Fácil. Epamatematicas*. <https://epamatematicas.blogspot.com/2019/02/como-convertir-unidades-de-longitud.html>.
- Propiedad Pública. (s. f.). *Una cuestión de tamaño*. <http://www.propiedad-publica.com.co/una-cuestion-de-tamano>
- Quintili, M. (2012). Nanociencia y nanotecnología... un mundo pequeño. *Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 42, 125-155. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-35232012000400010&script=sci_abstract
- Raffino, M. (2020a). Valores éticos. *Concepto.de*. <https://concepto.de/valores-eticos/#ixzz6dhrKbNaE>.
- Raffino, M. (2020b). Concepto de Web 2.0. *Concepto.de*. <https://concepto.de/web-2-0/#ixzz6dzl0ouRR>.
- Ramírez, B. (s. f.). Nanotecnología en deportes. *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*, 5, 54-56. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?lng=pt&pid=S1997-40442010000200015&script=sci_arttext
- Rawpixel.com. (s. f.). Fondo de tecnología de lentes ópticas en degradado morado y azul [imagen]. *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/fondo-tecnologia-lentes-opticas-degradado-morado-azul_17122706.htm
- Reviglio, A. (2014). ¿Por qué y para qué enseñar nanotecnología en las escuelas? En S. Silvestri, E. Munque, M. Allassia, A. Seferiam, A. Reviglio y L. Soria (Eds.), *Nanotecnología hoy: el desafío de conocer y enseñar* (pp. 159-182). Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación.
- Rocketpixel. (s. f.). Balón de fútbol dibujado a mano [imagen]. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/pelota-futbol-dibujado-mano_1166961.htm

- Roco, M. C., Mirkin, C. A. y Hersam, M. C. (Eds.). (2010). Nanotechnology research directions for societal needs in 2020: Retrospective and Outlook. *WTEC-World Technology Evaluation Center, Panel report*, 476. https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/wtec_nano2_report.pdf
- Rodríguez, M. (2015). *Fundamentos para una regulación específica de la nanotecnología en Colombia: la protección al consumidor como eje fundamental* [tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34502?locale-attribute=es>.
- Roucoux, A., Schulz, J. y Patín, H. (2002). Reduced transition metal colloids: A novel family of reusable catalysts? *Chemical Reviews*, 102(10), 3757-3778. <https://doi.org/10.1021/cr010350j>
- Royo, J. (2012). Topología en el balón de fútbol. *Docplayer*. <https://docplayer.es/43267963-Topologia-en-el-balon-de-futbol.html>
- Sabates, P. (2019). *Flor de loto (Nelumbo nucifera): características y distribución*. Amigos de la Jardinería. <https://www.amigosdelajardineria.com/flor-de-loto/>.
- Sanjay, S. S., y Pandey, aC. A. (2017). Brief manifestation of nanotechnology. En A. K. Shukla (Ed.), *EMR/ESR/EPR Spectroscopy for characterization of nanomaterials* (pp. 47-63). Springer.
- Schulenburg, M. (2004). *La nanotecnología: innovaciones para el mundo del mañana*. Comisión Europea. https://issuu.com/juliojvaquero/docs/la_nanotecnologia_innovaciones.
- Serena, P. (2002). Nanociencia y nanotecnología: aspectos generales. *Encuentros Multidisciplinares*, 12, 1-12. <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA12/Pedro%20Amalio%20Serena%20.pdf>
- Serena, P. (2013). La nanotecnología, una revolución desconocida. *Encuentros Multidisciplinares*, 45(4), 1-8. <http://hdl.handle.net/10486/678730>
- Serena, P. (2017). *Nanotecnología. Cuadernos Experimenta*. FECYT. <https://www.muncyt.es/investigacion/publicaciones/cuaderno-experimenta-nanotecnologia>
- Serena, P. (2021). El papel de la nanotecnología en la generación y uso sostenibles de la energía. *Programa Iberdrola Innova I+D+i 2021/2022*. https://www.programainvestiga.org/pdf/guias2021-22/GuiaIntroductoriaaltema_ELPAPELDELANANOTECONOLOGIAENLAGENERACIONYUSOSOSTENIBLES.pdf
- Serena, P. A., Giraldo, J. J., Takeuchi, N. y Tutor J. D. (2014). *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria*. Cyted, Nanodyf. https://www.researchgate.net/publication/280923789_Guia_Didactica_para_la_Ensenanza_de_la_Nanotecnologia_en_Educacion_Secundaria
- Silvera, E. (2015). *Blog de Emilio Silvera*. <http://www.emiliosilveravazquez.com/blog/category/nanotecnologia/>.

