

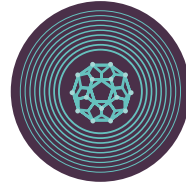
Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media

Lady Johana Torres Romero



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

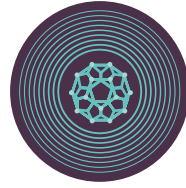


Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

Educadora de educadores



Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media

Lady Johana Torres Romero



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

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

Torres Romero, Lady Johana

Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media / Lady Johana Torres Romero.
-- Primera edición. - Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2024.

185 páginas. Incluye cuadros y fotografías a color. - (Colección Comunicación, Tecnología y Culturas en Educación)

Incluye: Referencias bibliográficas.

ISBN digital: 978-628-7651-96-8

ISBN ePub: 978-628-7651-97-5

1. Nanotecnología para Niños. 2. Procesos Enseñanza - Aprendizaje. 3. Educación y Divulgación. 4. Nanomateriales - Educación. 5. Juegos Educativos. 6. Innovaciones Tecnológicas - Educación. 7. Apoyo Pedagógico. 8. Formación Profesional de Maestros. 9. Nanotecnología - Investigaciones - Educación. 10. Herramientas Didácticas. I.

620.5 21.ed.

Colección Comunicación, Tecnología y Culturas en Educación

Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media

Autora: Lady Johana Torres Romero
© Universidad Pedagógica Nacional

ISBN digital: 978-628-7651-96-8
ISBN ePub: 978-628-7651-97-5

Primera edición, 2024

Helberth Augusto Choachi González
Rector

Víctor Espinosa Galán
Vicerrector Académico

Paola Acosta Sierra
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Yaneth Romero Coca
Vicerrectora Administrativa y Financiera

Gina Paola Zambrano Ramírez
Secretaría General

Preparación editorial

Grupo Interno de Trabajo Editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Calle 72 n.º 12-77, tercer piso
editorial.upn.edu.co
Bogotá, Colombia

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinación

María Alejandra Uribe C.
Edición

Tomás Collazos Garay
Asistencia editorial

Martha J. Méndez
Corrección de estilo

Ana Sofía Delgado
Diagramación y 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, en acceso abierto.

Contenido

Prólogo	13
----------------	-----------

Nanociencia y nanotecnología	17
Nanopartículas	19
El concepto de nanomaterial	21
Instrumentos de medición y caracterización	22

Las ciencias en la vida cotidiana y en el ámbito escolar	27
La alfabetización científica y tecnológica	29
La inclusión de temáticas nano en la enseñanza de las ciencias: un reto para los gobiernos y los educadores	30
Antecedentes en la enseñanza de la nanociencia y nanotecnología en diferentes niveles educativos en Colombia y otros países	33

Aplicaciones de la nanotecnología y su inmersión en el aula	43
Análisis del contexto educativo	46
La actitud de los estudiantes hacia las ciencias: una indagación necesaria y previa	55
¿Cómo iniciar con la introducción de temáticas de nanociencia y nanotecnología en la educación secundaria, media y primaria?	59

Recursos educativos didácticos	69
Uso de las TIC	72
Trabajos prácticos de laboratorio	77
Analogías o modelos didácticos analógicos	81
Los juegos como recurso educativo	85

Ejemplos de estrategias didácticas con diversos recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología	91
El concepto de <i>nanoescala</i>	91
Propiedades de la nanotecnología	94
Métodos o técnicas de fabricación	98
Otros recursos educativos	101

Guías de trabajo para implementación con los estudiantes	103
Nanoescala	103
Microscopia	108
Nanomateriales	111
Nanomateriales de carbono	116
Nanomateriales metálicos	132
Nanocompositos y otros materiales	147
Nanotoxicología	170

Recomendaciones finales	173
--------------------------------	------------

Referencias	177
--------------------	------------

Lista de figuras

Figura 1. Punta de microscopio de efecto túnel	25
Figura 2. Química en la vida cotidiana	28
Figura 3. Aspecto de la exposición “Un paseo por el nanomundo”, celebrada en el Museo Etnográfico de Castilla-León, Zamora (España), durante el 2011	36
Figura 4. Aplicaciones de la nanotecnología	44
Figura 5. <i>Spray</i> impermeabilizante con nanotecnología	45
Figura 6. Reserva natural Flor de Loto	48
Figura 7. Mariposa morfo azul	50
Figura 8. Dedos de la pata de gecko	51
Figura 9. Plumaje iridiscente de un colibrí	52
Figura 10. Flores de loto en Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis	53
Figura 11. Museo de nanotecnología en la Universidad de los Andes	54
Figura 12. Proyecto EcoARKTaiwán	62
Figura 13. Imagen de la película <i>Yo, robot</i>	66
Figura 14. Traje de Iron Man	67
Figura 15. Estrategias nacionales e internacionales de divulgación en nanociencia y nanotecnología	71
Figura 16. Nanokit Nanoschoolbox 2.0	79
Figura 17. Carátula de la <i>Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria</i>	80
Figura 18. Funcionamiento de un microscopio de campo cercano. Helicóptero sobrevolando un terreno de manera análoga a como la punta de un microscopio de campo cercano recorre una superficie definiendo su topografía	84
Figura 19. Escalera nanotoxicológica	87
Figura 20. Modelos de diferentes microscopios con materiales reciclables	88
Figura 21. Dibujos elaborados por los estudiantes en diferentes escalas	93
Figura 22. Imitación de nanopartículas de oro	95
Figura 23. Fabriquemos nanopartículas	96
Figura 24. Inclusión de conceptos nano con golosinas	97
Figura 25. Procedimientos o métodos para obtener nanopartículas	98
Figura 26. Estructuras en Papercraft	99

Figura 27. Ejercicio práctico	100
Figura 28. Representación del método <i>top-down</i> empleando un girasol	100
Figura 29. Representación del método <i>bottom-up</i> empleando un girasol	101
Figura 30. Métodos <i>top-down</i> y <i>bottom-up</i> con LEGO	101
Figura 31. Plantilla cubo truncado	106
Figura 32. Plantilla icosaedro	107
Figura 33. Punta del microscopio de efecto túnel (STM) con muestra 1	109
Figura 34. Punta del microscopio de efecto túnel (STM) con muestra 2	109
Figura 35. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 1	109
Figura 36. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 2	110
Figura 37. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 3	110
Figura 38. Punta del microscopio óptico de campo cercano (SNOM)	110
Figura 39. Materiales para reconocimiento de estructuras	112
Figura 40. Metal ferromagnético	113
Figura 41. Lámina de grafeno	113
Figura 42. Estructuras de los alótropos de carbono	114
Figura 43. Plantilla para grafito - Grafeno - Nanotubo de carbono	114
Figura 44. Plantilla estructura del diamante	115
Figura 45. Plantilla estructura del fullereno	115
Figura 46. Montaje de conductividad	123
Figura 47. Minas de grafito	124
Figura 48. Prueba de hidrofobicidad	126
Figura 49. Ángulos con gotas de agua	126
Figura 50. Efecto de la composición química y la topografía de la superficie en una hoja de flor de loto	128
Figura 51. Fichas	129
Figura 52. Nodos	129
Figura 53. Fichas y estructura del grafeno	130
Figura 54. Estructura de grafito	130
Figura 55. Plantilla en <i>foamy</i>	131
Figura 56. Clasificación de los nanotubos de carbono	131
Figura 57. Representación didáctica de nanotubos de carbono con <i>foamy</i>	132
Figura 58. Vitrales de la época medieval	133
Figura 59. Película delgada	135
Figura 60. Tubos de ensayo	137
Figura 61. Síntesis de nanopartículas de plata (diagrama de flujo)	141
Figura 62. Propiedades ópticas (diagrama de flujo)	142
Figura 63. Preparación de soluciones (diagramas de flujo)	143

Figura 64. Síntesis de nanopartículas de óxido de hierro (diagrama de flujo)	144
Figura 65. Ferrofluido casero	146
Figura 66. Procedimiento de propiedades de minerales	149
Figura 67. Prueba de pintura en yeso y arcilla	149
Figura 68. Adición de gotas de azul de metileno en superficie pintada	150
Figura 69. Adición de gotas de azul de metileno en superficie sin pintar	150
Figura 70. Análisis de la capacidad de impregnación de las muestras de yeso y arcilla	150
Figura 71. Tetraedro y octaedro	153
Figura 72. Estructuras de los silicatos	154
Figura 73. Plantilla para construcción de tetraedros	155
Figura 74. Plantilla para construcción de octaedros	155
Figura 75. Estructura del talco	157
Figura 76. Estructura de una nanoarcilla	157
Figura 77. Muestra de arena	157
Figura 78. Análisis del comportamiento de la arena en el agua	158
Figura 79. Arena con maicena	161
Figura 80. Mezcla de arena con jabón líquido	161
Figura 81. Arena cinética	162
Figura 82. Figuras con arenas cinéticas	162
Figura 83. Resultados esperados propiedades de los alambres	166
Figura 84. Prueba de temperatura	167
Figura 85. Juego Escalera Nanotoxicologica	171

Lista de tablas

Tabla 1. Dimensiones de la alfabetización científica y tecnológica	30
Tabla 2. Cuestionario de actitudes hacia la ciencia	57
Tabla 3. Preguntas orientadoras de la película <i>Grandes héroes</i>	65
Tabla 4. Recursos educativos en enseñanza de la nanociencia y nanotecnología	70
Tabla 5. Recursos informáticos que pueden utilizar los docentes de ciencias	72
Tabla 6. Nanoescala	103
Tabla 7. Microscopía	108
Tabla 8. Nanomateriales	111
Tabla 9. Nanomateriales de carbono	116
Tabla 10. Conductividad y resistividad	120
Tabla 11. Nanomateriales metálicos	132
Tabla 12. Nanocompositos y otros materiales	147
Tabla 13. Nanotoxicología	170

Prólogo

A los recursos educativos didácticos se les ha llamado de diversos modos: apoyos didácticos, recursos didácticos, medios educativos (Morales, 2012, citado en Vargas, 2017). Se define como *recurso didáctico* un conjunto de medios materiales que interceden y favorecen los procesos de enseñanza-aprendizaje. Dichos materiales pueden conseguirse en físico o de manera virtual y tienen como propósito despertar el interés de los estudiantes, ajustándose a sus rasgos físicos y psíquicos, además de favorecer la actividad docente al servir de guía; de esta manera, pueden adaptarse a cualquier tipo de contenido.

En el 2013 se publicó el informe diagnóstico *Situación en algunos países de Iberoamérica acerca de la formación de conocimientos sobre nanociencia y nanotecnología en la enseñanza universitaria*, con la participación de miembros de la red temática José Roberto Leite, Red de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NanoDYF). En este se analizaron actividades que se han llevado a cabo en once países de Iberoamérica, destinadas a que los contenidos de la nanociencia y la nanotecnología se inserten como un elemento más de la formación de los estudiantes universitarios de pregrado y posgrado (Cytel, 2013).

También se indagó sobre el número de actividades de este tipo y se encontró un mayor número de iniciativas en países como España, México y Brasil en programas de pregrado, mientras que para la formación posgradual se registró el mayor número de iniciativas en España. También se analizó el número de libros o manuales en la educación universitaria con contenidos en nanociencia y nanotecnología publicados desde el 2000, en los que destacaron España,

Brasil y México. En el caso de Colombia no se había registrado ninguna publicación al respecto hasta ese momento.

Hoy, después de doce años de la publicación de dicho informe, es posible encontrar un mayor número de artículos, trabajos e investigaciones en diferentes niveles educativos realizados en países de Iberoamérica, aun cuando sigue siendo un número inferior en comparación con las publicaciones realizadas por los países más desarrollados.

Sin embargo, es preocupante, ya que en lo que concierne a libros en español específicamente para orientar el trabajo de los docentes como referente internacional solo se cuenta con la *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología* en educación secundaria, en la cual participaron varios colaboradores de la red NanODYF en Iberoamérica (Serena *et al.*, 2014). Esto evidencia la carencia de libros o manuales dedicados a la formación y preparación de docentes en este ámbito en los países de Iberoamérica. En lo que concierne a Colombia solo se había reportado una publicación formal en este ámbito.

Es por esta razón que *Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media* pretende ser un referente —si no uno de los primeros— que contribuya a la capacitación y preparación de los docentes de ciencias naturales para que puedan articular contenidos de nanociencia y nanotecnología creados desde su área específica (Física, Química y Biología), así como en el nivel de la educación formal que se imparta (primaria, secundaria o media).

Este libro es un apoyo pedagógico que les permite a los docentes conocer herramientas didácticas para implementar actividades sencillas y prácticas con sus estudiantes, que puede replicarse y adaptarse sin dejar de lado el contexto educativo, la edad de los estudiantes, el nivel o ciclo educativo y las temáticas que se puedan integrar o relacionar según su área específica y los planes de estudio o estándares de competencias curriculares actuales.

El libro tiene la siguiente estructura: en el capítulo 1, “Nanociencia y nanotecnología”, se hace una introducción a los conceptos más

formales y generales de esta disciplina para tener las bases conceptuales sobre el tema.

El capítulo 2, “Las ciencias en la vida cotidiana y en el ámbito escolar”, busca reflexionar sobre la importancia de integrar contenidos de nanociencia y nanotecnología en la enseñanza de las ciencias. En él se hace una presentación de diferentes antecedentes nacionales e internacionales que son un ejemplo de motivación e inspiración para llevar esto a la praxis educativa.

En el capítulo 3, “Aplicaciones de la nanotecnología y su inmersión en el aula”, se le dan al docente diferentes consejos que debe tener en cuenta para realizar una mejor intervención educativa sin desconocer su contexto inmediato, recursos o materiales a su alcance, y sin dejar de lado la importancia de aplicar un test para indagar sobre la actitud de los estudiantes hacia la ciencia.

El capítulo 4, “Recursos educativos didácticos”, ofrece diferentes recursos como el uso de las TIC, trabajos prácticos de laboratorio, analogías o modelos analógicos y juegos que resaltan las diferentes estrategias y posibilidades frente a cómo realizar una inmersión educativa según diferentes miradas, ángulos y temáticas que sirven para enriquecer los procesos pedagógicos del docente.

En el capítulo 5, “Ejemplos de estrategias didácticas con diversos recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología”, la autora presenta algunas experiencias que ha puesto en práctica y que pueden servir de guía, modelo o ejemplo a la hora de enseñar conceptos de esta naturaleza.

En el capítulo 6, “Guías de trabajo para implementación con los estudiantes”, se brinda un compendio de actividades que pueden llevarse a cabo para la enseñanza de temas como nanoescala, microscopía, nanomateriales de carbono, nanomateriales metálicos, nanocompositos y otros materiales y nanotoxicología. Estas son de gran apoyo para que los docentes las implementen en el aula o las usen como guía en la construcción de nuevos materiales educativos propuestos por ellos mismos.

En el capítulo 7 se hacen algunas recomendaciones finales para reflexionar acerca de la importancia y necesidad de la formación docente sobre estos temas.

Finalmente, en "Referencias" se presentan las fuentes empleadas.

Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media le apunta a ser una fuente de motivación, inspiración y realización de la profesión docente frente a la posibilidad de generar conocimiento, mediante temáticas innovadoras de ciencia y tecnología, para que se puedan llevar a cabo las clases de ciencias naturales de una manera más didáctica, armónica e interactiva y se puedan mejorar los niveles de la alfabetización científica y tecnológica en nuestros estudiantes.

Por un lado, este libro proyecta ser una puerta de entrada que contribuya para guiar, orientar, preparar y renovar el trabajo pedagógico y didáctico del docente, brindándole información actualizada y según nuestro contexto educativo. Se busca así hacer un aporte significativo frente a las pocas guías, manuales o libros sobre el tema que se encuentran en nuestro país.

Por otro lado, también pretende motivar a otros investigadores y docentes a publicar libros con este tipo de contenidos educativos, que puedan encaminar a otros profesores y profesionales para que cada día sean más los docentes interesados en asumir este reto de llevar temáticas de nanociencia y nanotecnología a las aulas de clase, forjando el camino para su preparación antes de que estos sean contenidos obligatorios de los currículos y planes de estudio, como ya lo son en los países más desarrollados, y que nuestros docentes estén a la vanguardia de los avances en enseñanza de las ciencias exactas y naturales.

Finalmente, se reflexiona sobre la importancia de que las universidades ofrezcan asignaturas en temas de nanociencia y nanotecnología para docentes en formación inicial en los diversos programas de licenciatura del país, así como asignaturas para la formación posgradual y la creación de programas de divulgación y capacitación para docentes en ejercicio. Esto hará posible que cualquier docente, sin tener en cuenta el nivel educativo en el que se desempeña, cuente con todas las herramientas y recursos para que logren descrestar en sus clases de ciencias de una manera más auténtica, moderna e innovadora y puedan inspirar, cautivar y motivar a sus estudiantes por el aprendizaje de las ciencias.

Nanociencia y nanotecnología

Se puede concebir la *nanociencia* como la provisión constituida de conocimientos conectados que permiten comprender el funcionamiento de la naturaleza cuando se examina a una escala diminuta, la llamada *nanoescala*, es decir, cuando se estudian objetos con un tamaño del orden de unos pocos nanómetros y se analizan sus propiedades. Por su parte, la *nanotecnología* va mucho más allá de la nanociencia, enlazada con el saber más elemental, y aspira a transformar los conocimientos que esta aporta para fabricar materiales y dispositivos con propiedades mejoradas o totalmente nuevas con los cuales mejorar bienes, productos o servicios e incluso proponer otros radicalmente revolucionarios. Por tanto, la nanotecnología tiene que ver en esencia con la aplicación del conocimiento que surge de la nanociencia (Serena, 2022).

El prefijo *nano-* proviene de la palabra griega *nanos* y significa ‘enano’. El nanómetro (nm), la unidad de longitud a nanoescala, equivale a 10^{-9} metros (m). El prefijo *nano-* significa una milmillonésima o 10^{-9} en el sistema internacional de unidades (SI, abreviado del francés: *Le Système International d’Unités*). Dado que el prefijo *nano-* significa una milmillonésima parte, un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro.

El nanogramo es la unidad de masa a nanoescala. Es equivalente a 10^{-9} gramos (g). El número de átomos en 1 ng de un elemento se puede calcular mediante

$$\frac{(6,022 \times 10^{23})}{(\text{Masa molar})} \times 10^{-9}$$

$6,022 \times 10^{23}$ en la fórmula anterior es el número de Avogadro.

Una de las formas comúnmente utilizadas para enseñar la longitud de un nanómetro es hacer una analogía de su tamaño con relación a otros objetos de tamaños con los cuales estamos familiarizados. Por lo general, se compara el diámetro de una naranja ($\sim 10^{-1}$ m) con el diámetro del planeta Tierra ($\sim 10^7$ m). La correlación entre un nanómetro y el tamaño de la naranja es de 1 a 100 millones (1:100 000 000 o $1:10^8$). No obstante, así parezca muy pequeño, un nanómetro es en realidad una longitud respectivamente grande, comprende los diámetros combinados de unos tres átomos. Por ejemplo, la longitud de un nanómetro (10^{-9} m), una relación de tamaños tan grande como 1:100 000 000, es muy común en nuestro universo, tanto en escalas menores como mayores que “nuestra” escala.

Un ejemplo típico para dimensionar el tamaño de un nanómetro es cuando se compara la estructura atómica de una superficie de grafito (HOPG), medida con resolución subnanométrica con microscopía a efecto túnel. La relación de tamaño entre 1 nanómetro y el diámetro de una naranja es comparable con esta y el diámetro de la Tierra (Christoph y Muñoz, 2015).

En química y ciencias naturales una de las temáticas más importantes tiene que ver con la notación científica y los factores de conversión. La notación científica requiere expresar números demasiado grandes o pequeños empleando potencias de 10 para realizar cálculos. Comprender esto permite realizar factores de conversión que requieren entender prefijos, abreviaturas y valores de unidades de medida. Sin embargo, un error común de la mayoría de docentes es que se limitan a darles a sus estudiantes toda la información necesaria para realizar este tipo de cálculos, lo que da lugar a aprendizajes memorísticos, conceptos vacíos o aislados sin aplicación alguna y provoca desinterés por el aprendizaje de estas temáticas.

Debido a la gran diversidad de estructuras y objetos propios de las ciencias que se pueden ubicar en las diferentes escalas (macroescala, microescala y nanoescala), es un tema que se puede involucrar fácilmente en asignaturas como Biología, Física, Química y Matemáticas.

Hay muchas razones específicas por las que la nanoescala se ha vuelto tan importante, algunas de las cuales son las siguientes (Mansoori, 2005, citado en Mansoori, 2017):

- Las propiedades mecánicas cuánticas (ondulatorias) de los electrones dentro de la materia están influenciadas por variaciones en la nanoescala. Mediante el diseño de materiales a nanoescala, es posible variar sus propiedades micro y macroscópicas, como capacidad de carga, magnetización y temperatura de fusión, sin cambiar su composición química.
- Una característica clave de las entidades biológicas es la organización sistemática de la materia en la nanoescala. Los avances en nanociencia y nanotecnología nos han permitido colocar cosas a nanoescala dentro de las células vivas (Ebrahimi y Mansoori, 2014). También ha hecho posible estudiar la estructura micro y macro de los materiales utilizando el autoensamblaje molecular (Xue y Mansoori, 2010). Sin duda, esta es una herramienta poderosa en la ciencia de los materiales.
- Los componentes a nanoescala tienen una relación superficie/volumen muy alta, lo que los hace ideales para uso en materiales compuestos, sistemas de reacción, suministro de fármacos y almacenamiento de energía.
- Los sistemas macroscópicos formados por nanoestructuras pueden tener una densidad mucho mayor que los formados por microestructuras. También pueden ser mejores conductores de electricidad. Esto puede resultar en nuevos conceptos de dispositivos electrónicos, circuitos más pequeños y rápidos, funciones más sofisticadas y reducción considerable del consumo de energía simultáneamente mediante el control de las interacciones de la nanoestructura y complejidad.