- Silvestri, S., Munuce, E., Alassia, M., Seferiam, A., Reviglio, A. y Soria, L. (2014). *Nanotecnología hoy: el desafío de conocer y enseñar*. Ministerio de Educación Presidencia de la Nación. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005265.pdf>
- Taborda, M. (2013, 14 de junio). El efecto loto. *La clase de tecnología*. <https://tecnonacional.blogspot.com/2013/06/el-efecto-loto.html>.
- Tawatchai07. (s. f.). Paneles solares en el techo (célula solar). *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/paneles-solares-techo-celula-solar_21520477.htm
- Tema Fantástico, S. A. (Sin fecha). Nanotecnología aplicada a la informática [entrada de blog]. *Caminando hacia el futuro. Nanoinformática*. <http://nanotecnologiainformatica.blogspot.com/2010/10/nanotecnologia-aplicada-la-informatica.html>.
- Toma, H. E., Silva, D. G. da y Condomitti, U. (2016). *Nanotecnología experimental*. Editorial Blucher. <https://www.ensinano.com.br/cadastro>
- Torres, L. y Ariza L. (2018). Diseño de un blog para la divulgación de nanociencia y nanotecnología. *Revista Digital Universitaria*, 21(6), 27-37. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2020.21.6.10>
- Toshima, N. y Yonezawa, T. (1998). Bimetallic nanoparticles: Novel materials for chemical and physical applications. *New Journal of Chemistry*, 11, 1179-1201. <https://doi.org/10.1039/A805753B>
- Treviño, R. (2021, 24 de febrero). “El futuro se va a medir en nanómetros”: director de MIT.nano. *Conecta*. <https://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/investigacion/el-futuro-se-va-medir-en-nanometros-director-de-mitnano>
- Unión Europea. (2018). *Reglamento (UE) 2018/1881 de la Comisión. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-81956>.
- Vásquez, A., Pérez, R., Marroquín, N., Santizo, A. y Gatica, C. (2018). Nanotecnología y su aplicación en cosmética. *Boletín Informativo*, 1(5). https://issuu.com/allanvsqz/docs/bolet_n_junio_2018_escuela_de_qu_mi.
- Weirdworld. (2014, 2 de diciembre). *Top 5 ancient civilization unknown fact*. <https://wiredweirdworld.wordpress.com/tag/lycurgus-cup/>
- Wikipedia. (2013). Diagrama de un microscopio de fuerza atómica. https://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_de_fuerza_at%C3%B3mica#/media/Archivo:AFMsetup.jpg
- Wikipedia. (2020). Morpho. <https://es.wikipedia.org/wiki/Morpho>
- Winkelmann, K. y Bhushan, B. (2016). *Global perspectives of nanoscience and engineering education*. Springer.
- Yeregui, J. (2010, 28 de mayo). *Reportaje nanotecnología*. Radio y Televisión Española [RTVE]. <https://www.rtve.es/play/audios/la-manana-en-vivo/manana-vivo-reportaje-nanotecnologia/784532/>.
- Zavaleta, H., Vilchis, A., López, L., Arenas, J., Hanako, G., y Crosby, M. (2013). La nanociencia y la nanotecnología: herramientas para medir lo diminuto. *Revista AP Agroproductividad*, 6(4), 15-23.



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**

Educadores de educadores

*Nanoeducación. Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología
en las asignaturas de educación básica en Colombia*

editado por la Universidad Pedagógica Nacional, se compuso en
caracteres de las familias Dashiell Fine y Adelle, y se imprimió en
los talleres de Xpress Estudio Digital y Gráfico S. A. S.

Bogotá, Colombia, 2024

Con el objetivo de subsanar la falta de escenarios de formación y capacitación en nanociencia y nanotecnología en la educación básica en Colombia, el presente libro es pionero en la formación de docentes en nanociencia y nanotecnología en nuestro país y servirá de guía e insumo para iniciar con su proceso de formación, pero sobre todo para replantear su práctica educativa. La nanoeducación se presenta como un andamiaje que cambia nuestro modo de concebir las relaciones entre lo natural, lo artificial y el ser humano, por lo que resulta ser una prometedora alternativa que transforma la manera de enseñar y mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación básica primaria y secundaria. El contenido que aquí se comparte fusiona los aspectos disciplinares y pedagógicos más formales, siendo este su mayor atributo para la formación de docentes. En este sentido, *Nanoeducación. Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de educación básica en Colombia* busca la inclusión de temáticas de vanguardia relacionadas con ciencia y tecnología, que ya no son solo una responsabilidad específica de los docentes de ciencias básicas y naturales, sino que debe ser una misión esencial para todas las asignaturas contempladas en el currículo de la educación básica en el país, de cara a los retos contemporáneos que se nos plantean.