Nanopartículas

Las nanopartículas son partículas ultrapequeñas que tienen una dimensión menor o igual a 100 nanómetros. Las propiedades de muchos materiales convencionales cambian cuando se forman a partir de nanopartículas. Esto se debe típicamente a que las

nanopartículas tienen un área de superficie por peso mayor que las partículas más grandes, lo que hace que sean más reactivas con otras moléculas.

Las nanopartículas diseñadas para la forma, el tamaño y las propiedades de la superficie poseen funcionalidades especiales que incluyen comportamiento catalítico, resistencia mejorada, conductividad térmica y eléctrica mejorada y liberación controlada de moléculas huésped. Estas propiedades avanzadas hacen que las nanopartículas diseñadas sean utilizables en aplicaciones de biomedicina, materiales nanoenergéticos y nanocompuestos funcionales (Balaban, 2018).

Cuando se comparan los tamaños de partículas de materia sólida en la escala visible con lo que se puede ver en un microscopio óptico normal, hay poca diferencia en las propiedades de las partículas. Pero cuando las partículas se crean con dimensiones entre 1 y 100 nanómetros (cuando las partículas se pueden “ver” solo con potentes microscopios especializados), las propiedades de los materiales se transforman de manera significativa con relación a las de escalas más grandes. Esta es la escala de tamaño en la que 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, cuando el tamaño de partícula se hace a nanoescala, propiedades 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 (International Center for Nanosystems and Quantum Technologies [ICNQT], s. f.)

A nanoescala el oro exhibe propiedades magníficas: las partículas de oro a nanoescala no tienen el color amarillo al que estamos acostumbrados, sino que puede aparecer rojo o morado. En la nanoescala, el movimiento de los electrones del oro está confinado; debido a que este movimiento está restringido, sus nanopartículas reaccionan de manera diferente con la luz en comparación con las partículas de oro a mayor escala. Su tamaño y propiedades ópticas pueden tener un uso práctico: las partículas de oro a nanoescala se

acumulan selectivamente en los tumores, donde pueden permitir tanto la obtención de imágenes precisas como la destrucción selectiva del tumor por medio de un láser que evita dañar las células sanas (ICNQT, s. f.).

El concepto de nanomaterial

Según la ISO TS 80004-1, un nanomaterial es un material que presenta al menos una dimensión en la escala nanométrica o que posee una estructura interna o de superficie en dicha escala (Galera, 2015).

Los nanomateriales son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión. A pesar del hecho de que no hay consenso sobre el tamaño mínimo o máximo de un nanomaterial; algunos autores restringen su tamaño de 1 a 100 nm, una definición lógica situaría la nanoescala entre la microescala (1 micrómetro) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0,2 nm) (Díaz del Castillo Rodríguez, 2012).

Ya que cada país ha adoptado una definición que debe contemplar algunas de las características anteriores, en el 2014 se creó el Comité Técnico de Normalización 243-Nanotecnología del Icontec, orientado a atender las tareas de normalización en materia de nanotecnología, el cual adoptó la siguiente definición de *nanomateriales* para Colombia:

Material natural o artificialmente sintetizado que manufacturado o fabricado exhibe propiedades que fenómenos o efectos biológicos que son atribuibles a sus dimensiones hasta una escala límite de un micrómetro. En el caso específico de materiales nanoparticulados, se consideran así cuando estos presenten una distribución mayor al 10 % de partículas inferiores o iguales a 100 nm en al menos una de sus dimensiones. Además de esta clasificación se incluyen los materiales no necesariamente nanoparticulados pero que han sido modificados a escala nanométrica en su conformación o interfase para dar lugar a un material con nuevas propiedades. (Camacho *et al.*, 2016, p. 19)

Para Barhoum *et al.* (2022), los nanomateriales se pueden clasificar de diferentes maneras:

- Según su dimensión: 0D, 1D, 2D y 3D.
- Según su origen: natural, accidental o diseñados.
- Según su composición química: orgánicos, inorgánicos, de carbono y compositos.
- Según su fase: fase única o multifase.
- Según dispersión: nanomateriales dispersos y nanomateriales agregados.

Algunos de los instrumentos utilizados para la medición a nanoescala se enumeran a continuación:

- Microscopios electrónicos de barrido (SEM).
- Microscopios electrónicos de transmisión (TEM).
- Microscopios de iones de campo (FIM).
- Microscopios de túnel de barrido (STM).
- Microscopios de fuerza atómica (AFM).

Todos los instrumentos anteriores se utilizan para ver a nanoescala, de modo que se puedan realizar mediciones nanométricas (Balaban, 2018).

Instrumentos de medición y caracterización

Los microscopios se pueden clasificar de diferentes maneras: una categoría se centra en lo que interactúa con la muestra para originar la imagen, es decir, luz o fotones (microscopios ópticos), electrones (microscopios electrónicos) o una sonda (microscopios de sonda de barrido). En otra categoría, se pueden clasificar con base en la manera como analizan la muestra por medio de un punto de escaneo (microscopios ópticos confocales, microscopios electrónicos de barrido y microscopios de sonda de barrido) o si examinan la muestra de una sola vez (microscopios ópticos de campo amplio y microscopios electrónicos de transmisión).

Los microscopios ópticos de campo amplio y los microscopios electrónicos de transmisión manejan la teoría de las lentes (óptica para microscopios ópticos y lentes electromagnéticas para microscopios electrónicos) para aumentar la imagen formada por el paso de una onda transmitida a través de la muestra o reflejada por esta. Las ondas empleadas son electromagnéticas (en microscopios ópticos) o haces de electrones (en microscopios electrónicos). La resolución en estos microscopios está limitada por la longitud de onda de la radiación utilizada para obtener imágenes de la muestra; las longitudes de onda más cortas permiten una resolución más alta (Lodish *et al.*, 2000).

Pese a la mejora lograda en la resolución de los microscopios electrónicos, solo fue a inicios de la década de 1980 cuando, con la invención de los denominados microscopios de sonda de barrido (SPM, por sus siglas en inglés), se reveló que el sueño de Feynman era viable. Se terminaba de concebir justamente lo que la nanotecnología requería para despegar: un nuevo instrumento idóneo no solo para “observar” la materia a escala nanométrica, sino también para interactuar con ella. En otras palabras, la creación de este nuevo modelo de microscopios terminaba de dotar a la nanotecnología no solo de “ojos”, sino también de unas valiosas “manos”.

Los microscopios de campo cercano componen una familia de instrumentos que posibilitan el estudio de las propiedades de la superficie de numerosos materiales que van desde la escala comprendida entre la micra (1000 nm) hasta las distancias atómicas (0,1 nm) (Fecyt, 2009).

Estos microscopios son extremadamente pequeños, aunque tienen un elevado poder de resolución. En todos los casos existen dos mecanismos comunes: por una parte, la sonda, que es el componente que va a tener contacto con la superficie a analizar; por otra parte, un sistema de control que admitirá posicionar con buena precisión la sonda sobre la muestra, tanto lateral como verticalmente. En este prototipo de microscopios la sonda reside en una punta muy afilada, con un radio final de unos cuantos nanómetros. Cuando se aproxima la sonda sobre la superficie de la muestra, se manifiestan diversos

tipos de interacciones de naturaleza cuántica, que brotan como resultado de la formidable proximidad a la que convergen ambos materiales. Dado que la magnitud de la interacción está directamente relacionada con la distancia punta-muestra, es posible crear un mapa de la topografía de la superficie al ir moviendo la sonda sobre la muestra de una manera precisa y controlada (Fecyt, 2009).

La nanotecnología recibió su mayor impulso cuando G. K. Binnig y H. Rohrer (1985), científicos del Laboratorio de Investigación de Zürich de IBM, inventaron el microscopio de túnel de barrido (STM). Esto ocurrió en 1985, esto es, cuarenta y un años después de las predicciones de Feynman. Para avanzar en un reino de dispositivos del tamaño de una molécula, sería necesario estudiar el paisaje a esa pequeña escala.

El microscopio de efecto túnel de Binnig y Rohrer ofreció una nueva forma de hacer precisamente eso, ya que permite obtener imágenes de superficies sólidas con resolución de escala atómica. Funciona a partir de la tunelización, esto es, de una corriente que comienza a fluir cuando se monta una punta afilada en un escáner piezoeléctrico que se acerca a una superficie conductora a una distancia aproximada de un nanómetro (10^9). Este escaneo se graba y se muestra como una imagen de la topografía de la superficie. En realidad, los átomos individuales de una superficie se pueden resolver y mostrar usando el STM (Mansoori, 2017). El STM se puede utilizar para obtener imágenes en 3D de una muestra. En este instrumento un lápiz óptico analiza la estructura de la superficie de la muestra escaneando la superficie desde una distancia específica.

Una sonda conductora muy fina se mantiene cerca de la muestra. Los electrones saltan del lápiz óptico a la superficie de la muestra debido al efecto del túnel cuántico y al hacerlo producen una señal eléctrica. La punta del lápiz óptico, afilada hasta un solo átomo (figura 1), escanea la superficie a una distancia de alrededor de 1 ángstrom (el diámetro de un átomo). La forma de la superficie se determina de una de dos maneras: se sube y se baja el lápiz para que la señal permanezca constante y se mide el desplazamiento del lápiz o se fija y se miden las variaciones de corriente (Educar, s. f.)

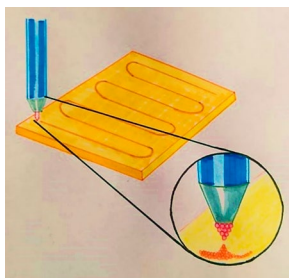


Figura 1. Punta de microscopio de efecto túnel

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en I. Nava (s. f.), El STM: microscopio de efecto túnel. <https://xdoc.mx/preview/estructura-de-la-platica-5ec83881b1312>

Con esta técnica, se pueden observar incluso los detalles más pequeños. Se crea un perfil de superficie y se produce un mapa de contorno generado por computador.

El STM es muy adecuado para materiales conductores, y las moléculas orgánicas también se pueden fijar en una superficie y estudiar su estructura. Esta técnica se utiliza para estudiar moléculas del ADN (Soutter, 2013).

Por su lado, los microscopios de fuerza atómica (AFM, por sus siglas en inglés) son una combinación del principio del STM y el perfilómetro de aguja. Nos permite estudiar superficies no conductoras, porque escanea las fuerzas de Van der Waals con sus puntas “atómicas”. Los componentes principales de los AFM son un voladizo delgado con una punta de sondeo extremadamente afilada (1^{-10} nm [ϕ] de radio), un escáner piezoeléctrico 3D y un sistema óptico para medir la deflexión del voladizo. Cuando la punta se pone en contacto con la superficie o en su proximidad, o golpea la superficie, se ve afectada por una combinación de las fuerzas de la superficie (atractiva y repulsiva). Esas fuerzas causan la flexión y torsión en el voladizo, que es continua y se mide a través de la desviación del rayo láser reflejado. El escáner 3D mueve la muestra o, en diseños alternativos, el voladizo en tres dimensiones, escaneando así un

área predeterminada de la superficie. La resolución vertical de esta herramienta es extremadamente alta, alcanza 0,01 nm [ϕ], del orden del radio atómico (Mansoori, 2017).

El microscopio de fuerza atómica fue diseñado para mejorar las capacidades del STM. Mientras que estos solo son capaces de generar imágenes de superficies conductoras o semiconductoras, el AFM puede alcanzar imágenes de casi cualquier tipo de superficie, incluidas cerámicas, polímeros, muestras biológicas y vidrio.

El AFM fue inventado en 1985 por Quate, Binnig y Gerber. El AFM original constaba de un trozo de diamante unido a una tira de lámina de oro. La superficie de la muestra está en contacto directo con la punta del diamante y el mecanismo de interacción lo proporcionan las fuerzas interatómicas de Van der Waals. El movimiento vertical del voladizo es detectado por una segunda punta, que es un STM por encima del voladizo (Soutter, 2013).

Finalmente, en la mayoría de los AFM modernos se utiliza un sistema de desviación de láser en el que se refleja un láser desde la parte posterior del voladizo del AFM hacia un detector sensible a la posición. El silicio o el nitruro de silicio (Si_3N_4) se utilizan en la microfabricación de puntas y voladizos AFM. La posición del haz se determina mediante un sistema de desviación del haz compuesto por un fotodetector y un láser (Soutter, 2013).

Las ciencias en la vida cotidiana y en el ámbito escolar

En el mundo de hoy prácticamente no existe una actividad humana en la que no sea necesario utilizar algún tipo de conocimiento de las ciencias, y cada vez es más necesaria la integración de estos conocimientos, su abordaje interdisciplinario, multidisciplinario o transdisciplinario (Arteaga *et al.*, 2016).

Un ejemplo de ello lo podemos ver en la figura 2, en la cual se observa que la química está presente en nuestra vida cotidiana en diferentes objetos, alimentos, prendas de vestir, entre otros utensilios. Muchas reacciones químicas ocurren al mismo tiempo; algunas de ellas son perceptibles, mientras que otras pasan desapercibidas o son imperceptibles para el ojo humano. Incluso en nuestro organismo ocurren miles de reacciones bioquímicas sin que nos demos cuenta. Solo por mencionar algunas:

Día y noche los músculos se contraen, el corazón late, la sangre circula, el diafragma sube y baja con cada respiración, se transmiten impulsos nerviosos, el cerebro lo etiqueta todo, piensas, sueñas (otra forma de pensar), los intestinos mueven lo que se comió hace horas por el tubo digestivo, los riñones filtran la sangre y producen orina, las glándulas sudoríparas se abren y cierran, los ojos parpadean y se mueven durante el sueño, los hombres producen esperma y las mujeres avanzan en su ciclo menstrual. (*Infosalus*, 2018)

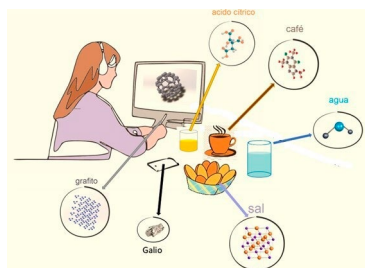


Figura 2. Química en la vida cotidiana

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Libretexts (2019). A beginning chemist-how to succeed. Chemistry. https://chem.libretexts.org/Courses/College_of_Marin/CHEM_114%3A_Introductory_Chemistry/01%3A_The_Chemical_World/1.05%3A_A_Beginning_Chemist-How_to_Succeed

Según Claxton (1999, citado por Arteaga *et al.*, 2016), “el reto de la enseñanza de la ciencia en la escuela” tiene un valor agregado para todas las personas en su vida diaria, sin importar que se enfrente oficialmente o no a una problemática de tipo científico. Poseer algún tipo de conocimiento científico les concederá a las personas actitudes y aptitudes que requerirán, sin interesar cuál sea su profesión o el tipo de vida que decidan llevar. Esto les permitirá observar con más claridad y poner en juego esas actitudes y aptitudes en una gama mucho más amplia de problemas informales y de la vida real.

En uno de los primeros artículos publicados por la *Revista de Estudios Pedagógicos* (Silva, 1976), el autor se preguntaba por las razones de la desmotivación para aprender química por parte de estudiantes universitarios. Su análisis lo llevó a concluir que tal desmotivación provendría desde la enseñanza media, debido al enfoque tradicional de enseñanza de la química —esto es, expositivo—, el cual promovería una visión de las ciencias naturales como un conjunto de datos por memorizar (Garritz, 2001). El adoptar una estrategia metodológica de enseñanza tradicional o poco atractiva involucra culpar a los docentes en formación inicial y en ejercicio

como parte del problema, puesto que ellos serían quienes no cambiarían su manera de enseñar.

Así, la formación inicial docente, en el ámbito de las ciencias naturales, implica un proceso fundamental en el desarrollo profesional de futuros profesores y un nodo crítico a estudiar y analizar, por sus alcances e implicancias (Cofré *et al.*, 2010). Esto resulta vital si se tiene en cuenta que la educación científica escolar es uno de los pilares fundamentales de formación, ya que promueve competencias relacionadas con el pensamiento crítico, la reflexión, la toma de decisiones, la observación y la comunicación, todas estas entendidas como habilidades que posibilitan la alfabetización científica (Quintanilla, 2006, citado en Busquets *et al.*, 2016).

La alfabetización científica y tecnológica

Para Tutor-Sánchez (2013), un aspecto determinante para mejorar los niveles de alfabetización científica y tecnológica en los estudiantes radica en

[...] incentivar las iniciativas que se adelantan para la formación de los docentes en nanociencia y nanotecnología. Ya sea a través de cursos sobre estas áreas o cursos de entrenamiento en los que se brinden recursos didácticos a los docentes de ciencias naturales. (pp. 51-52)

Aunque en los países menos desarrollados estas temáticas tardan en incluirse formalmente en el currículo escolar, es del docente de quien debe nacer ese interés, curiosidad y pasión por lo que se enseña, buscando la actualización y capacitación constante de su disciplina de manera autónoma. Esto es posible realizando cursos virtuales, asistiendo a eventos de divulgación científica y tecnológica, visitando museos y exposiciones que involucran y articulan temáticas de nanociencia, o en internet accediendo a artículos, videos, foros, blogs, noticias y otros ambientes virtuales de aprendizaje.

Solbes y Vilches (2004) mencionan la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, que requiere la incorporación de la dimensión CTSA en el currículo.

Las dimensiones de alfabetización científica propuestos por Shen (1975, citado en Ariza y Torres, 2014) se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones de la alfabetización científica y tecnológica

Alfabetización científica-práctica	Alfabetización científica-cívica	Alfabetización científica-cultural
Permite utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de sí mismos, entre otros, donde surge un tipo de conocimiento científico y tecnológico que puede utilizarse para ayudar a resolver las necesidades básicas de salud y supervivencia.	Les concierne a todas las personas para que puedan intervenir socialmente con criterio científico en decisiones políticas, es decir, que el ciudadano tenga participación en la resolución de los problemas sociales.	Está relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social, es decir, que la ciencia se conciba como producto de la cultura humana.

Fuente: elaboración propia con base en Shen (1975, citado en Ariza y Torres, 2014).

La inclusión de temáticas nano en la enseñanza de las ciencias: un reto para los gobiernos y los educadores

La nanotecnología se postula como una de las bases del nuevo modelo económico global. Por esa razón, durante los últimos años los gobiernos de los países más desarrollados han realizado una decidida apuesta para fomentar la investigación en esta disciplina (Delgado, 2008).

Diversas iniciativas de divulgación y formación hoy forman parte de los programas marco de estos gobiernos, que no solo han

invertido en investigaciones científicas, sino también en capacitar a sus profesores y prepararlos para que les enseñen a sus estudiantes a comprender y entender acerca de los nuevos avances relacionados con nanociencia y nanotecnología (Torres, 2018).

En Latinoamérica, algunos países ya han dado este gran paso en la educación superior. Tal es el caso de universidades que han apostado por crear programas especializados para formar a futuros docentes en el campo de la nanotecnología, como la Universidad Caece en Argentina, que fue la primera en ofrecer el programa de Licenciatura en Nanotecnología en el 2016, es decir que en el 2020 salió la primera promoción de egresados de este programa, que tiene una duración de cuatro años. La UNAM de México también se ha unido a esta innovación educativa ofertando la Licenciatura en Nanotecnología e Ingeniería Molecular.

Algunas de las limitaciones o problemáticas que persisten para llevar estas temáticas a la educación primaria, secundaria y media se enumeran a continuación:

- La poca inversión que han realizado los gobiernos para capacitar a sus docentes en avances actuales de ciencia y tecnología, tales como biotecnología, nanotecnología, inteligencia artificial, robótica, agricultura urbana, STEAM, entre otros. Estos términos ya no son desconocidos y se pueden consultar fácilmente en redes sociales, noticias, periódicos y otros medios de comunicación, pero hace falta llevarlos y adaptarlos al ámbito escolar.
- La no inclusión de estas temáticas en los estándares de competencias curriculares o planes de estudio en la educación primaria, secundaria y media en las escuelas conduce a que el docente tenga un apego o limitación exclusiva a los contenidos que se considera debe aprender el estudiante y que este último se aleje de otros contenidos y posibilidades.
- El desinterés y falta de motivación por parte de los docentes para replantear sus clases y llevar nuevos materiales y estrategias didácticas.

Aunque formalmente aún no se contemplan estos contenidos en *los Estándares de competencias curriculares* o planes de estudio de Ciencias Naturales en Colombia, esta no puede ser una barrera para explorar temáticas que despierten curiosidad, interés y motivación por el aprendizaje de las ciencias, aun si persisten también algunos obstáculos epistemológicos por parte de los docentes.

Sin ignorar las múltiples dificultades conceptuales que implica la enseñanza-aprendizaje de la nanotecnología, en el estudio realizado por Sánchez-Mora y Tagüeña (2011, citado en Reviglio, 2014) el tema de la escala no visible al ojo humano desnudo constituye el primer obstáculo epistemológico para la comprensión de esta temática. Esclareciendo dicho obstáculo es mucho más fácil comprender la estructura atómica (por lo menos en el aspecto de la escala) y de la continuidad de la materia, y con ello es posible introducir la nanociencia y la nanotecnología.

Los docentes tienen una gran responsabilidad con sus estudiantes, ya que son ellos quienes pueden influenciarlos e inspirarlos no para que se conviertan en grandes científicos, pero sí para quitar algunas barreras epistemológicas como el pensar que la ciencia es difícil, que es aburrida, que no se necesita o que no es útil en la vida cotidiana. Esto ocurre cuando el docente usa ejemplos que no tienen que ver con la realidad o el contexto de los estudiantes, cuando el docente se limita a enseñarles a memorizar fórmulas y procedimientos dejando a un lado las verdaderas aplicaciones.

En estos tiempos, la mejor manera de llegar a los estudiantes es con temáticas interesantes e innovadoras como las de la nanociencia y la nanotecnología, que fácilmente pueden integrarse y articularse con otras temáticas convencionales, que seguramente sí se encuentran en los diferentes currículos escolares (por ejemplo: notación científica, factores de conversión, el estudio del microscopio, la materia, entre otras).

Antecedentes en la enseñanza de la nanociencia y nanotecnología en diferentes niveles educativos en Colombia y otros países

Para comprender la necesidad de que el Gobierno, las universidades, las empresas y otras instituciones educativas desarrollen programas de formación, enseñanza y divulgación de la nanociencia y nanotecnología para docentes en formación inicial y docentes en ejercicio, con el objetivo de llevar estas temáticas a las aulas de clase en las asignaturas de ciencias naturales en la educación temprana (educación primaria), secundaria y media, es necesario destacar diferentes trabajos e iniciativas dentro y fuera del país que han surgido a raíz de dar ese gran paso en la enseñanza de las ciencias. Estas experiencias demuestran la necesidad de replantear las clases, los currículos, planes de estudio, estándares de competencias para que no solo tengamos estudiantes más competitivos y con mejores niveles de alfabetización científica y tecnológica, sino también docentes más preparados y capacitados para enseñar ciencia con los actuales avances científicos y tecnológicos.

Iniciativas de formación para docentes y público en general

Estados Unidos ha mostrado interés en integrar los principios y conceptos de nanotecnología en los currículos de Ciencias de las escuelas públicas. Esta iniciativa es muy significativa en la medida en que refleja las necesidades del mercado laboral de graduados especializados, a nivel escolar y universitario, en el campo de la nanotecnología (Healy, 2009). Varios estudios (por ejemplo, Berne, 2005; Ekli y Sahin, 2010; El-Sayeh y Hany, 2009; Mahbub y Chowdhury, 2001; Silovsky, 2010, citados en Salam *et al.*, 2015) destacaron la importancia y la necesidad de promover una cultura

de la nanotecnología en las escuelas y universidades, especialmente en países en desarrollo, y de capacitar a los profesores, en particular a los de ciencias, sobre métodos de enseñanza de las ciencias y la nanotecnología. Por estos motivos, los programas de concientización de la nanotecnología se han convertido en una necesidad global apremiante que va de la mano de las políticas científicas y tecnológicas de las sociedades. Estos estudios recomendaron además la celebración de talleres para profesores en los que se presenten y analicen los experimentos de los países desarrollados con respecto a la integración de la nanotecnología en los planes de estudios escolares.

El trabajo de Salam *et al.* (2015) tenía como objetivo proponer un marco de los conceptos y aplicaciones de la nanotecnología que deben integrarse en el plan de estudios de Física de las escuelas secundarias en Egipto. Al final, se determinó que

- los planes de estudios de Física deben analizarse y desarrollarse continuamente para hacer frente a las innovaciones científicas, tecnológicas y educativas, por un lado, y las necesidades de la sociedad egipcia y sus individuos, por el otro;
- los planes de estudios de Física deben responder a las necesidades de los estudiantes y las habilidades científicas y mentales requeridas, calificándolos para una sociedad científico-tecnológica;
- existe la necesidad de un programa académico para desarrollar la conciencia de los profesores de Física de la escuela secundaria sobre la importancia de los conceptos, aplicaciones y métodos de enseñanza de la nanotecnología.

En Bogotá, Colombia, Torres (2018) diseñó una propuesta educativa denominada "Docente-nano: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media", dirigida a docentes de Ciencias Naturales en formación y en ejercicio de diferentes instituciones educativas, en la que se llevaron a cabo trece sesiones de trabajo en las cuales se trataron temas como introducción a la nanociencia y nanotecnología, nanoescala, nanomateriales, métodos de observación, nanomateriales de carbono, nanomateriales metálicos, nanocompositos y nanotoxicología. Los resultados de

esta propuesta ratificaron que sí es posible e importante estudiar temáticas de nanotecnología en la educación secundaria y que los docentes son conscientes de la necesidad de formarse en estos contenidos, que abren un mar de posibilidades para generar impacto, curiosidad, motivación y así despertar el interés de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias (Torres y Duarte, 2018).

Las temáticas de nanociencia y nanotecnología no solo involucran a docentes y estudiantes en la educación formal, sino que también se pueden divulgar y dirigir al público en general para que las personas naturales en su cotidianidad puedan comprender fenómenos y actuales avances de la ciencia y la tecnología. Es por esta razón por la que en los países más desarrollados también están reformando sus museos, centros interactivos, parques científicos, ferias, entre otros lugares y eventos, para incluir estos temas.

Un proyecto asombroso e inspirador llevado a cabo para la educación no formal y que no podría pasar desapercibido fue el realizado por Ortiz *et al.* (2019). En este estudio contaron con la participación de un grupo de 65 colaboradores, entre los que se encontraban docentes, estudiantes y otros profesionales de áreas como Ciencias Naturales y Humanidades y comunidad artística representada por el Circo Nacional de Puerto Rico, quienes combinaron sus disciplinas con las artes escénicas para presentar una obra titulada *Nanocirco*, en la que articularon el circo y el teatro con la ciencia para brindar una experiencia única de comunicación científica no formal, motivar a las personas a la ciencia y enseñar cuatro conceptos de nanociencia y nanotecnología (tamaño y escala, magnetismo, hidrofobicidad y fluorescencia). Esta iniciativa consiguió impactar a un total de 223 espectadores durante las diferentes funciones. Entre la población, cuyas edades oscilaban entre los 4 y los 65, se destacaban estudiantes de diversos campamentos de verano y público en general. Con este proyecto se capturó la atención y se despertó el interés por la nanociencia y nanotecnología; a medida que los conceptos eran enseñados en los diferentes actos, los espectadores imaginaban una visión más apropiada de la comunidad científica.

Por su lado, años atrás en España se empleó la exposición como un recurso de divulgación en el que se destacaron imágenes del mundo atómico y molecular, los nuevos materiales, la nanoelectrónica del futuro, la nanomedicina y los métodos de nanofabricación (figura 3). Las exposiciones se habilitaron para el público general con los nombres “Un viaje al nanomundo” y “Un paseo por el nanomundo”. En ellas se llevó a cabo una conferencia dirigida al público en general y la otra contemplaba la visita guiada, orientada principalmente a estudiantes de bachillerato y a profesores de educación secundaria (Serena, 2013).

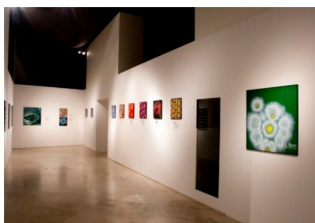


Figura 3. Aspecto de la exposición “Un paseo por el nanomundo”, celebrada en el Museo Etnográfico de Castilla-León, Zamora (España), durante el 2011

Fuente: Serena (2013).

En cuanto a la educación secundaria, también se han realizado iniciativas y programas que dan cuenta de la prioridad que se le debe dar a la vinculación de estas temáticas en la enseñanza de las ciencias.

Propuestas de implementación en la educación secundaria y media

La investigación en educación científica ha reconocido el potencial de la nanociencia y la nanotecnología (NST) debido a su contribución a la alfabetización científica de las generaciones futuras. Los académicos han identificado *nueve grandes ideas* para enseñar a fin

de comprender los problemas de las NST. A partir de estas, se ha desarrollado una secuencia de enseñanza-aprendizaje para alumnos de primer ciclo de secundaria centrada en los temas Tamaño y escala, Herramientas e instrumentación, Propiedades dependientes del tamaño y Ciencia-tecnología-sociedad. La secuencia se implementó en un curso de quince estudiantes de una escuela secundaria inferior (octavo grado; entre catorce y quince años). Tuvieron lugar siete reuniones, cada una con una duración de unos noventa minutos. El curso se estructuró de la siguiente manera:

1. Introducción.
2. ¿Qué tan pequeño es un nanómetro?
3. ¿Cómo podemos “ver” el nanomundo?
4. Propiedades dependientes del tamaño: cambio de la relación entre el área superficial y el volumen.
5. Explicar el comportamiento de diferentes textiles (desde hidrofílicos hasta hidrofóbicos) al absorber gotas de agua.
6. Explicación de los cambios de color en las nanopartículas de oro.
7. Evaluación de riesgos de la nanotecnología.

Los datos se recopilaron mediante cuestionarios, entrevistas, hojas de trabajo de los estudiantes y notas de campo. Los resultados parecen ser alentadores para la enseñanza de temas de las NST, incluso en los niveles educativos más bajos (Stavrou *et al.*, 2015).

Por su lado, en la escuela brasileña del estado de São Paulo, de tipo preuniversitario, se aplicaron dos cuestionarios para identificar las concepciones generales de los estudiantes en materia de nanociencia y nanotecnología. Los resultados de la investigación indicaron que hubo un progreso de los estudiantes en cuanto a la comprensión de estas temáticas. Es indudable que el aprendizaje de los estudiantes al respecto aumentó considerablemente conforme a su progreso en la escuela, pero convendría que este se intensificara desde el primer año. Los estudiantes que participaron en las actividades mostraron falta de conocimientos básicos y, al mismo tiempo, bastante interés en saber más (Ribeiro *et al.*, 2013).

En la ciudad de Tijuana, en México, se llevó a cabo una implementación en la Escuela Secundaria Indígena #26 Bicentenario, donde se trabajó con estudiantes de primero, segundo y tercer grado y se determinó que la introducción de temas de nanociencias y nanotecnología en secundaria es prioritaria. Los estudiantes aprenden mejor y muestran mayor interés cuando la enseñanza en estos temas incluye experimentos y otras actividades dinámicas. Se observó un dominio en los temas de nanotecnología, microbiología, trabajo experimental, entre otros (Vásquez y Takeuchi, 2017).

En la educación secundaria también se puede resaltar el trabajo de Pozuelo y Cascarosa (2018), quienes realizaron una propuesta con veinte estudiantes que cursaban cuarto grado de enseñanza secundaria obligatoria (ESO) de un centro público de Aragón, dentro de la asignatura optativa de Cultura Científica. Se planteó una situación inicial (demostrar el uso de un aerosol hidrofóbico en diferentes muestras de textiles), a partir de la cual los estudiantes tenían que dar una explicación de lo que sucedía. Luego, se aplicó este aerosol sobre distintos textiles; aunque no se observaron cambios, al esparcir después sobre estos agua u otros fluidos se encontró que adquirieron carácter hidrofóbico. Finalmente, los estudiantes descubrieron que, pese a no apreciar diferencias perceptibles entre las zonas con y sin aerosol, efectivamente existe un efecto que comprueba que algo ha ocurrido a nivel microscópico. Se determinó que los niveles de desempeño concernientes con la planificación y la observación son bajos.

Se resalta el trabajo realizado por Ruano y Hernández (2016, citado en Torres, 2018) denominado *Nanobox*, el cual se diseñó con el objetivo de mejorar de manera significativa la asimilación de conceptos de la física por parte de los estudiantes de grado once del Colegio Cristiano Semilla de Vida, ubicado en Bogotá. En este caso, se elaboró un material educativo para la enseñanza de los nanomateriales, que contenía guías de trabajo en las cuales se consolidaban elementos para poner en práctica los experimentos de los tres módulos propuestos: “Consecuencias de la escala nano”, “Propiedades eléctricas” y “Propiedades físicas de los nanomateriales”.

Aunque con el paso del tiempo han ido creciendo las iniciativas en la educación secundaria en los países más desarrollados, en Colombia aún son muy pocos los trabajos que han surgido y se espera que sean más las publicaciones, trabajos e iniciativas para que los docentes tengan mayores referentes para poderse guiar, orientar y preparar.

Para ello, algunos conceptos de nanociencia y nanotecnología también se pueden vincular desde la educación temprana.

Referentes en la educación primaria

La educación sobre nanotecnología debe ser gradual e introducirse en edades tempranas. Con este propósito, la mayoría de los países se están enfocando en cómo adaptar la nanociencia a los planes de estudios de sus escuelas y cómo adaptar la nanotecnología a sus clases de ciencias. Al introducir la nanotecnología en las escuelas, los investigadores, los directores de proyectos y los profesores se enfrentan a muchas preguntas: ¿qué tema elegir para enseñar sobre nanociencia? ¿Se puede integrar en el currículo escolar? En la mayoría de los países, la nanotecnología no es una materia, capítulo o tema obligatorio en el currículo de ningún nivel (como en Turquía), sin embargo, puede integrarse en los currículos de varias maneras, como lo concluyeron Kaya y Karataş (2016) en su artículo “Nanotecnología en el currículo: una revisión de la literatura”, en el que identificaron la educación en nanotecnología en las escuelas secundarias de diferentes países y la posibilidad de integrar la nanotecnología a su plan de estudios.

Dado que los docentes desempeñan un papel crucial para cualquier innovación educativa y los puntos de vista de los docentes y los estudiantes pueden contribuir al desarrollo de un currículo y materiales didácticos, consideramos que los desarrolladores de programas de capacitación y los responsables de políticas educativas deben tener en cuenta los hallazgos. En cuanto a la importancia educativa, estos indican que un contenido de las NST apropiado para las escuelas primarias debe incluir aplicaciones de aquella

que sean significativas para la vida de los estudiantes y que puedan correlacionarse con los conceptos que se incluyen en el plan de estudios. Además, el contenido propuesto podría incluir actividades para que los estudiantes se familiaricen con las profesiones relacionadas con la nanotecnología. Para concluir, este estudio piloto plantea la cuestión de si los profesores y estudiantes formados en nanotecnología ven las NST como un área de contenido importante que debería incluirse en el currículo escolar. Consiste en el primer intento de mapear las voces de los maestros y estudiantes de primaria nano-entrenados con respecto a la importancia educativa de las NST. Con todo, los participantes coinciden en la necesidad de incorporar estos contenidos en el currículo escolar de Ciencias. Sus justificaciones parecen estar en consonancia con las expresadas por los investigadores de la educación científica, los líderes de la industria y los responsables de las políticas educativas (Spyrtou *et al.*, 2021).

Nanoinventum: Creando el Nanofuturo desde Primaria es un blog que ofrece recursos educativos y retos como el de imaginar y construir un nanorrobot, mediante fichas didácticas y experimentación en el aula. Es un proyecto que pretende demostrar que es posible enseñar nanotecnología desde la educación primaria e inspirar a otros educadores y profesionales (Díaz y Baidal, s. f.)

Camacho *et al.* (2022) llevaron a cabo una estrategia de difusión de la nanotecnología a profesores de educación primaria en Costa Rica con el fin de socializar conceptos, aplicaciones y beneficios de la nanotecnología. Este proyecto contribuyó a fortalecer el conocimiento de los educadores sobre la nanotecnología y sus aplicaciones; además, se dieron a conocer proyectos de investigación nacionales e internacionales relativos a la nanotecnología. Lo anterior permitió que los educadores fueran capaces de transmitir los nuevos conocimientos a la población estudiantil y se convirtieran en multiplicadores del conocimiento.

En su trabajo "Retos nano-didácticos: una aproximación en básica primaria a los conceptos de nanociencia y nanotecnología", Aragón (2020) contribuye con el campo de la investigación educativa creando

una inmersión en la ciencia en edades tempranas de escolaridad con la introducción de nociones de nanociencia y nanotecnología dirigido a estudiantes de grado quinto de primaria del Colegio Distrital La Concepción, IED, en Bogotá, utilizando el enfoque pedagógico de aprendizaje basado en retos por ser una alternativa moderna que favorece la participación de los alumnos. La propuesta surgió como una respuesta a la falta de motivación que tienen los escolares en las clases de ciencias y con el propósito adicional de contribuir en la transformación del método tradicional de enseñanza en Colombia en educación básica primaria. Los resultados evidencian que con la aplicación de esta propuesta se mejoró la disposición de los estudiantes y se incrementó la valoración en el desempeño académico en el área de Ciencias, al pasar de un nivel bajo a uno básico, a partir del desarrollo en el aula de conceptos del mundo en la escala nanométrica.

Aplicaciones de la nanotecnología y su inmersión en el aula

En la figura 4 se observan las diferentes aplicaciones reales y las diferentes áreas o sectores que se pueden articular, según el Project on Emerging Nanotechnologies, el cual identificó los diversos productos basados en nanopartículas. En el 2014, el proyecto identificó más de quinientos productos de consumo basados en nanotecnologías. Según el informe del proyecto del 2017, el principal sector influenciado por los productos de consumo nanotecnológico es el de la salud y el deporte (ropa, complementos deportivos, cosméticos, cuidado personal, protección solar, etc.), con el 59 % de los productos, seguido por la electrónica y la informática, que supone el 14 % (audio y video, cámaras y películas, equipos informáticos, dispositivos móviles y comunicación) (Santos, 2022).

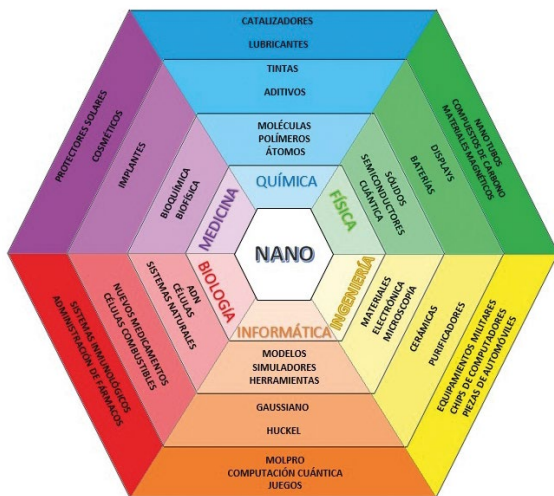


Figura 4. Aplicaciones de la nanotecnología

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en “¿Qué es la nanotecnología? Definición, historia, implicaciones y usos: cómo funciona la nanotecnología”, por Santos (2022). Nanova, <https://nanova.org/que-es-la-nanotecnologia/>

Al revisar algunas bases de datos, como *The Nanodatabase*, actualmente existen 5367 productos que contienen nanotecnología y pueden ser consultados en diferentes categorías, como automotor, accesorios, electrónica y computadores, alimentos y bebidas, productos para niños, salud y belleza, casa y jardín, entre otros. En esta base de datos también se pueden hacer consultas por año de fabricación a partir del 2012, por tipo de nanomaterial, país de origen, material de desecho, país de producción, fabricante, entre otra información actualizada que nos demuestra que la nanotecnología está impactando todos los sectores de la vida cotidiana.

En la base de datos de productos de nanotecnología (NPD),¹ a enero de 2025 se cuenta con 11172 productos, 3911 empresas y 68 países. como se puede verificar en su página oficial. También se

1. <https://product.statnano.com/>

puede realizar la consulta por diferentes sectores: electrónica, medicamentos, construcción, productos cosméticos, textil, automotor, ambiente, energías renovables, alimentos, electrodomésticos, petróleo, agricultura, impresión, deportes y otros.

Asimismo, se pueden analizar gráficas, como el número de productos en divisiones industriales por país. Se puede observar a los principales países que más invierten en producción de nanotecnología; Estados Unidos es el número uno, seguido por China y Alemania.

Estas bases de datos son un recurso importante que podría ser empleado en las asignaturas de Matemáticas o Ciencias Naturales. Con los datos obtenidos se pueden hacer análisis estadísticos, análisis de gráficas que permiten evidenciar el crecimiento de los productos con nanotecnología en el mercado. Esto muestra que estos estarán cada vez más inmersos en nuestra vida cotidiana, debido a sus grandes ventajas y utilidades.

En algunos países ya es posible conseguir productos, como por ejemplo un *spray* impermeabilizante para calzado (figura 5) que lo protege del agua, el polvo y otras manchas sin alterar el color ni la textura del calzado.

Estas aplicaciones son perfectas para demostrarles a los estudiantes la importancia de la ciencia en la vida cotidiana. Se les pueden mostrar otras aplicaciones llamativas, dependiendo de los intereses del docente y las necesidades de los estudiantes.



Figura 5. *Spray* impermeabilizante con nanotecnología

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023).

Las temáticas en nano pueden ser enseñadas por un docente que cuente con grandes recursos, materiales, equipos y laboratorios o por uno de una escuela rural, caso en el cual la imaginación, recursividad y lo que tenga en su entorno y a su alcance es lo más importante.

Es el discurso del docente, las analogías que pueda plantear, la manera en la que relaciona algo sencillo con algo complejo, la variabilidad de la información con la que cuenta y la versatilidad con la que crea materiales didácticos, con lo que siembra esa fascinación e inspiración por el área que enseña a sus estudiantes mediante la inclusión de temáticas de nanociencia y nanotecnología. Para esto, es importante analizar el contexto educativo en el que se encuentra el docente.

Análisis del contexto educativo

El docente no debe desconocer y dejar de lado su realidad y contexto educativo, ya que esta será su principal herramienta de trabajo para estimular el pensamiento crítico y científico en sus estudiantes. Analizar las problemáticas sociales y ambientales, los factores económicos, la ubicación geográfica, la cultura, las tradiciones, las costumbres, la religión y otros elementos le permitirán al docente realizar una caracterización del lugar y sus estudiantes para plantear situaciones problema, ejemplos, ejercicios y actividades que sean familiares o cercanas para ellos, de manera que los asimilen y comprendan mejor.

Los docentes deben estar en la capacidad de hacer una correcta transposición didáctica de los conceptos o contenidos que le interesa que sus estudiantes aprendan. Es por esto por lo que hacer un análisis del contexto educativo es el primer paso para que el docente tenga presente con qué herramientas o recursos educativos cuenta en su institución educativa o le sería fácil conseguir por su cuenta.

El campo de estudio de la nanociencia y la nanotecnología es tan amplio que puede ser estudiado desde diferentes ángulos, áreas o perspectivas. A continuación, se mencionarán algunos ejemplos de las temáticas en nanociencia y nanotecnología que se pueden vincular dependiendo del contexto y los recursos educativos a los que se tenga acceso.

La educación rural

Ser maestra(o) rural es un escenario ideal para convertir las debilidades en oportunidades. La labor docente rural pasa por ser luz en aquellos pueblos o comunidades que la vida ya apartada del resto margina al cercenar posibilidades, pueblos donde su atraso social, educativo y cultural es más marcado. Esta escuela no se circunscribe a las paredes del aula escolar ni al sacrificio personal: trasciende el espacio y, sin duda, procura brindar a todos los mecanismos necesarios para acceder a una mejor calidad de vida (Forester, 2011).

Si la institución educativa se encuentra en un área rural para un docente, podría parecer imposible llevar a un estudiante a pensar en algo que tenga nanotecnología y buscar algo que él pueda relacionar fácilmente en ese contexto. Por esta razón, los escenarios naturales podrían ser la mejor alternativa y opción de la cual se puede sacar provecho para que los estudiantes tengan un primer acercamiento que les permita explorar términos de nanociencia y nanotecnología.

Un ejemplo de ello podría ser llevar a los estudiantes a ecosistemas o lugares donde haya hojas de flores de loto; en la figura 6 se observa una ilustración de la reserva natural Flor de Loto, ubicada en Leticia, Amazonas, en Colombia.



Figura 6. Reserva natural Flor de Loto

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Experiencia Colombia. (s. f.). Reserva natural Flor de Loto. [http://www.experienciacolombia.com/directorio-turistico.php?Colombia=Leticia\(Amazonas\)&-Reserva-Natural-Flor-De-Loto&d=1036](http://www.experienciacolombia.com/directorio-turistico.php?Colombia=Leticia(Amazonas)&-Reserva-Natural-Flor-De-Loto&d=1036)

Una experiencia que se puede llevar a cabo es que los estudiantes recolecten diferentes tipos de hojas secas y armen un herbario donde puedan analizar la textura, el color, la forma, e identificarlas por sus nombres; luego, con ayuda de un gotero u otro sistema se observa si se forman las gotas de agua en las hojas recolectadas y se observa una hoja de una flor de loto para comparar lo que ocurre con las gotas de agua en este tipo de hojas. Pregúntenles a los estudiantes: *¿por qué creen que ocurre esto con la hoja de la flor de loto?*

Creen un ambiente de debate y participación entre el grupo de estudiantes e inmediatamente será el momento propicio para hablarles de nanotecnología en la naturaleza. El loto es una planta acuática de origen asiático conocida por el comportamiento superhidrofóbico de sus hojas. *¿Qué significa superhidrofóbico?* Que no se mojan, ya que repelen el agua.

Cuando las gotas de lluvia tocan la superficie de la hoja mantienen su forma esférica, esto les permite a su vez rodar libremente dejando la hoja seca. Pero este fenómeno tiene otras ventajas: al resbalar, las gotas de agua arrastran la suciedad que se encuentra sobre la hoja, así la dejan limpia y seca a la vez. Este efecto de auto-limpieza se denomina *efecto loto* (en inglés *lotus effect*) en alusión a

esta planta, aunque puede encontrarse en otras especies de plantas, aves e insectos (Atria Innovation, 2015).

Si observamos las hojas del loto al microscopio, veremos en su superficie una estructura muy característica de dos niveles: unas elevaciones redondeadas de tamaño microscópico y sobre ellas un segundo nivel formado por pequeños hilos de tamaño nanométrico. Además, esta estructura está recubierta por una fina capa cerosa que incrementa el efecto hidrofóbico. Esta doble estructura sustenta las gotas de agua que mantienen su forma esférica y el recubrimiento ceroso favorece el deslizamiento por la superficie sin llegar a mojarla. Es por tanto la combinación de un efecto físico y químico lo que permite afirmar que las hojas de loto son superhidrófobas (National Science Foundation, 2013).

Otra actividad que se puede llevar a cabo es programar una salida con el fin de realizar un avistamiento de aves u otras especies de animales e insectos. Formulen preguntas a sus estudiantes como: ¿de qué color son las plumas de las aves que observaron? ¿Qué destrezas o habilidades tienen estos animales? ¿Qué otras características les llama la atención de estos animales?

Solo en los últimos veinte años hemos comenzado a aprovechar las propiedades únicas de los materiales a nanoescala, mientras que la naturaleza ha estado utilizando la “tecnología” nano desde el principio de los tiempos para prevenir infecciones, repeler el agua, crear colores y escalar superficies verticales. Inspirándose en los avances de la naturaleza, los científicos e ingenieros están desarrollando aplicaciones biomiméticas para la nanotecnología en el mundo actual.

Otros ejemplos de nanotecnología en la naturaleza son los siguientes.

La mariposa morfo azul

Al igual que las coloridas burbujas de jabón, las alas de la mariposa morfo (figura 7) se ven de color azul brillante debido a la interferencia constructiva de las ondas de luz. Sus alas están formadas

por muchas capas de nanoestructuras con aire intercalado entre ellas, parecido al diseño de las escamas de pescado. Cuando la luz incide en estas capas equidistantes, los numerosos reflejos crean patrones de interferencia constructiva que hacen que nuestros ojos distingan colores muy intensos. Las diminutas estructuras también contribuyen a la selección de los colores que reflejan únicamente ciertas longitudes de onda. Dependiendo de la forma, el tamaño, el ángulo y el espacio entre las nanoestructuras, ciertos colores se cancelan o refuerzan selectivamente, lo que les da los colores azul y marrón a las alas (Dogangun, 2015).



Figura 7. Mariposa morfo azul

Fuente: diseñado por Freepik, https://www.freepik.es/foto-gratis/hermosa-mariposa-naturaleza_43700177.htm#query=morpho%20azul&position=11&from_view=search&track=ais

El gecko

Los geckos (figura 8) tienen la capacidad única de escalar superficies verticales con una fuerte sujeción de los dedos de las patas a la superficie junto con una extracción fácil y rápida. Pueden hacerlo gracias a las fuerzas de atracción de millones de pelos a nanoescala en los dedos, conocidos como *setas* y *espátulas*. Estos crean un “adhesivo de fricción” para otras superficies al aumentar el

área de la superficie del dedo, lo que significa que una mayor parte del dedo de la pata interactúa realmente con cualquier superficie dada (National Science Foundation, 2013).



Figura 8. Dedos de la pata de gecko

Fuente: diseñado por Wirestock en Freepik, https://www.freepik.es/foto-gratis/disparo-vertical-pared-comun-gecko-sobre-piedra-oscura_17542374.htm#query=dedos%20del%20pie%20del%20gecko&position=26&from_view=search&track=ais

Las aves

La coloración de las aves procede fundamentalmente de tres grupos de pigmentos: carotenoides, melaninas y porfirinas. Además de los pigmentos, hay otra vía por la que las aves colorean sus plumajes. Esos otros colores se producen como consecuencia de la presencia de unas nanoestructuras específicas en las barbas de las plumas, que modifican las propiedades de la luz incidente al refractarla o dispersarla.

Hay otro tipo de nanoestructuras, a modo de minúsculos sacos o bolsillos llenos de aire, que dispersan parte de la radiación incidente —en un efecto análogo al que se da en la atmósfera y que tiñe el cielo de azul—. Estas nanobolsitas son las responsables de los

plumajes que distinguen (y dan nombre) a aves como los azulejos. Una gama de colores que además se amplía cuando la presencia de estas nanoestructuras se combina con la de gránulos de melanina (Barral, 2018).

Existen varias especies de plantas, aves y otros animales que exhiben estas propiedades en sus alas, plumaje u otras partes del cuerpo, que puede presentarse a los estudiantes como ejemplos de nanotecnología en la naturaleza. En la figura 9 se observa el plumaje iridiscente del colibrí.

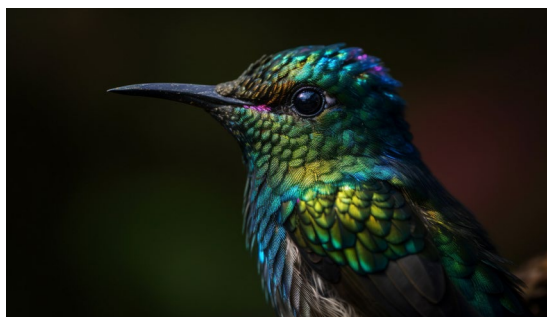


Figura 9. Plumaje iridiscente de un colibrí

Fuente: diseñado por Vecstock en Freepik, https://www.freepik.es/foto-gratis/colibri-multicolor-posado-rama-verde-generada-ia_47196357.htm#query=colibri&position=9&from_view=search&track=sph

La educación urbana

En las zonas urbanas también es posible encontrar diferentes ambientes de aprendizaje, jardines botánicos (figura 10) u otros lugares que permitirían abordar el tema nano en la naturaleza. No dude en programar una salida y enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes en estos espacios naturales llenos de magia, vida y color.

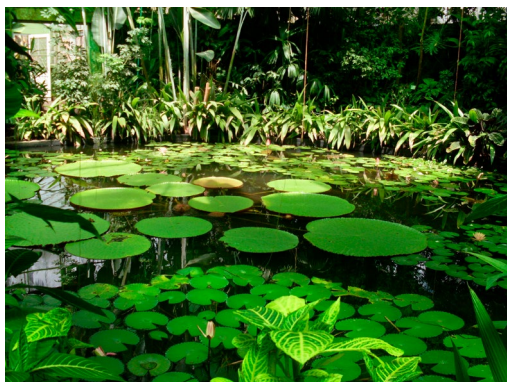


Figura 10. Flores de loto en Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Fuente: Lady Johana Torres Romero.

En las grandes ciudades es posible contar con otras oportunidades, a diferencia de las zonas rurales. Una de estas es visitar centros interactivos de la ciudad, centros de investigación o museos donde los estudiantes puedan manipular algún tipo de equipo, o donde puedan hacer un recorrido guiado y asistir a exposiciones permanentes o temporales relacionadas con el tema nano, o participar en talleres, capacitaciones u otros eventos de divulgación científica.

Varios países en América Latina están reformando y actualizando sus centros de interés. Este es el caso de Argentina, donde la Fundación Argentina de Nanotecnología tiene en Buenos Aires una iniciativa denominada *Nano por un día*, que ofrece a estudiantes y docentes de escuelas secundarias la posibilidad de participar en talleres de introducción a la nanotecnología, durante los cuales los participantes reciben una breve presentación sobre el tema para luego pasar a la etapa de experimentación (Fundación Argentina de Nanotecnología, 2023). En esta, guiados por un grupo de investigadores, sintetizan nanomateriales y realizan otras actividades relacionadas con la nanotecnología.

En el 2019 en las instalaciones de la Universidad de los Andes en Bogotá, se realizó la inauguración del Museo de Nanotecnología

(figura 11), el primero del país en su tipo. El museo, organizado por el profesor Johann F. Osma del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, es el resultado de seis años de recolección de piezas e información de los mayores avances en materia de nanotecnología de la universidad. Cuenta con una colección de treinta piezas permanentes y una colección temporal; está ubicado en el Laboratorio Sala Limpia, en el tercer piso del Edificio Mario Laserna (Universidad de los Andes, 2019).

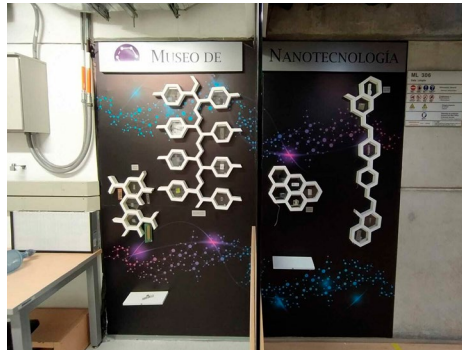


Figura 11. Museo de nanotecnología en la Universidad de los Andes

Fuente: fotografía propia.

Sería conveniente que estos espacios pudieran ser visitados por docentes, estudiantes y público en general para aproximar a la sociedad en general a comprender y enriquecer sus conocimientos en temas de nanociencia y nanotecnología.

Se espera que a corto, mediano y largo plazo, con ayuda de profesionales de diferentes sectores, docentes, investigadores, empresarios, industrias, entre otros, aúnen sus esfuerzos para crear otros espacios o escenarios interactivos de divulgación en nuestra ciudad y país.

En educación superior los grupos de investigación han ido aumentando en diferentes instituciones, por ejemplo los grupos Nuevos Materiales Nano y Supramoleculares, Superconductividad y Nanotecnología, Materiales Magnéticos y Nanoestructuras, y Materiales Nanoestructurados y sus Aplicaciones, de la Universidad

Nacional; el grupo Nanociencia y Nanotecnología del Instituto Geofísico, de la Pontificia Universidad Javeriana; el semillero Nanotox, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; el grupo Edudina de la Aceffyn; el Grupo de Investigación en Nanotecnología y Gestión Sostenible, de la Universidad de Pamplona; el semillero de investigación en Nanotecnología y el Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales, de la Pontificia Universidad Bolivariana; el Grupo de Bionanoelectrónica, de la Universidad del Valle; el Grupo de Investigación en Materiales Avanzados para Micro Nanotecnología (Imamnt), de la Universidad Autónoma de Occidente; el Centro de Microelectrónica, de la Universidad de los Andes (CMUA), y el grupo de Materiales Nanoestructurados y Biomodelación (Matbiom), de la Universidad de Medellín, solo por mencionar algunos.

Es importante revisar las páginas y redes sociales de estas instituciones y universidades, ya que allí se anuncian eventos como foros, charlas, exposiciones, entre otros, en los cuales los docentes pueden comenzar a adquirir conocimientos sobre estas temáticas. También en ferias o exposiciones de ciencias, como Expociencia. Diferentes universidades realizan ya experiencias educativas para estudiantes de secundaria y público en general en temas de nanotecnología.

La actitud de los estudiantes hacia las ciencias: una indagación necesaria y previa

Se hace necesario que cada docente reflexione sobre la visión de ciencia y tecnología que tiene y la visión de ciencia y tecnología que quiere enseñarles a sus estudiantes. No sin antes conocer cuál es la visión de ciencia y tecnología que ellos tienen actualmente.

Para indagar al respecto, es importante que los docentes implementen test, cuestionarios o pruebas tipo Likert de actitudes

relacionadas con la ciencia y la tecnología. Actualmente, existen varios tipos de instrumentos que han sido validados e implementados por educadores en diferentes instituciones académicas según los intereses del docente y el nivel académico del estudiante, entre otros parámetros que le permitirán buscar o adaptar alguno de estos a su contexto educativo. Estos pueden encontrarse en artículos de investigadores que se han enfocado en estudiar e indagar las actitudes de los estudiantes en las clases de ciencias.

Existen test cortos y largos, con diferentes tipos de opciones, pero es el docente quien debe seleccionar el que más crea conveniente. Otro parámetro para tener en cuenta es el número de estudiantes y el tiempo con el que cuenta para su implementación. Aunque por lo general los docentes tienen varios grupos a su cargo, si no es posible aplicar el test con todos, puede seleccionar alguno de ellos para realizar una prueba piloto. Lo más recomendable es implementar el test en la primera sesión de trabajo con los estudiantes, ya que ese primer momento y encuentro sin haber realizado una intervención académica con ellos es la oportunidad para conocer sus ideas previas sobre ciencia y tecnología.

Una vez que se aplica el test, se procede a su tabulación para indagar el nivel general del grupo; de esa manera, se sabrá si los estudiantes tienen una actitud favorable o desfavorable hacia las ciencias, lo cual determinará si el docente debe emplear otras estrategias o usar otros recursos educativos que le permitan mejorar esas actitudes con un estudiante o grupo en particular. Al culminar el año escolar, es recomendable volver a aplicar el test para determinar si con la implementación realizada se logró mantener o mejorar el nivel relacionado con las actitudes hacia la ciencia y la tecnología.

Este trabajo por lo general lo realizan docentes investigadores de sus propias prácticas o praxis educativas, una clase de docentes que han asumido el papel de analizar y reflexionar sobre su función como educadores. Esta, sin duda, debería ser una práctica que muchos docentes deberían asumir para empoderar su papel en el aula y mejorar sus procesos de enseñanza. Un docente investigador que se preocupa por su lugar en el aula marca la diferencia frente a

aquellos que no se han detenido a replantear y renovar su manera de enseñar. Se invita a los docentes a implementar este tipo de test y a reflexionar sobre su praxis educativa.

En la tabla 2 se observa un ejemplo de un cuestionario adaptado por Molina *et al.* (2013) a partir de uno desarrollado por Barmby *et al.* (2008), el cual consta de seis categorías de actitudes:

- Aprendizaje de la ciencia en la escuela: ítems 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- Trabajo práctico en ciencia: ítems 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.
- Ciencia fuera de la escuela: ítems 21, 22, 23, 24, 25 y 26.
- Importancia de la ciencia: ítems 32, 33, 34, 35, 36 y 37.
- Autoconcepto de ciencia: ítems 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- Futura participación en ciencia: ítems 27, 28, 29, 30, 31.
- Pertenencia a la institución educativa: ítems 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 y 45.

El cuestionario cuenta con cuarenta y cinco enunciados y afirmaciones y posee las siguientes opciones: TA = Totalmente de acuerdo; A = De acuerdo. I = No estoy seguro(a), indecisión; D = En desacuerdo; TD = Totalmente en desacuerdo.

Tabla 2. Cuestionario de actitudes hacia la ciencia

N.º	Enunciados	Opciones			
1	En las clases de ciencias aprendemos cosas interesantes.				
2	En casa, reviso mis apuntes tomados de las clases de ciencias.				
3	Las clases de ciencias son interesantes.				
4	Me gustaría tener más clases de ciencias en la semana.				
5	Me agrada más la clase de ciencias que otras asignaturas o materias.				
6	La ciencia es aburrida.				
7	La ciencia me parece difícil.				
8	Me creo bueno(a) en ciencias.				
9	Obtengo buenas notas en ciencias.				
10	Aprendo ciencias con rapidez.				

11	La ciencia es mi tema favorito.				
12	En mis clases de ciencias, comprendo todos los contenidos.				
13	El trabajo experimental en ciencias es emocionante.				
14	Me gusta el trabajo experimental en ciencias porque me genera expectativas y preguntas.				
15	El trabajo experimental en ciencias es agradable porque me permite trabajar en grupo.				
16	Cuando realizamos trabajo experimental en ciencias, me agrada porque puedo planearlo.				
17	Me gustaría tener más trabajo experimental en clases de ciencias.				
18	El trabajo experimental me facilita el aprendizaje de las ciencias.				
19	Espero con interés las siguientes actividades experimentales en ciencias.				
20	El trabajo experimental en ciencias es aburrido.				
21	Me gustaría pertenecer a un club de ciencias.				
22	Me agrada ver programas de ciencias en la tv.				
23	Me gustaría visitar museos científicos.				
24	Me gustaría realizar más actividades científicas fuera de la clase.				
25	Me gustaría leer libros y revistas de ciencias o de divulgación científica.				
26	Es emocionante e interesante aprender sobre los nuevos avances y descubrimientos en ciencias.				
27	Me gustaría estudiar más ciencias en el futuro.				
28	Me agradaría estudiar una carrera científica en la universidad.				
29	Me gustaría tener un empleo relacionado con las ciencias.				
30	Me agradaría volverme un profesor de ciencias.				
31	Me gustaría ser un científico.				
32	La ciencia y la tecnología son importantes para la sociedad.				
33	La ciencia y la tecnología hacen la vida más fácil y confortable.				
34	Los beneficios de las ciencias son más importantes que los efectos perjudiciales.				
35	La ciencia y la tecnología ayudan a aliviar la pobreza.				
36	Hay muchas cosas importantes que ocurren en ciencia y tecnología.				

37	El trabajo de los científicos es emocionante.				
38	Me agrada el ambiente escolar de mi colegio.				
39	Recomendaría a mis amigos estudiar en este colegio.				
40	Las actividades que realizamos en el colegio me parecen aburridas.				
41	Me siento parte de esta institución educativa.				
42	Del total de mi tiempo, deseo permanecer mucho en el colegio.				
43	Me llevo bien con mis profesores.				
44	Me siento feliz la mayor parte del tiempo cuando estoy en el colegio.				
45	Doy todo lo necesario para tener buen rendimiento en el colegio.				

Fuente: elaborado por la autora con base en Molina et al. (2013).

Una vez se han aplicado estas pruebas o cuestionarios en el aula, es posible dar el siguiente paso.

¿Cómo iniciar con la introducción de temáticas de nanociencia y nanotecnología en la educación secundaria, media y primaria?

Antes de enseñarles a los estudiantes sobre las sorprendentes aplicaciones y propiedades de la nanotecnología en la vida cotidiana, una de las temáticas con las que se podría iniciar si se está impartiendo la asignatura de Química es la de los productos tecnológicos y los materiales con los cuales están fabricados. Los productos tecnológicos se obtienen de materias primas de origen animal, vegetal y mineral. Entre los materiales más utilizados para fabricar estos productos se encuentran la madera, los textiles, los metálicos, los petricos, los cerámicos, los plásticos, y es ahí cuando se puede introducir el concepto de *nanomateriales* y lo que de estos se deriva (concepto, clasificación, tipos, etc.)

La definición de nanomaterial también varía según la reglamentación y el país; por ello, es pertinente hacer la siguiente consulta: *¿cuál es la definición de nanomaterial en tu país?*

Es importante empezar haciéndole las siguientes preguntas a los estudiantes: ¿cómo se imaginan los materiales del futuro? ¿Qué aplicaciones o propiedades les gustaría ver en un material? ¿Qué aplicaciones tecnológicas esperarían ver en el futuro?

Una vez se logre realizar una socialización y discusión del tema con los estudiantes, se pueden introducir lecturas, artículos, videos o noticias interesantes que puedan despertar en los estudiantes mayor curiosidad por el aprendizaje del tema.

De acuerdo con la publicación de Atria (2020), en la cual se da respuesta a la pregunta *¿cuáles son los materiales del futuro?*, se encuentran:

Metales transparentes. Estos materiales van a ser una verdadera revolución para el sector de la construcción; las ventanas de las aplicaciones que se abren en arquitectura con rascacielos completamente transparentes actúan como parte de la estructura.

Materiales biomiméticos. Se trata de materiales que imitan otros producidos por la naturaleza por sus geniales propiedades. Así, podemos encontrar desde baldosas autolimpiables basadas en la cáscara del caracol hasta tejidos basados en la hoja de loto por sus propiedades de repelencia al agua.

Materiales self-healing o autorreparables. Se trata de materiales capaces de repararse en caso de haber sufrido rayas o arañazos. Son muy útiles en aplicaciones como pinturas de coche, recubrimientos de mesas y cualquier otro uso estético que pueda sufrir de rayas.

Metamateriales. Se trata de materiales capaces de volverse invisibles al ser sometidos a una determinada longitud de onda (de forma muy simplificada). Estos tienen aplicaciones estéticas, en el sector militar (principales desarrolladores de esta tecnología) y funcionales.

Aerogel. Se trata de un material coloidal generado por el secado supercrítico de geles líquidos de distintos elementos, como sílice (el más común), alúmina, carbono, etc. Su propiedad principal es que es un aislante maravilloso, ya que en un 99,8 % es aire. Se trata de materiales con muy baja densidad, resistentes bajo compresión

pero muy frágiles, por lo que sus aplicaciones tienen que estar muy bien diseñadas.

Por su lado, en la publicación de Wisconsin Metal Tech (2019), además de algunos de los mencionados anteriormente, también se incluyen:

Grafeno. Este asombroso material tiene propiedades que parecen fantásticas. De hecho, el grafeno es simplemente un alótropo del carbono, una sola capa de átomos de carbono dispuestos en una matriz hexagonal. Sus aplicaciones potenciales son inmensas; actualmente hay más de 15 000 patentes para el material en todo el mundo. Sus propiedades hacen que sea quizás el material más útil de esta lista.

Seda de araña artificial. Se sabe desde hace mucho tiempo que la seda de araña tiene cualidades asombrosas, es cinco veces más fuerte que el acero del mismo peso. Debido a que es un material natural, había sido difícil sintetizarlo, hasta que una empresa japonesa, Spiber, desarrolló seda artificial hecha por bacterias alimentadas con azúcar, sal y otros micronutrientes.

Nanotubos de carbono. Los nanotubos son largas cadenas de carbono unidas con un vínculo más fuerte que el de un diamante. Las propiedades incluyen el transporte de electrones balísticos, haciéndolos ideales para todo tipo de productos electrónicos. También son inmensamente fuertes, de hecho, trescientas veces más fuertes que el acero.

Alúmina transparente. Es tres veces más resistente que el acero y, sin embargo, transparente. La composición del material no es solo aluminio, sino también oxígeno y nitrógeno en sus formas de polvo blanco. Luego, este polvo se fija en un molde y se somete a una presión extrema y un calor de 2000 grados durante varios días. Después, el resultado se pule para obtener un aspecto transparente. El nombre comercial de este producto es Alon; en la actualidad se usa en las industrias de vehículos blindados, óptica y vehículos de aguas profundas.

Sin duda, el tema de los materiales es ideal para iniciar con un acercamiento sobre los temas de nanociencia y nanotecnología en la educación secundaria y media. Por ejemplo, en la educación

primaria, para indagar sobre el tema de materiales es recomendable plantearles a los estudiantes situaciones que les generen duda, intriga para fomentar el pensamiento crítico y científico.

Vale la pena preguntarles: *¿es posible construir un edificio de plástico?* *¿Es posible construir un edificio de hielo?* Una vez se genere un ambiente de participación y debate entre los estudiantes, el docente puede intervenir presentándoles noticias sobre proyectos de alta ingeniería, como el Proyecto EcoARK-Taiwán (figura 12), una megaestructura construida con 1,5 millones de botellas de plástico PET recicladas buscando crear conciencia sobre la importancia del reciclaje. Con tres pisos de altura, el EcoARK cuenta con un anfiteatro, una sala de exposiciones y una pantalla de agua recogida durante los periodos de lluvia, para el enfriamiento del interior.

Los diseñadores promocionan el edificio como “el más ligero del mundo, móvil y respirable” e insisten en que es lo suficientemente fuerte como para soportar tifones y terremotos. La estructura de 130 m de largo es totalmente desarmable y puede ser desmontado y vuelto a montar en otro lugar, algo así como un edificio gigante de LEGO (Franco, 2013).

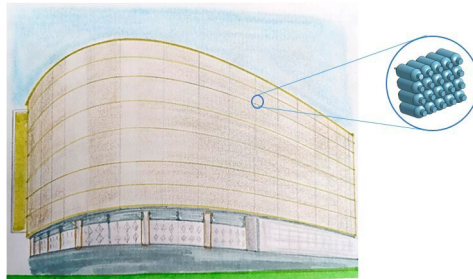


Figura 12. Proyecto EcoARKTaiwán

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez con base en Amazing building made from 1,5 million plastic bottles withstands fires and earthquakes, por L. Wang (2017), <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/>

También puede hablarles sobre hoteles de hielo en Suecia o el IceHotel 365, una experiencia que ofrecerá la aventura de pasar una noche en el hotel de hielo más famoso del mundo durante todo el año. Consta de 2100 m², tiene 20 habitaciones, un bar de hielo y una galería de arte hecha de hielo a partir de la nieve y los diseños de artistas seleccionados provenientes de todo el planeta. En el IceHotel 365 todas las paredes, suelos y techos están cubiertos de nieve y hielo y la temperatura en el interior del edificio ronda los -5 °C durante los 365 días del año.

La planta refrigeradora que hace que el hotel permanezca a temperaturas bajo cero durante los meses de verano obtiene su energía de paneles solares. Esto es factible ya que Jukkasjärvi está situado a 200 km al norte del círculo polar ártico, por lo cual en verano tiene luz por más de cien días seguidos.

Puede mostrar a los estudiantes otros ejemplos sobre la aplicación de materiales en obras artísticas o arquitectónicas o en la vida cotidiana, como el puente de vidrio del parque nacional de Zhangjiajie en China (reconocido porque allí se grabaron escenas de la película *Avatar*), las esculturas de arcilla en la bajada del cerro de Cristo Rey en Cali, Colombia, o la importancia del alambre en accesorios, objetos del hogar, empleado en ortodoncia y esculturas. También puede buscar otros ejemplos de obras arquitectónicas de su ciudad o de otro lugar del mundo que resulten llamativos para los estudiantes.

Otras posibilidades no solo para los docentes de Química, sino de cualquier otra asignatura, en particular antes de iniciar, es buscar una película que pueda combinar elementos de ciencia ficción con elementos de la realidad. Películas con gran impacto científico y tecnológico en las que se resalte el poder de la ciencia o que empleen tramas relacionadas con robots, inteligencia artificial o, incluso, mencionen términos relacionados con el mundo nano, las cuales son fáciles de encontrar puesto que ya han sido llevadas a la pantalla grande.

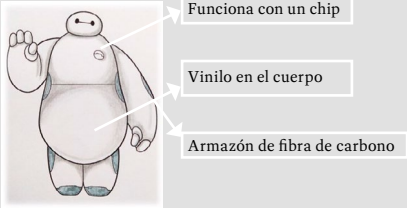
Algunas películas sugeridas son *Matrix*, *Terminator*, *Robocop*, *Her*, *Wall-E*, *David*, *Transformers*, *Gigantes de acero*, *Titanes del Pacífico*, *Andrew*, *Star Wars*, *Nexus 6*, *Avatar*, *Guardianes de la galaxia*, *El aprendiz del brujo*, *A.X.L.*, *Los vengadores: la era de Ultrón*, *Transcender*, *Paranoia 1.0*, *El viaje fantástico*. Con estas, y otras del mismo tipo, se puede llegar a los estudiantes y sumergirlos en este campo fascinante de la ciencia, la tecnología y la nanotecnología.

Emplear una película requiere de un trabajo previo por parte del docente, quien debe saber y conocer muy bien la película que va a seleccionar, ya que no solo se trata de que el estudiante la vea, sino de hacer una intervención intencionada mediante unas preguntas orientadoras que permitan guiar y marcar las pautas para una posterior socialización y retroalimentación de estas. De esta manera se crean espacios de participación y apropiación de la temática por parte de los estudiantes, en mesa redonda o mesas de trabajo, o se proponen otras maneras de abordar las temáticas, como la elaboración de maquetas, disfraces, representaciones artísticas, etc.

Antes de realizar una socialización en el aula es importante que de manera individual el estudiante indague sobre el tema. Una alternativa puede ser darles las preguntas antes de ver la película, ya que esto le permite conocer de antemano a cuáles momentos o sucesos debe prestar suma atención o debe examinar detenidamente. Al escoger la película es importante también tener claro su finalidad o contenido.

Un ejemplo de cómo emplear una película para aproximar a los estudiantes a estos conocimientos se observa en la tabla 3, con la película *Grandes héroes*. Se han formulado preguntas orientadoras a partir de las cuales se espera que el estudiante analice diferentes materiales con los que está fabricado el robot, examine la tecnología empleada, identifique los lugares donde se desarrollan estos prototipos y otras preguntas que le permitan relacionar y analizar situaciones de la película con la realidad.

Tabla 3. Preguntas orientadoras de la película *Grandes héroes*

Película: <i>Grandes héroes</i>	
Género:	Animación, drama, aventuras
Preguntas orientadoras	
<p>• ¿Quién es Beymax? ¿De qué está fabricado? ¿Cómo funciona?</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Enfermero robot • Se hizo para salvar vidas • Se desactiva cuando las personas le dicen que están satisfechas con el cuidado 	
<p>Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en la película.</p>	
Otras preguntas orientadoras	
<ul style="list-style-type: none"> • Mencione y describa los personajes de la película y cuál era la especialidad de cada uno. • ¿Para qué les sirvió a los personajes lo que cada uno estudiaba? • ¿Qué hizo Hiro para derrotar al villano de la máscara y qué poder le dio a cada uno de los demás personajes? • ¿A qué se refiere la expresión "Usen sus mentes brillantes para encontrar la solución al problema"? Busquen otro ángulo. • Mencione algunos ejemplos de cómo la ciencia y la tecnología han mejorado las condiciones y la calidad de vida en la actualidad. • ¿Qué se observaba en los laboratorios de la universidad? • Si en la película los avances científicos tuvieron como fin derribar a un villano, en la vida real, ¿cómo intervienen dichos avances en nuestro diario vivir? • ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas de diseñar un robot? ¿Cómo se han implementado estos en la realidad? • Mencione tres materiales o técnicas que se hayan mencionado en la película y describa cómo se implementaron. Consulte sobre otras aplicaciones de estos materiales. 	

Fuente: elaboración propia.

En las películas *Grandes héroes*, *Proyecto Jensen* y *Yo, robot* (figura 13), solo por sugerir algunas, mencionan el término *nanobots*. Se trata de robots nanoscópicos o, lo que es lo mismo, del tamaño aproximado de un átomo. El estudio de los nanobots se encuentra dentro de la ciencia de la nanorrobótica o nanotecnología y también se pueden llamar *nanobots*, *nanoides*, *nanites*, *nanoagentes*, *nanorrobots* o *nanomáquinas* (Areatecnología, s. f.)



Figura 13. Imagen de la película *Yo, robot*

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en la película.

En la actualidad, los nanobots se pueden utilizar para viajar al interior del cuerpo humano para combatir algunas enfermedades o reparar órganos, pero también pueden realizar otras funciones como limpiar el medio ambiente, detectar plagas o limpiar un derrame de petróleo. Aunque es un campo en el que queda mucho camino por recorrer, la utilización de nanobots para la cura de enfermedades, y en concreto del cáncer, hace que sea uno de los campos más esperanzadores para la medicina del futuro (Arias, 2019).

Otra película recomendada es *Bloodshot*, en la que se utiliza el término *nanitos*. Gracias al increíble trabajo de Project Rising Spirit (PRS), un programa diseñado para crear al soldado perfecto con la nanotecnología, pudieron dotar a Ray Garrison de enormes poderes, entre los que se destaca el de regenerar cualquier daño a su cuerpo, convirtiéndolo en un guerrero indestructible (Arrieta, 2020).

Otro ejemplo del uso de nanotecnología se destaca en las películas *Avengers Infinity War* y *Avengers Endgame*, en las cuales el traje de Iron Man (figura 14) se basó en una unidad de alojamiento desmontable de nanopartículas que podían desplegarse.



Figura 14. Traje de Iron Man

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en Marvel Cinematic Universe Wiki (s. f.).

Las películas son una de las mejores alternativas para atraer la atención de los estudiantes y empezar a incluir conceptos nano en el aula. Busque y seleccione la película de su preferencia e inicie este maravilloso camino de divulgación y enseñanza de la nanotecnología.

Recursos educativos didácticos

Para Vargas (2017), las funciones que tienen los recursos didácticos deben tomar en cuenta el grupo al que van dirigidos, con la finalidad de que ese recurso realmente sea útil. Entre las funciones que tienen los recursos didácticos se encuentran: proporcionar información, cumplir un objetivo, guiar el proceso de enseñanza y aprendizaje, contextualizar a los estudiantes, factibilizar la comunicación entre docentes y estudiantes, acercar las ideas a los sentidos y motivar a los estudiantes.

De acuerdo con Moya (2010, citado en Vargas, 2017), los recursos didácticos se clasifican en:

Textos impresos

- manual o libro de estudio
- libros de consulta y/o lectura
- biblioteca de aula y/o departamento
- cuaderno de ejercicios
- impresos varios
- material específico: prensa, revistas, anuarios

Material audiovisual

- proyectables
- videos, películas, audios

Tableros didácticos

- Pizarra tradicional

Nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC)

- *software* adecuado
- programas informáticos (DVD, CD, *pendrive* o en línea) educativos: videojuegos, lenguajes de autor, actividades


de aprendizaje, presentaciones multimedia, enciclopedias, animaciones, simulaciones interactivas y otras

- medios interactivos
- multimedia e internet
- TV y video interactivos
- servicios telemáticos: páginas web, weblogs, webquest, correo electrónico, chats, foros, unidades didácticas
- entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje. Plataformas educativas, campus virtual, aula virtual, *e-learning*.

En la tabla 4 se encuentran los nombres de algunos programas que se sugieren para que los docentes puedan explorar y acceder a diferentes recursos y material de apoyo sobre enseñanza de la nanotecnología para renovar sus clases de ciencias.

Tabla 4. Recursos educativos en enseñanza de la nanociencia y nanotecnología

Programa	Recursos
	Ofrece noticias, base de datos, catálogo nano, información interesante sobre tecnología inteligente, videos, aspectos teóricos sobre la introducción a la nanociencia y nanotecnología, entre otros recursos interesantes.
Página	https://www.nanowerk.com/
	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 es posible, en otros idiomas.
Páginas	https://www.scienceinschool.org/ https://www.scienceinschool.org/es/article/2012/nano-2-es/
	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.
Página	https://www.nsf.gov/news/classroom/nano.jsp

	<p>Proporciona una base de datos de recursos de nano educación que enumera los recursos educativos de ciencia e ingeniería a nanoescala por área temática, nivel de grado, disciplina principal, área de contenido STEM y tipo de recurso.</p> <p>Es una de las páginas más completas, ya que lleva a diversos enlaces de programas en educación en nanotecnología a escala internacional, entre las cuales se encuentran iniciativas y programas como:</p> <p>Instituto de Nanosistemas de California, Fundación CK-12. Libélularv, Instituto de Educación Química, McRel Nanoleap, Molecularium, módulos de MWM Materials World, Nano-link, Nano4me, Nanooze, NanoSense, NanoYou, Nanozona, Centro de Educación Tecnológica Avanzada del Noreste (Neatec), Red NISE, NNIN Educación en Nanotecnología, grupo de Educación a Nanoescala de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, Centro de Aprendizaje NSTA, Omni Nano, TryNano, Universidad de Wisconsin MRSEC, laboratorio virtual: página de inicio de la clase de nanociencia.</p>
<p>Página</p>	<p>https://nanohub.org/</p>

Fuente: elaboración propia.

Otros programas e iniciativas que han surgido para llevar a cabo estrategias de enseñanza, divulgación y formación en diferentes niveles educativos y público en general son NanoDays, Nano Educa, Nano Aventura, Exploring the Nano World, NanoTruck, Nanoweek, Nano in my Life, NanOpinion, NanoDYF, NanoYou (figura 15).



Figura 15. Estrategias nacionales e internacionales de divulgación en nanociencia y nanotecnología

Fuente: Torres (2018).

Se sugiere visitar estas páginas para una mayor apropiación y entendimiento de los temas y con el fin de adquirir mayores recursos educativos para implementar en las aulas de educación básica primaria, secundaria y media.

A continuación, se presentarán algunas estrategias didácticas que pueden ser implementadas según los recursos, materiales, preferencias o facilidades a las que tengan acceso los docentes.

Uso de las TIC

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ejercen actualmente una influencia cada vez mayor en la educación científica, tanto en la enseñanza secundaria como en la universitaria, no solo en lo que respecta a la mejora del aprendizaje de la ciencia por parte de los alumnos de tales niveles, sino que también desempeñan un papel creciente en la formación inicial y permanente del profesorado (Pontes, 2005).

Pontes divide los recursos informáticos que pueden emplear los docentes en dos categorías (tabla 5): aplicaciones de propósito general y aplicaciones de carácter específico.

Tabla 5. Recursos informáticos que pueden utilizar los docentes de ciencias

Aplicaciones de propósito general	Aplicaciones de carácter específico
Procesadores de texto	Programas de ejercitación y autoevaluación
Bases de datos	Tutoriales interactivos
Hojas de cálculo	Enciclopedias multimedia
Diseño de presentaciones	Simulaciones y laboratorios virtuales
Entornos de diseño gráfico	Laboratorio asistido por ordenador
Navegadores de internet	Tutores inteligentes
Gestores de correo electrónico	Sistemas adaptativos multimedia
Diseño de páginas web	Sistemas de autor

Fuente: elaboración propia con base en Pontes (2005).

Se denominan *programas de propósito general* aquellas aplicaciones informáticas que pueden ser útiles para todo tipo de usuarios de ordenador (Pontes, 1999), entre las que actualmente destacan las llamadas *herramientas de ofimática*, tales como procesadores de texto (Word, Word Perfect...), bases de datos (DBase, Acces...), hojas de cálculo (Excel...), presentaciones (Harvard Graphics, PowerPoint...), entornos de diseño gráfico (Paint, Corel Draw, Autocad...) y otro tipo de herramientas, como los navegadores de internet (Explorer, Netscape...), gestores de correo electrónico (Outlook Express...) y recursos para la edición y diseño de páginas web (FrontPage...) (Pontes, 2005).

Con relación a estas aplicaciones de propósito general hay que señalar que, aunque no necesariamente tienen un carácter educativo, es sumamente conveniente que los docentes de todos los niveles tengan un conocimiento adecuado de estas, de manera que puedan utilizarlas en diversas actividades relacionadas con la enseñanza.

También es bastante recomendable para el profesorado aprender a elaborar y utilizar en clase presentaciones didácticas por ordenador o bien colecciones de diapositivas y transparencias, usando una herramienta bastante generalizada y sencilla de implementar como PowerPoint, aunque hoy en día se pueden elaborar con herramientas en línea, como Genially, Canva, Prezi, etc., para crear todo tipo de contenidos visuales e interactivos de manera fácil y rápida. Por último, no podemos olvidar la gran importancia desde el punto de vista cultural y educativo de saber manejar un navegador para buscar información de todo tipo en internet o el manejo del correo electrónico para comunicarse entre profesores y alumnos. Por tanto, los citados recursos deberían formar parte de la formación mínima que todo profesor debería adquirir con relación al uso de las TIC en la enseñanza. Los otros tipos de programas de propósito general (como bases de datos, hojas de cálculo, diseño de gráficos y de páginas web), aunque pueden tener un uso más restringido y específico que los anteriores, también pueden ser útiles en la docencia y, por tanto, debería favorecerse su conocimiento entre el profesorado (Pontes, 2005).

Algunos docentes han optado por implementar en sus clases herramientas tecnológicas como las de la realidad virtual y la realidad aumentada, ya que estas crean ambientes que cautivan más el interés de sus estudiantes, lo cual facilitan el aprendizaje a través del juego y experiencias divertidas y entretenidas.

La realidad virtual (RV) es un entorno digital, creado a través de la tecnología, para simular la realidad. Las escenas, objetos o figuras que componen estos escenarios de realidad virtual parecen reales y el usuario disfruta de una experiencia inmersiva. Para crear ese entorno virtual se necesita un dispositivo tecnológico, normalmente unas gafas de realidad virtual, pero también se integran otros dispositivos, como guantes o trajes para mejorar la experiencia y la interacción con el escenario. Este tipo de tecnología tiene diversos usos recreativos, desde el arte hasta la educación y entrenamiento en múltiples ámbitos. Un ejemplo es el adiestramiento mediante simulación de los pilotos de avión profesionales, aunque uno de sus usos más populares está en el ocio recreativo y el universo de los videojuegos (UNIR, 2020).

Por su parte, la *realidad aumentada (RA)* combina el entorno real con una capa de elementos visuales adicional gracias a la cámara de un dispositivo electrónico, como un *smartphone* o una tableta. A diferencia de la *RV*, no trata de sustituir el escenario físico con uno digital diseñado por un equipo, sino que busca añadir información a la realidad que el usuario está viviendo en un momento concreto. Esta nueva capa de información puede ser de texto e imágenes, videos, animaciones, elementos 3D, audios, etc. Y se puede acceder a ella apuntando con la cámara del dispositivo a un punto concreto del plano real o superpuesto, como si se tratara de una interfaz (UNIR, 2020).

Un ejemplo de esto es la manera como se está llevando la realidad virtual a las aulas de clase, debido a que en España hay empresas que buscan cambiar más drásticamente el modo en el que los maestros utilizan la tecnología en clase animando las lecciones tradicionales con realidad virtual y realidad aumentada, provocando

entornos interactivos en los que se combinan contenidos en 3D, videos, efectos de sonido, notas y presentaciones de PowerPoint.

Este tipo de estrategias se suele usar en ferias de ciencia o eventos de divulgación científica. Si usted o su institución cuentan con los equipos y demás requerimientos necesarios para implementar estas estrategias didácticas, no dude en ponerlas en práctica.

Es probable que en muchas instituciones educativas de primaria y secundaria no se cuente con microscopios o equipos sofisticados para realizar análisis y caracterización de muestras. Sin embargo, apoyándonos en las TIC es posible acercar a los estudiantes al tema de la microscopía, el cual se aborda por lo general en la asignatura de Biología, pero también puede ser empleado en clases de Física y Química para enseñar sus propiedades, entre otras temáticas que podrían articularse.

Existen diferentes páginas en las que se pueden realizar simulaciones, analizar variables y cambiar parámetros recreando el uso del microscopio, por ejemplo, en la página MyScope Explore.¹

Se puede enseñar cómo funciona un microscopio electrónico de barrido (SEM), sus partes y realizar análisis de diferentes muestras, tales como bacterias, manta de lana, probóscide de la polilla, pelo de elefante, hoja de loto, polen de trébol, huevo de mariposa, escamas de pez plateado, vientre de insecto y cristales de azúcar. En el simulador se pueden cambiar parámetros como voltaje de aceleración, tamaño del punto, distancia de altura Z, brillo, contraste, enfoque y aumento.

Otros recursos interesantes se encuentran en el blog de Hernández (2012), en el que se recopilan varios microscopios virtuales con los cuales se pueden realizar varias prácticas.

Microscopio virtual de Genmagic. Se pueden conocer las partes de un microscopio, relacionarlas, construirlo y realizar cuatro pequeñas simulaciones.

1. <https://myscope-explore.org/index.html>

Microscopio virtual. En él se puede encontrar la historia de los microscopios, sus componentes (si haces clic en cada uno se abre información sobre este) e imágenes (frotis sanguíneos teñidos, parásitos, bacterias, hongos microscópicos y sedimento de orina).

Histología médica y microscopía virtual. Aquí es posible encontrar muchas imágenes microscópicas que se pueden descargar o ver en línea a través de WebScope 5, página en la que se trabaja con la imagen (acercar/alejar, seleccionar, señalar).

Microscopía electrónica de barrido en asociación con el galardonado microscopista electrónico Dennis Kunkel para producir una exploración virtual de microscopía electrónica (VSEM). Los visitantes pueden ajustar el enfoque, el contraste y la ampliación de las criaturas microscópicas para verlas en miles de veces su tamaño real.

Existen varias páginas en las que se pueden extraer imágenes vistas en diferentes microscopios *Friki.net* (2011), *Cadena Ser* (2019), *El Confidencial* (2014), solo por mencionar algunas de estas con las cuales se puede crear una galería en el aula y convertir el aula de clase en un museo donde los estudiantes podrían identificar en qué tipo de microscopio se examinaron las imágenes, escala de medición, tipo de muestra analizada, entre otras características de interés particular del docente a analizar.

Con dichas imágenes también sería posible estudiar sobre la historia y evolución del microscopio, un tema que es importante socializar en las clases de ciencias no solo según los diferentes inventores a lo largo de la historia o a partir de los cambios que han sufrido en su diseño, composición y funcionamiento, sino que podría realizarse una línea del tiempo con las imágenes vistas desde los diferentes microscopios, reflexionando sobre la resolución, la escala, el tipo de muestras que es posible visualizar y analizar en cada tipo de microscopio, hasta llegar a los microscopios actuales y modernos que permiten analizar y caracterizar muestras en la escala nanométrica.

Finalmente, una propuesta interesante en la que se emplearon técnicas de holografía y realidad virtual fue puesta en práctica entre los años 2015 y 2017 por Ribeiro *et al.* (2018), en la cual se

aprovecharon siete eventos científicos, como tres semanas de la nanociencia y la nanotecnología, dos semanas nacionales de la ciencia y la tecnología y dos conferencias de divulgación organizadas en el Instituto Federal de São Paulo (IFSP), campus de Birigui, el cual cuenta con laboratorios sofisticados para el estudio de estas técnicas. Asimismo, se promovió la visita de las escuelas y la comunidad a este campus y se llevaron a cabo ferias y otras actividades en diferentes escuelas públicas de la región.

En total, las actividades se realizaron con 1500 estudiantes que representaron nanoestructuras mediante técnicas de realidad virtual y holografía. Los participantes pudieron manipular moléculas en 3D con gafas de realidad virtual, visualizaron imágenes y videos 3D, crearon moléculas mediante el *software* Pymol y VMD y crearon videos de moléculas. Durante el desarrollo de las actividades se observó un gran interés de los estudiantes y del público en general. Se concluye que estas estrategias pueden ser óptimas para la aproximación y el aprendizaje de nanoconceptos, y en especial para la concepción y el reconocimiento de las estructuras tridimensionales.

Trabajos prácticos de laboratorio

La práctica en el laboratorio toma diferentes nombres sin necesidad de cambiar su concepción. Estos significados dependen del contexto en el cual se esté inmerso, como se observa al llamarlas *trabajo de laboratorio* (término usado en América del Norte), *trabajo práctico* (usado en Europa, Australia y Asia), *prácticas de laboratorio*, *prácticas experimentales* (utilizados en centros de enseñanza en Cuba y América Latina), términos utilizados en el contexto por desarrollar; sin embargo, se debe tener en cuenta que al referirse al laboratorio no se habla únicamente de un espacio físico, ya que, según lo plantea Marín (2008), la gran mayoría de los docentes se limitan a pensar en la realización de actividades experimentales a la existencia de un lugar físico establecido y a los materiales, instrumentos y reactivos que se ubican en ese lugar, lo cual refleja una visión reduccionista del trabajo práctico que asocia prioritariamente la

actividad experimental a espacios materialmente físicos con una ubicación claramente definida en sus instituciones y que ha actuado como obstáculo en la renovación de otros aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Espinoza *et al.*, 2016).

Existen diferentes clasificaciones del trabajo práctico de laboratorio. En esta guía se tendrá en cuenta la clasificación realizada por Leite y Figueroa (2004, citado en Chacón, 2015), ya que varias de las categorías que se mencionan hacen parte de la oferta didáctica que brinda este libro.

Los trabajos prácticos, cuyo objetivo es diferenciar entre trabajo práctico realizado por el estudiante manipulando recursos y materiales diversos, no necesariamente experimental, el trabajo realizado en el laboratorio o con instrumentos y equipos específicos de laboratorio y el trabajo experimental que implica la manipulación de variables, sea en forma de una experiencia guiada o como investigación, consideran seis tipos de actividades como aprendizajes de conocimiento:

- Los ejercicios que tienen por objetivo primordial el aprendizaje de conocimiento procedimental, es decir que propician el aprendizaje de técnicas de laboratorio y el desarrollo de destrezas procedimentales.
- Las actividades orientadas a la familiarización con fenómenos, que se centran en el aprendizaje o refuerzo de conocimientos conceptuales.
- Las actividades ilustrativas, que confirman de manera estructurada que el conocimiento previamente presentado al estudiante es verdadero, caso de los trabajos prácticos tipo “receta”.
- Las actividades orientadas para comprobar qué sucede, que conducen a la construcción de nuevos conocimientos a partir de la implementación de una actividad descrita de forma detallada y un protocolo que lleva a los estudiantes a la obtención de resultados inicialmente desconocidos.
- Actividades del tipo predecir-observar-explicar-reflexionar, que promueven la reconstrucción de conocimientos

de los estudiantes, comenzando por confrontarlos a una pregunta o situación problema que les permite tomar conciencia de sus ideas previas, las cuales, después, son confrontadas con los datos empíricos obtenidos.

- Investigaciones que conducen a la construcción de nuevos conocimientos conceptuales en el contexto de la resolución de un problema.

Sin embargo, como ya mencioné, al referirnos al trabajo práctico no hay que limitarlo a un espacio en específico, como el laboratorio, y un claro ejemplo de ello es que este puede ser llevado a las aulas fácilmente. Una prueba de esto es la manera como los docentes de los países más desarrollados tienen la posibilidad de acceder a nanokits, una caja o maletín que contiene varios elementos que le permiten realizar ejercicios prácticos, demostrando las sorprendentes aplicaciones de la nanotecnología, por ejemplo, materiales más resistentes al rayado (como la madera) o al agua en diferentes tipos de textiles, vidrios conductores, materiales inteligentes, entre otros.

En la figura 16 se puede observar el nanokit Nanoschoolbox, un maletín creado por la empresa alemana Advanced Materials Science. También se puede destacar el nanokit NanoEduca, creado por la iniciativa NanoEduca en España.

En los países menos desarrollados, muy pocos docentes tienen acceso a estos kits debido a su costo o a que sus instituciones no han querido invertir en este tipo de recursos didácticos.



Figura 16. Nanokit Nanoschoolbox 2.0

Fuente: fotografía propia.

Contar con este kit sería ideal, ya que permite realizar prácticas demostrativas en las que los estudiantes realmente pueden observar las aplicaciones y ventajas de los materiales a escala nano con pequeñas demostraciones. No obstante, el no contar con este no es un obstáculo para crear sus propios materiales didácticos y armar su propio kit.

Si en su institución cuenta con materiales de laboratorio, reactivos y otros equipos, puede implementar diferentes prácticas experimentales, desde la síntesis de nanopartículas de plata, en la que se necesitará material de vidrio como tubos de ensayo, erlenmeyer, vasos de precipitado, vidrio de reloj, matraces aforados, pipetas, probetas, algunos equipos como balanza, plancha de calentamiento y otros materiales como gradilla, gotero, imanes, láser, etc., hasta la creación de ferrofluidos caseros, entre otras prácticas caseras.

Un recurso indispensable en que se pueden encontrar trabajos prácticos de laboratorio es la *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria* (figura 17), un material de acceso libre y que puede ser descargado.²



Figura 17. Carátula de la *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria*

Fuente: Serena *et al.* (2014).

2. http://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf.

Allí se recopilan diferentes experimentos y actividades que los docentes pueden desarrollar si cuentan con los materiales correspondientes. Si no tienen acceso a este tipo de espacios físicos y materiales, existen otras opciones y posibilidades para experimentar con los estudiantes. En la enseñanza de la nanotecnología, otra pieza fundamental tiene que ver con enseñar a los estudiantes a pensar e imaginar cosas, pero sobre todo a relacionarlas con su contexto inmediato. Para lograr esto emplear analogías es otro recurso que puede resultar muy útil.

Analogías o modelos didácticos analógicos

Las analogías son comparaciones entre dos temas: uno nuevo, al que muchos autores denominan *blanco*, y otro conocido al que muchos autores denominan *tópico*. Por lo general, en clase de Ciencias se utilizan como herramientas del lenguaje para acercar a los estudiantes del conocimiento tradicional al conocimiento científico, pero al no ser intencionadas dejan en el estudiante el ejemplo y no el fondo de la analogía como una construcción lingüística estructurada que ofrece la posibilidad de establecer parámetros de comparación entre los alcances, los límites y su uso. En este sentido,

[...] trabajar con analogías implica, de alguna forma, una labor semejante al uso y construcción de modelos, por lo que implica de tarea la búsqueda de conexiones entre objetos, atributos y relaciones entre ellos. Implica, por tanto, una cierta sistematicidad de pensamiento, un argumentar razones a favor y en contra como hemos visto, y con ello también una forma diferente de ver el mundo, orientada desde criterios lógicos que van más allá del pensamiento implícito de sentido común. (Oliva, 2004, p. 378)

Diferentes autores hablan sobre el uso de las analogías en el aula de clase, entre ellos Galagovsky y Adúriz Bravo (2001) y Greco (2004), que utilizan el llamado *modelo didáctico analógico* (MDA) para

acercar el conocimiento científico a la ciencia escolar y específicamente al uso de analogías para el aprendizaje en profundidad. Este modelo consta de cuatro momentos:

Momento anecdótico. Se utiliza una analogía en forma de juego, con distintas consignas para los alumnos, quienes se familiarizan con el análogo y utilizan diferentes estrategias idiosincráticas para resolverlas. Al final del juego se realiza una puesta en común, en la que se ponen en evidencia las estrategias utilizadas.

Momento de conceptualización sobre la analogía. Se analizan las estructuras y funciones del análogo según la interpretación que hicieron los alumnos en el primer momento, se negocian significados y se dejan por escrito, en una tabla de correlación conceptual (TCC), para ser utilizados luego en la comparación con la información científica que el docente se propone enseñar.

Momento de correlación conceptual. Se abordan los conceptos científicos. Los estudiantes deben buscar la correlación entre estos y el análogo utilizado, completando la TCC.

Momento de la metacognición. Tal como se fundamenta en el modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable (MACCS) (Galagovsky, 2004), la metacognición es fundamental para que los alumnos reflexionen y tomen conciencia sobre los conceptos nuevos que debieron incorporar y sobre los obstáculos que se les presentaron para abordar alguno o todas las consignas dadas. En el momento de la correlación conceptual discuten acerca de las limitaciones y alcances de la analogía que ellos logran percibir, según sus estructuras cognitivas; este momento es transversal a los anteriores y también se lleva a cabo como una actividad final.

El trabajo con el MDA propone un uso de las analogías con fines de enseñanza completamente nuevo y diferente al tradicional, en el cual el docente expone la información analógica, la información científica y sus correspondencias (Buitrago, 2015).

En el caso específico de la nanotecnología, un ejemplo de uso de analogías es el presentado en el trabajo de Stavrou *et al.* (2015), quienes realizaron una sesión de trabajo para explicar las propiedades dependientes del tamaño, para lo cual explicaron el comportamiento

de diferentes textiles (desde hidrofílicos hasta hidrofóbicos) al absorber gotas de agua cuando van a ser limpiados después de ensuciarse. Para la explicación de su comportamiento se proporcionó una analogía que ilustra el comportamiento de los textiles hidrofílicos, semihidrofílicos e hidrofóbicos (Stavrou *et al.*, 2015).

En este caso, mediante una maqueta se representa la forma de una gota en la que las puntillas representarían la superficie y la bolita de icopor, la forma de una gota de agua en los diferentes tipos de textiles.

La perfecta combinación de composición química y arquitectura o topografía de la superficie consigue que la gota de agua no moje la superficie, sino que sea repelida por ella, demostrando así un comportamiento hidrofóbico. Si, además, el ángulo de contacto entre la gota y la superficie es mayor que 150° , se produce lo que se denomina *superhidrofobicidad*. Debido a la alta tensión superficial y a la hidrofobicidad de la superficie, una gota de agua que descansa sobre ella solo se apoyará en las puntas de las protuberancias, quedando el aire atrapado entre el espacio de separación y la lámina de agua de la gota; esto hace que la gota mantenga la forma cuasi esférica, como si estuviera envuelta solo en aire (Fernández, 2013).

Otro ejemplo de uso de la analogía podría ser para describir el funcionamiento de los microscopios de sonda de barrido (SPM), en el que podemos recurrir a la siguiente analogía:

Imaginémonos un helicóptero que, siguiendo órdenes de la torre de control, debe sobrevolar un terreno manteniendo siempre constante la distancia que lo separa del suelo, tal como se ilustra en la figura 18. Si aparece una casa, el helicóptero se elevará para que la distancia no varíe; por el contrario, si llega a un valle, deberá descender. Si al finalizar el vuelo trazáramos la trayectoria seguida por el helicóptero, obtendríamos un perfil de la topografía del terreno. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología [Fecyt], 2009)



Figura 18. Funcionamiento de un microscopio de campo cercano. Helicóptero sobrevolando un terreno de manera análoga a como la punta de un microscopio de campo cercano recorre una superficie definiendo su topografía

Fuente: Ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en Fecyt (2009).

En la analogía, el helicóptero es la punta, el terreno es la superficie de la muestra y la altura (medida por un altímetro) sería el equivalente a la interacción cuántica entre la punta y la muestra. Cada vez que debajo de la punta se encuentre una “protuberancia” (un átomo, una molécula) o una “depresión” (un agujero en la superficie) se originará un cambio en la distancia punta-muestra y, por tanto, una variación de la magnitud de la interacción cuántica. Para corregir esta variación en la distancia punta-muestra, se desplaza la punta en la proporción adecuada para que la altura sea constante. Este desplazamiento se consigue gracias a unos sistemas de posicionamiento muy precisos denominados *piezoeléctricos*. Los materiales piezoeléctricos poseen, entre otras, la propiedad de deformarse cuando se les aplica una diferencia de potencial. Mediante la adecuada combinación de potenciales a una barrita de material piezoeléctrico, podemos hacer que esta se deforme y pueda mover algún objeto que lleve pegado en su extremo (¡como la punta del SPM!). Los piezoeléctricos son los elementos clave que nos permiten acercarnos y movernos por las superficies con grandísima precisión (Fecyt, 2009).

Los juegos como recurso educativo

Flores (2009) define los juegos didácticos como “una técnica participativa encaminada a desarrollar en los alumnos métodos de dirección y conducta correcta, estimulando así la disciplina con un adecuado nivel de decisión y autodeterminación (Montero, 2017)”.

Calderón (2013, citado en Montero, 2017) comenta que generalmente los docentes consideran que los juegos solo pueden ser utilizados en preescolar y primaria, ya que en secundaria no tendrían el mismo impacto, pero también opina que esa idea no es del todo cierta debido a que los juegos pueden variar su instrucción o su dificultad para que sean atractivos para el estudiantado de mayor edad. Si la clase resulta atractiva para quienes asisten diariamente, esto permite incentivarlos hacia el proceso de aprendizaje y así crear un ambiente más interactivo.

La aplicación de juegos didácticos con objetivos y actividades bien definidas para las determinadas clases, principalmente para mejorar el rendimiento académico mostrado en diversas materias (Ciencias, Estudios Sociales, Matemáticas, Inglés, Español, entre otras), conlleva un recurso valioso para el estudiantado. Por lo tanto, los juegos son una herramienta que al profesorado le permite motivar y mantener la atención en sus lecciones. García (2013, citado en Montero, 2017) opinaba que

[...] el uso de estos recursos permite captar la atención de los/as alumnos/as generando en ellos el deseo de ser partícipes activos de las actividades, que con estos se desarrollan, es decir, se logra un aprendizaje significativo con el uso de esta herramienta de enseñanza. (p. 8)

Los juegos en la escuela se pueden usar de diferentes maneras: la finalidad de algunos es lograr la adquisición de un nuevo conocimiento, mientras que otros buscan reafirmar lo aprendido. También pueden emplearse como un medio para evaluar a los estudiantes.

Un ejemplo es Nanoventure, un juego de mesa tipo monopolio o Tío Rico que explora las conexiones entre la ciencia, específicamente la nanotecnología, y la sociedad. En este juego, los jugadores se convierten en líderes de un nuevo país, quienes tienen el desafío de tomar decisiones sobre el uso de nanomateriales y nanotecnología en su país para la expansión industrial, aplicaciones militares, seguridad económica e investigación científica básica, mientras mantienen un alto índice de aprobación de los ciudadanos del país. Hay interacción de avances tecnológicos, regulaciones, percepción pública y riesgo, al mismo tiempo que se aprende sobre el campo emergente de la nanotecnología (BoardGameGeek, 2008).

En este libro se proporciona un ejemplo de un juego de mesa elaborado con el fin de evaluar o socializar la apropiación de conceptos relacionados con nanotecnología, en especial sobre nanotoxicología.

La escalera nanotoxicológica (figura 19) es un ejemplo de cómo podemos abordar diferentes situaciones con los estudiantes, a partir del reconocimiento de estructuras, preguntas de falso y verdadero, preguntas abiertas en las cuales el estudiante debe poner en práctica los conocimientos adquiridos. El docente puede emplear este juego como una manera de evaluar o simplemente como un ejercicio de entretención y participación por grupos de estudiantes.

Además de los juegos que el docente puede proponer y elaborar de manera intencionada para compartir aprendizajes, otra alternativa es solicitarles a sus estudiantes que ellos mismos diseñen y propongan otros juegos que vinculen no solo temáticas de nanociencia y nanotecnología, sino que incluyan temáticas del plan de estudios del área o asignatura en particular.

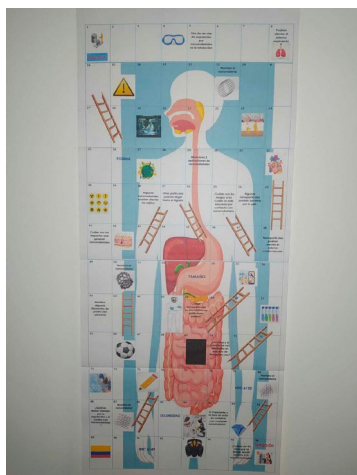


Figura 19. Escalera nanotoxicológica

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, un juego que vale la pena destacar es el que fue propuesto por estudiantes que reciben becas del proyecto Pibid, quienes lo pusieron en práctica con 39 estudiantes de los primeros años de la secundaria Escuela Estatal Regina Valarini en la ciudad de Birigui del estado de São Paulo, Brasil.

El juego Caza-Nano puede ser empleado por docentes de diferentes áreas de las ciencias exactas y naturales, ya que mediante este se refuerzan cálculos matemáticos relacionados con la notación científica y las magnitudes físicas. Además, se incorporan nuevos conceptos que tienen que ver con la nanociencia y la nanotecnología.

Para jugarlo, se cuenta con dos tableros. En uno se encuentran letras cifradas del alfabeto y en el otro se debe llegar a la palabra, la cual se descifra a través de las operaciones básicas de conversión de número decimal en notación científica y viceversa. Después de que se descubren las palabras, el docente realiza su intervención explicando el significado de estos conceptos. Se concluyó que este juego fue exitoso, ya que los grupos lograron solucionar los cálculos para descubrir las palabras. También se resalta que un factor

importante fue la curiosidad que tuvieron los estudiantes sobre conocer el significado de las palabras y, finalmente, se evidenció que el 99 % de ellos disfrutó la clase y que esta fue agradable (Ribeiro *et al.*, 2017).

Otras actividades que permitirían despertar la creatividad de los estudiantes y entender principios básicos, como partes del microscopio y otros aspectos fundamentales, son jugar a realizar modelos didácticos de microscopios, desde los más sencillos (como el microscopio simple o el compuesto) hasta los más complejos (como el microscopio electrónico de barrido [SEM] o el microscopio de fuerza atómica [AFM]) empleando materiales reciclables (figura 20) como botellas, cartón, tapas, plásticos, cartón, entre otros, los cuales se pueden combinar incluyendo materiales como laminillas, leds, bombillas, cables, lentes, entre otros.

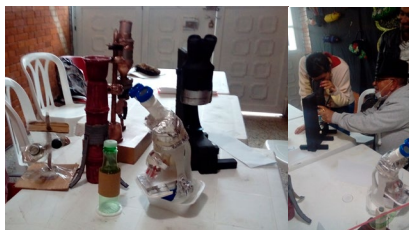


Figura 20. Modelos de diferentes microscopios con materiales reciclables

Fuente: elaboración propia (2018).

En el trabajo de Stavrou *et al.* (2015) se utilizó un modelo del microscopio de fuerza atómica (AFM), que se construyó usando un imán ajustado en una pequeña pieza de un CD y un puntero láser (Blonder, 2010; Planinšič y Kovač, 2008). Se utilizó como superficie de muestra una superficie con tapas metálicas cubiertas por un papel (Stavrou *et al.*, 2015). Los estudiantes tenían que marcar en un papel ajustado en la pared el rayo láser reflejado mientras el dispositivo escaneaba la superficie. El resultado fue un gráfico,

a partir del cual los estudiantes tenían que averiguar la ubicación de las tapas (Stavrou *et al.*, 2015).

Otros juegos que pueden plantearse tienen que ver con construir o armar microscopios usando fichas de LEGO o modelos didácticos con otros materiales para que los estudiantes comprendan los principios básicos de dichos microscopios.

En el trabajo de Laszcz (2021), los estudiantes elaboraron un modelo del microscopio de fuerza atómica (AFM) para aprender conceptos científicos de nanociencia y nanotecnología. Al finalizar los módulos de trabajo, los estudiantes demostraron una mayor comprensión del AFM y un mayor interés en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM).

La lección introductoria presentó un modelo LEGO funcional de la herramienta (Laszcz, 2021). El modelo incluía el componente físico de LEGO, que demostraba el movimiento de las piezas dentro de un AFM, y una interfaz de computadora en la que los estudiantes vieron crear una imagen de la superficie de “muestra” en el componente de LEGO.

A los estudiantes se les dieron pocos criterios y solo se les pidió que incluyeran los cuatro componentes principales del AFM: el voladizo, la punta, el láser y el sensor láser (Laszcz, 2021). Para comprender mejor el gráfico de cambio de fase, los estudiantes trabajaron juntos en grupos representando el movimiento de exploración del dedo de un estudiante sobre una superficie irregular (Laszcz, 2021).

Ejemplos de estrategias didácticas con diversos recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología

En esta sección presentaré algunas actividades que me han permitido enseñarles a mis estudiantes algunos conceptos de nanotecnología, empleando diferentes estrategias didácticas. Estos pueden ser enseñados dependiendo de la intencionalidad del docente en diferentes niveles o grados de la educación primaria, secundaria y media, teniendo en cuenta factores como la edad de los estudiantes, el contexto educativo, los conceptos que se quieran enseñar o con los cuales se vayan a articular con otras temáticas contempladas en los estándares de competencias curriculares o planes de estudio.

El concepto de nanoescala

El conocimiento de las concepciones de los estudiantes y de sus obstáculos epistemológicos redundará no solamente en una mejor comprensión de conceptos difíciles e inaccesibles, sino también en la posibilidad de aplicar los nuevos conocimientos a las demandas del entorno cultural actual. El conocimiento y el abordaje de un primer obstáculo epistemológico para tratar el tema de la nanociencia, como la comprensión de las escalas utilizadas para medir objetos

invisibles para el ojo humano, constituye una excelente puerta de entrada a esta importante rama de la ciencia que presenta ya un futuro prometedor y debería ser del dominio público (Sánchez, 2009).

Los resultados han mostrado la bondad de incluir, cuando se trata el tema de las escalas no visibles, las potencias de diez de manera simplificada; para lograr esto, utilizar diversos ejemplos de objetos presentados en un continuo de tamaños y con organismos conocidos por los estudiantes. Igualmente, habrá que considerar que cuando se enseñe en el aula, se ilustre en materiales didácticos o de divulgación o se exhiba en los museos de ciencia el tema de la nanotecnología y las nanoescalas, deberá buscarse, en primera instancia, la superación del obstáculo epistemológico que representa la interpretación de las nanoescalas, y no solo exhibir, como comúnmente se hace (Torres, 2003), los productos comerciales o de investigación derivados de la nanociencia, pero sin referencia a sus tamaños (Sánchez, 2009).

Antes de abordar el concepto de nanoescala es importante brindarle al estudiante diferentes ejemplos y situaciones en las que se aplican escalas de temperatura, escalas musicales, escala de pH y otras aplicaciones de este concepto en diferentes ámbitos. Se deben realizar mesas de trabajo y organizar a los estudiantes de tal manera que cada grupo pueda presentar diferentes ejemplos de escalas reconociendo sus unidades de medida.

Para aproximar a los estudiantes a entender qué tan pequeño podría llegar a ser un nanómetro es importante realizar algunas actividades básicas previas como, por ejemplo, asignarle a cada estudiante un objeto o elemento para que lo dibuje en una hoja. Luego, entre todo el grupo de estudiantes deben observar detalladamente los objetos que se les asignaron. Se divide el curso en tres grupos, de tal manera que en cada uno organicen los objetos del más grande al más pequeño, de lo macro a lo micro. Al primer grupo se le asignarán elementos que son perceptibles al ojo humano y que se encuentran en la macroescala que pueden medir entre metros, centímetros y milímetros. Al segundo grupo se le asignarán elementos que están en la microescala, es decir, objetos cuya unidad de medida es la

micro y no son perceptibles al ojo humano, por lo que requieren ser visualizados en microscopios. En el último grupo, objetos que están en la nanoescala, es decir, sus medidas están en el orden del nanómetro y requieren equipos más sofisticados para ser visualizados.

En la figura 21 se observan algunos de los dibujos elaborados por un grupo de estudiantes con quienes se realizó esta intervención. Entre ellos también se encontraban el ojo humano y dibujos de microscopios, los cuales sirvieron como referentes o pistas para que los estudiantes pensarán que era posible ver a simple vista o, por el contrario, requerían de un equipo especial para su visualización.

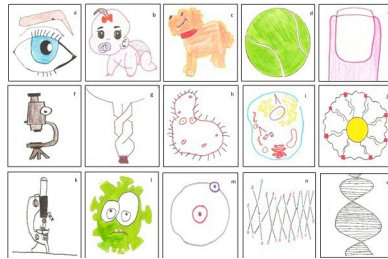


Figura 21. Dibujos elaborados por los estudiantes en diferentes escalas

Fuente: elaboración propia (2018).

Al finalizar, todos los estudiantes se organizarán de tal manera que se pueda crear un ambiente de participación y debate sobre el tamaño de diferentes objetos desde lo macro, pasando por lo micro hasta llegar a lo nano. Los estudiantes se cuestionarán sobre el tamaño de un virus, las bacterias, los glóbulos rojos y un cabello humano, entre otras estructuras químicas y biológicas.

Este ejercicio básico de organización y ubicación permite abordar el tema de las escalas, las unidades de medida y la notación científica. También se puede acompañar con videos o animaciones en las que se puedan visibilizar imágenes hasta llegar a la nanoescala.

Es importante realizar actividades sencillas, que requieran que los estudiantes interactúen con fichas, organicen y propongan esquemas, ejercicios de factores de conversión para fortalecer el razonamiento lógico y psicológico.

Propiedades de la nanotecnología

Lo que hace sorprendente el comportamiento de la materia a nanoescala es la manera como se manifiestan sus propiedades en función de aspectos como la forma, el tamaño o la composición. Las propiedades difieren drásticamente de las que muestra el mismo material a escala macroscópica. Por ejemplo, el oro lo podemos distinguir por su color dorado, pero en la nanoescala sus colores cambian en función del tamaño.

Cuando la frecuencia de la luz láser absorbida por la partícula de oro es una determinada (que depende del tamaño de la partícula), se produce la *resonancia de plasmón*. Básicamente, los electrones de los átomos de oro de la superficie se excitan y comienzan a moverse de forma acompasada con la frecuencia de la luz incidente, todos al tiempo (lo que los físicos llaman “coherentemente”). En este estado, los electrones no pueden librarse del exceso de energía, volviendo a emitir fotones luminosos, que es lo que sucede en condiciones normales, sino que tienen que deshacerse de ella por otros mecanismos. Se trata de colisiones que implican a electrones y núcleos atómicos, lo que acaba convirtiéndose en disipación de calor. Así, la nanopartícula irradiada con luz visible o infrarroja se calienta de forma casi instantánea. El oro es precisamente uno de los metales en los que este fenómeno se manifiesta de modo más espectacular en nanopartículas esféricas (García, 2015).

Para lograr que los estudiantes puedan comprender la anterior explicación, en la educación secundaria difícilmente podría realizarse una síntesis de nanopartículas en la cual los estudiantes obtengan estos resultados, ya que no se cuenta con los instrumentos y equipos necesarios. Sin embargo, se puede buscar la manera de recrear algo similar y hacer un planteamiento a los estudiantes mediante analogías, que les permita suponer y ejemplificar el efecto de las nanopartículas de oro (figura 22). Para esto se les puede preguntar cuál de los tubos consideran tienen nanopartículas de oro y por qué.

Los estudiantes se inclinarán por el tubo *e*, ya que este es de color dorado, una propiedad característica de este metal.



Figura 22. Imitación de nanopartículas de oro

Fuente: elaboración propia.

Al crear un espacio de socialización entre el grupo de estudiantes llega el momento de dar la explicación correspondiente y contarles que en todos los tubos pueden existir nanopartículas de oro y todo lo relacionado con este fenómeno.

Otra actividad práctica que se puede llevar a cabo para que los estudiantes comprueben la relación entre tamaño y color es la siguiente: se requiere una hoja milimetrada o una blanca, una pipeta Pasteur, un vaso, agua y azul de metileno o cualquier colorante. Pida a los estudiantes que mezclen el azul de metileno o colorante con el agua. Esta actividad se llama *Fabriquemos nanopartículas*.

Una nanopartícula es una partícula con un diámetro nominal —geométrico, aerodinámico, movilidad, área proyectada u otro— menor que aproximadamente 100 nm. Por supuesto, en la realidad esto no podría hacerse de una manera tan sencilla; sin embargo, se va a emplear la imaginación y se va a comparar con algo que ellos puedan ver para recrear los efectos o propiedades que pueden cambiar en una nanopartícula. Para hacerlo, los estudiantes deberán formar una gota con la mezcla de agua y colorante y escoger un punto de partida en la hoja milimetrada.

De la primera gota se debe succionar el líquido con la pipeta Pasteur y formar otra gota. De la segunda gota se volverá a succionar para formar otra gota y así se repetirá el procedimiento hasta que ya no puedan formarse más gotas y se obtenga el producto de la figura 23.

Ahora, pídales a los estudiantes que observen detalladamente qué propiedades creen que han cambiado y qué relación encuentran entre esas propiedades.

Con este ejercicio, los estudiantes notarán que las propiedades como el color, el tamaño y la forma han cambiado. La relación entre el tamaño y el color es notoria, ya que el color azul se va perdiendo hasta irse volviendo incoloro al formar las últimas gotas.

El ejercicio se plantea en una hoja milimetrada, ya que se les puede solicitar que propongan escalas o tamaños para sus nanopartículas, dependiendo de la cantidad de cuadros. Si, por el contrario, solo queremos que los estudiantes perciban mejor el efecto del color, se recomienda realizarlo en una hoja blanca.

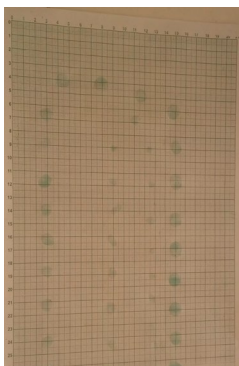


Figura 23. Fabriquemos nanopartículas

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el ejercicio es importante tener en cuenta que se requiere de concentración y paciencia para que salga correctamente.

Una tercera experiencia divertida con la que podemos lograr la atención de los estudiantes para abordar la importancia de las propiedades de la nanotecnología es por medio de alimentos: golosinas, galletas, gelatina, gomitas. Organice un compartir con sus estudiantes y permítalos observar e identificar todas las propiedades físicas (sabor, olor, color, tamaño, forma). Luego, pregúnteles por su composición química o ingredientes y termine indagando sobre sus procesos de elaboración y fabricación.

A la gran mayoría de los niños y jóvenes les gustan las golosinas, ¿por qué no usarlas para realizar una introducción de propiedades importantes que cambian cuando se trabaja con partículas a escala nano? El tamaño al que se controlen hace que cambien propiedades como el color o la reactividad. Sin embargo, pueden controlarse otros parámetros, como la forma, la ubicación de nanopartículas dentro de un compuesto y el tipo de material. En un laboratorio y a estas escalas no es fácil controlar todos los parámetros. Es un trabajo que requiere de mucha disciplina, dedicación y trabajo.

Quizás un estudiante de primaria o secundaria aún no logre dimensionar todo esto, pero usando este ejemplo (figura 24) también será posible hablarles de que, además de la forma, el tamaño y la composición con los materiales a escala nano, se pueden controlar otros parámetros (como la geometría) o que se pueden combinar átomos para formar estructuras más complejas, definiendo la posición estratégica de estos dentro de una estructura.

Haga comparaciones y analogías de estas propiedades y aprovéchelas para introducir conceptos de nanotecnología.



Figura 24. Inclusión de conceptos nano con golosinas

Fuente: elaboración propia.

Métodos o técnicas de fabricación

Según Argote (2019), las nanopartículas pueden clasificarse en tres grandes categorías:

De origen natural. Hay nanopartículas de origen biológico (virus, bacterias), de origen mineral (polvo de arena del desierto) o de origen medioambiental (nieblas y humos derivados de fuegos forestales o actividad volcánica).

Generadas por la actividad humana de forma involuntaria. Son aquellas producidas en procesos industriales (pirólisis a la llama del negro de carbono, humo de sílice, partículas ultrafinas de óxido de titanio), obtención de pigmentos, en procesos de combustión (diésel, carbón) o en actividades domésticas (humo de barbacoas o de aceite).

Generadas por la actividad humana de forma voluntaria. Se crean mediante las nanotecnologías. La nanotecnología es el diseño, la síntesis, la manipulación y la aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia en la nanoescala, rango de tamaños que va de 1 a 100 nm. Existen dos procedimientos o métodos para obtener nanopartículas artificiales (figura 25).

Top-down, de arriba abajo. Se construyen nanopartículas sometiendo materiales convencionales a diversos procesos mediante procesos de molienda del material a granel.

Bottom-up, de abajo arriba. Se construyen nanopartículas a partir de átomos o moléculas.

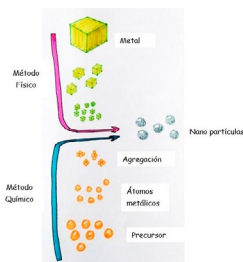


Figura 25. Procedimientos o métodos para obtener nanopartículas

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

En la técnica *top-down* se parte del material másico y se va erosionando o dividiendo, mientras que en la técnica *bottom-up* se parte de átomos o moléculas que se ensamblan o se depositan. Aunque en el laboratorio estas técnicas son más complejas de desarrollar y llevar a la práctica, en el aula nos interesa que el estudiante comprenda de forma sencilla lo que significa de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo, o cómo poder llegar de lo particular a lo general o de lo general a lo particular. Para lograr ese objetivo, hay tres maneras de aproximar a los estudiantes a estos conceptos dependiendo de su nivel educativo. En el capítulo 6, sección “Nanoescala”, se encuentran unas plantillas con las cuales es posible armar las estructuras de la figura 26. Con este ejercicio, además de trabajar la motricidad fina, se logrará que los estudiantes comprendan las técnicas *top-down* y *bottom-up* una vez se hayan armado las estructuras mediante un ejercicio práctico (figura 27). En este ejercicio, los estudiantes partirán introduciendo las estructuras más pequeñas dentro de las medianas y estas estructuras medianas dentro de la estructura más grande, haciendo alusión a la técnica *bottom-up*. Luego debe realizarle el procedimiento contrario: sacar de la estructura grande las estructuras medianas y de estas las más pequeñas, haciendo referencia a la técnica *top-down*.

Se han empleado diferentes colores para realizar una comparación y resaltar que las partículas pueden cambiar sus propiedades a medida que se van sintetizando, ya que en la macroescala su forma, color y tamaño se comportan de una manera, mientras que en la nanoescala sus propiedades cambian completamente.

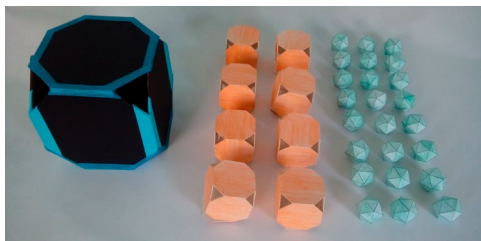


Figura 26. Estructuras en Papercraft

Fuente: elaboración propia.

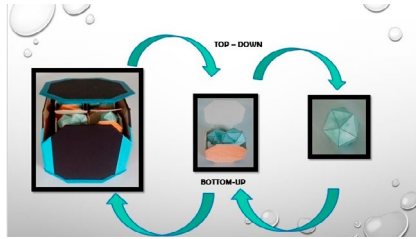


Figura 27. Ejercicio práctico

Fuente: elaboración propia.

Otra manera de abordar estos conceptos mediante una actividad práctica se presenta en la figura 28, en la que se implementa la técnica *top-down*, en la cual se tiene un girasol completo y este se va despojando de sus partes.

En la figura 29 se representa la técnica *bottom-up*. El estudiante debe juntar nuevamente las partes para volver a armar el girasol. Por supuesto, no lograría obtenerse el mismo girasol con el que se inició, pero es una manera divertida de empezar a relacionar estos conceptos mediante estas analogías.

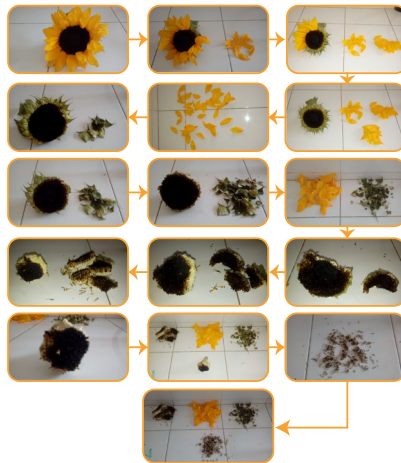


Figura 28. Representación del método *top-down* empleando un girasol

Fuente: elaboración propia.



Figura 29. Representación del método *bottom-up* empleando un girasol

Fuente: elaboración propia.

El último ejercicio que se puede poner en práctica con los estudiantes requiere emplear fichas de LEGO (figura 30), con las que se armaron estructuras inspiradas en el trabajo de Campbell *et al.* (2012) *Exploring the nanoworld with LEGO® bricks*.



Figura 30. Métodos *top-down* y *bottom-up* con LEGO

Fuente: elaboración propia.

Otros recursos educativos

La enseñanza de este tipo de contenidos puede ser divulgada y enseñada desde ocho áreas obligatorias: 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, Humanidades, Lengua Castellana e Idiomas Extranjeros, Matemáticas, Tecnología e Informática.

Es necesario demostrar que no es responsabilidad únicamente de los docentes de Ciencias Exactas y Naturales el transmitir y replicar este tipo de contenidos en sus clases, sino que es posible llevarlo a la práctica en las áreas mencionadas.

Es por esta razón por la que se invita al lector a consultar el libro *Nanoeducación: una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de la educación básica en Colombia* (Torres, 2024), en el que podrán reconocer diferentes temáticas de nanociencia y nanotecnología que les permitirán enriquecer sus clases, así como articularlas con los temas previstos en los *Estándares de competencias curriculares*. Además, en el capítulo 9 el lector encontrará un capítulo especial en el que podrán consultar otros recursos educativos sugeridos con relación a libros de texto, cibergrafía y *nanokits*, que serán de gran apoyo y motivación en el camino de preparación para aprender no solo los conceptos más formales y fundamentales de la nanociencia y nanotecnología, sino también sobre metodologías activas y estrategias para la divulgación y enseñanza en diferentes niveles educativos.

En el siguiente capítulo se proporcionan guías de trabajo que pueden emplearse como material complementario para el aprendizaje y la exploración de diversos temas y contenidos de una manera fácil, sencilla y práctica.

Guías de trabajo para implementación con los estudiantes

En esta sección se encuentran tablas para las diferentes temáticas, en las que se sugieren algunas actividades que podrían implementarse con los estudiantes para aproximarlos a estos conocimientos. También se sintetizan allí algunos de los recursos presentados en este libro, así como otros recursos que pueden seguir siendo explorados por los docentes. Finalmente, se encuentran modelos de guías de trabajo o talleres prácticos que pueden servir para orientar el trabajo didáctico del docente a la hora de poner en práctica la articulación de contenidos y temáticas de la nanociencia y nanotecnología en sus clases de ciencias.

Nanoescala

Tabla 6. Nanoescala

Tema	Nanoescala
<p>Descripción: antes de llegar al concepto de nanoescala es importante recordar aspectos generales como qué es una escala, qué tipos de escalas existen, qué es un nanómetro, qué tan pequeño es un nanómetro, para de esa manera llegar a comprender el concepto. Entre las actividades básicas que se pueden realizar con los estudiantes como apertura a este tema se sugieren:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="224 1283 825 1342">1. Entregar a los estudiantes imágenes impresas de diferentes objetos, los cuales deben ordenar según su tamaño teniendo en cuenta sus unidades de medida y si son perceptibles o no para el ojo humano.<li data-bbox="224 1358 580 1377">2. Realizar la actividad <i>Fabriquemos nanopartículas</i>.	

Tema	Nanoescala
	3. Preparar un compartir con los estudiantes con diferentes dulces o golosinas para compararlas con las propiedades que cambian cuando se trabaja con partículas a escala nano.
	4. Se emplea un girasol para explicar de manera sencilla los métodos de fabricación <i>top-down</i> y <i>bottom-up</i> .
	5. Construir figuras de papel de tres estructuras distintas como otro ejemplo de explicación para los métodos de fabricación descritos en el numeral anterior.
	6. Se pueden emplear fichas de LEGO para explicar también los métodos de fabricación.

Fuente: elaboración propia.

Fabriquemos nanopartículas

Para esta actividad se requieren los siguientes materiales:

- 1 hoja de papel milimetrado o blanca¹
- 1 vaso de precipitado de 100 ml²
- 1 pipeta Pasteur o gotero³
- Azul de metileno

Procedimiento:

1. Agrega azul de metileno al vaso.
2. Toma una cantidad de líquido con la pipeta Pasteur.
3. Deposita una gota grande en una hoja de papel milimetrado.
4. Succiona nuevamente el contenido de la gota grande con la pipeta.

-
1. Para un ejemplo, se puede visualizar la imagen de Rawpixel.com en *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/vector-diseno-papel-carta-verde-blanco_24382353.htm#query=papel%20milimetrado&position=34&from_view=search&track=ais
 2. Para un ejemplo, se puede visualizar la imagen de Brgfx en *Freepik*, https://www.freepik.es/vector-gratis/plantilla-etiqueta-cristaleria-laboratorio-aislada_16463397.htm#query=vaso%20de%20precipitado&position=2&from_view=search&track=ais
 3. Para un ejemplo, se puede visualizar la imagen de PikiSuperstar en *Freepik* https://www.freepik.es/vector-gratis/botella-realista-pipeta_6675633.htm#query=gotero&position=1&from_view=search&track=sph

5. Deposita nuevamente el contenido al lado de la gota 1 para formar otra gota.
6. Succiona de la gota 2 y forma la gota 3.
7. Sigue esa secuencia hasta que se acabe el líquido y no se puedan formar más gotas.

1. ¿Qué observas?

2 ¿Qué puedes concluir de esta experiencia?

Métodos o técnicas de fabricación con girasol

Para esta experiencia se necesita un girasol.

Top-down

1. Toma el girasol y despójalo de los pétalos.
2. Una vez lo hayas logrado, despójalo de las hojas verdes.
3. Sigue con el interior del girasol hasta dejar el círculo interno más pequeño.
4. Despedaza completamente el interior del girasol.

Bottom-up

Con las diferentes secciones que deshojaste del girasol intenta armarlo nuevamente a su forma inicial juntando todas sus partes.

Métodos o técnicas de fabricación con papel

Para explicar los métodos de fabricación *top-down* y *bottom-up*, tener en cuenta las instrucciones para las figuras 26 y 27 de estructuras elaboradas con papel. Puede consultar las siguientes páginas para cambiar los colores de las figuras, modificar los tamaños, las formas y escoger

las estructuras que quiera trabajar en particular, las que más le llamen la atención o las que prefiera para desarrollar con sus estudiantes.⁴

También puede emplear las siguientes plantillas de las figuras 31 y 32 para que sus estudiantes tengan un modelo y elaboren las estructuras más grandes en cartulina o cartón cartulina.

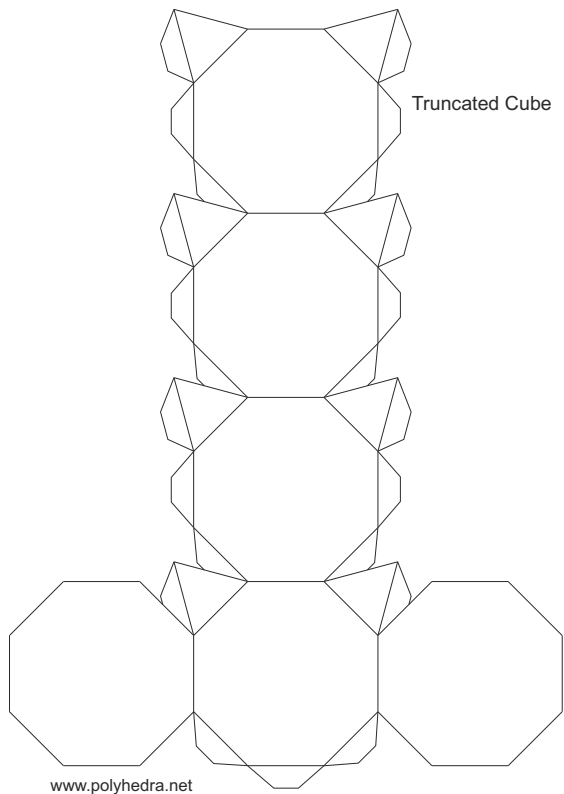


Figura 31. Plantilla cubo truncado

Fuente: plantilla descargada por la autora de polyhedra.net

-
4. Algunos ejemplos adicionales se pueden consultar en las siguientes páginas web: <https://www.polyhedra.net/es/model.php?name=en-truncated-cube>, <http://www.peda.com/poly/>, <http://www.korthal-saltes.com/es/>, <https://www.elinvernaderoactivo.com/>

Icosahedron

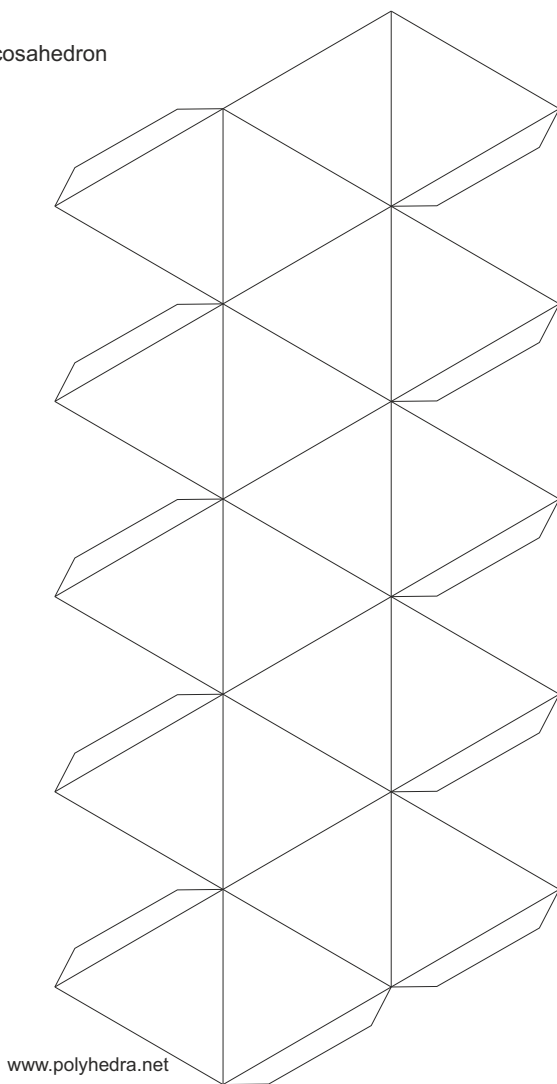


Figura 32. Plantilla icosaedro

Fuente: plantilla descargada por la autora de polyhedra.net

Microscopía

Tabla 7. Microscopía

Tema	Microscopía
<p>Descripción: con esta temática se resalta la importancia de tratar aspectos históricos del microscopio con los estudiantes, ya que esto permite dar un paso muy importante encaminado hacia los avances que se han realizado hoy en día y que posibilitan la observación, identificación y caracterización de materiales y objetos a escalas tan pequeñas como la del nanómetro. Para ello se abarcan aspectos generales como descripciones generales de los equipos, funcionamiento, ventajas, desventajas, entre otros aspectos, y las temáticas abordadas son: tipos de microscopios, microscopio óptico (MO), tipos de microscopios ópticos, microscopio electrónico de transmisión (TEM o MET), microscopio electrónico de barrido (SEM), microscopía de sonda de barrido (SPM), microscopía de efecto túnel (STM), microscopía de fuerza atómica (AFM), microscopía de campo cercano (SNOM).</p> <p>Como actividades que se pueden hacer con los estudiantes para llevar estas temáticas a las aulas de clase se recomiendan:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Reconocer la línea del tiempo ya sea de los inventores, la evolución de los microscopios o la resolución de las imágenes vistas en los diferentes microscopios.2. Navegar en páginas en las que se pueden hacer simulaciones del funcionamiento del microscopio óptico y otros microscopios, reconocer sus partes, hacer visualizaciones de diversas imágenes en diferentes aumentos, cambiar parámetros como la intensidad, el foco, entre otros.3. Realizar modelos didácticos que representen la composición de los diferentes microscopios o cuáles son sus principales características básicas para identificarlos, empleando materiales sencillos como espumas con forma ondeada o cubetas de huevos, láser, prismas, palos de balsa y otros elementos fáciles de diseñar, construir o conseguir.4. Emplear imágenes vistas en diferentes microscopios para identificar características y diferenciar cómo se ven estas según el tipo de microscopio y hacer un montaje en el aula de clase como si fuese un museo, para que los estudiantes se involucren con estos conocimientos.	

Fuente: elaboración propia.

Representación didáctica de microscopios

Emplee diferentes materiales para poder hacer estas representaciones de manera sencilla y didáctica con sus estudiantes cuando empiece a explicar este tema, ya que este ejercicio les permite identificar aspectos de su composición, funcionamiento, partes de los diferentes microscopios, entre otros aspectos conceptuales.

Microscopio de efecto túnel (STM)

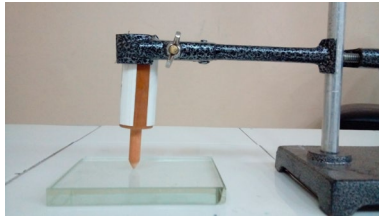


Figura 33. Punta del microscopio de efecto túnel (STM) con muestra 1

Fuente: elaboración propia.



Figura 34. Punta del microscopio de efecto túnel (STM) con muestra 2

Fuente: elaboración propia.

Representación didáctica de la punta del microscopio de fuerza atómica (AFM)

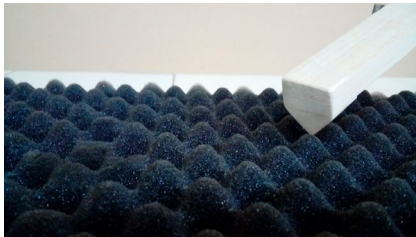


Figura 35. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 1

Fuente: elaboración propia.

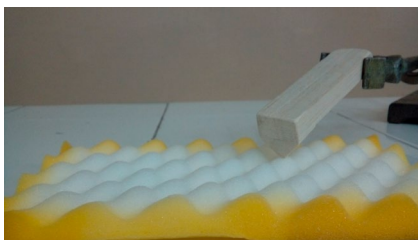


Figura 36. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 2

Fuente: elaboración propia.

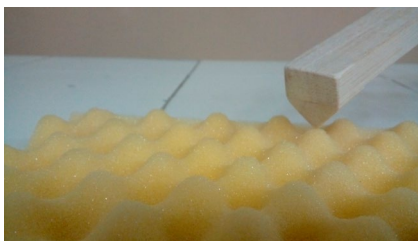


Figura 37. Punta del microscopio de fuerza atómica (AFM) con muestra 3

Fuente: elaboración propia.

Representación didáctica del microscopio óptico de campo cercano (SNOM)

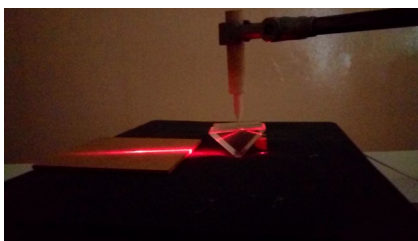


Figura 38. Punta del microscopio óptico de campo cercano (SNOM)

Fuente: elaboración propia.

Nanomateriales

Tabla 8. Nanomateriales

Tema	Nanomateriales
<p>Descripción: para llegar al concepto de nanomaterial es importante recordar qué es un material y qué tipo de materiales existen. Pero antes es indispensable enseñarles a los estudiantes a reconocer algunos términos, como <i>nanotubos</i>, <i>nanoalambres</i>, <i>nanoarcillas</i>, <i>nanocápsulas</i>, <i>nanohilos</i>, entre otros; también es importante que el estudiante realice actividades de consulta y formule algunas estructuras para empezar a relacionarse con estos términos. Se proponen actividades como las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Reconocimiento de algunos términos a los cuales los estudiantes deben llegar por ellos mismos tan solo con mirar un objeto y adicionarle el prefijo nano-.2. Diseño de una nanorruleta por parte de los estudiantes para emplear los términos anteriores y ampliar sus conocimientos realizando una consulta sobre sus propiedades, aplicaciones y estructura.3. Armar rompecabezas para identificar estructuras y dimensiones de los nanomateriales.4. Elaborar estructuras con plantillas para armar los alótropos de carbono en papel y con materiales como palos de balsa, acetato, entre otros.5. Ejercicio de reconocimiento inicial de algunas propiedades de estos alotropos, como la hibridación, geometría cristalina, entre otras. <p>En esta sesión de trabajo se pueden abordar aspectos generales sobre los nanomateriales tales como aplicaciones, impacto, cadena de valor. Se dan a conocer dos bases de datos importantes como Nanowerk y The Project on Emerging Nanotechnologies. Se retoman cifras sobre la inversión que hacen algunos países en este campo, se resaltan implicaciones en la salud, medio ambiente y legislación, hasta llegar al concepto de nanomaterial a nivel internacional y finalmente la que se ha adoptado para Colombia. Se abordan otros aspectos, como el origen, la clasificación y la síntesis.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Reconocimiento de nombres de nanomateriales y estructuras

Para esta actividad, se necesitan los siguientes materiales:

Una cápsula de porcelana o un medicamento que venga en presentación de cápsula. Un hilo, trozos de alambres, dos tubos pequeños, algunos cables, un fragmento de arcilla, varias esferas metálicas o de cualquier material, trozos de láminas, algunas fibras de vidrio, uno o varios cristales.



Figura 39. Materiales para reconocimiento de estructuras

Fuente: elaboración propia.

Una vez tenga estos implementos, ubíquelos en un lugar visible para que los estudiantes los observen. A continuación, deben completar la tabla. En la primera columna escribirán el nombre del material que observan y en la tercera columna adicionarán el prefijo *nano* al nombre del material.

Nombre del material	Prefijo	Prefijo + nombre del material
Cápsula	Nano-	Nanocápsula

Rompecabezas de estructuras de nanomateriales

Busque imágenes llamativas de estructuras de nanomateriales y elabore rompecabezas para que los estudiantes se familiaricen con estas estructuras.⁵

5. En la página <https://puzzel.org/es/> puede crear fácilmente rompecabezas en línea.

Se presentan dos imágenes que se pueden tomar como ejemplos. También puede pedirles a los estudiantes que las coloreen.

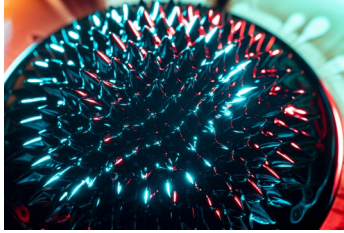


Figura 40. Metal ferromagnético

Fuente: Imagen de Freepik.

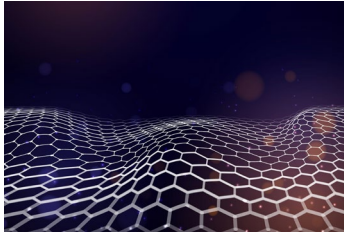


Figura 41. Lámina de grafeno

Fuente: Imagen de Freepik.

Armemos estructuras

Realice modelos para reconocer diferentes estructuras de los alótropos del carbono, tales como fullereno, nanotubo de carbono, grafeno, grafito y diamante.

Emplee materiales como papel, palos de balsa, acetato, *foamy* y proponga a sus estudiantes que armen estas estructuras.



Figura 42. Estructuras de los alótopos de carbono

Fuente: elaboración propia.

Imprima y recorte las siguientes plantillas y realice las uniones correspondientes para formarlas con materiales caseros.

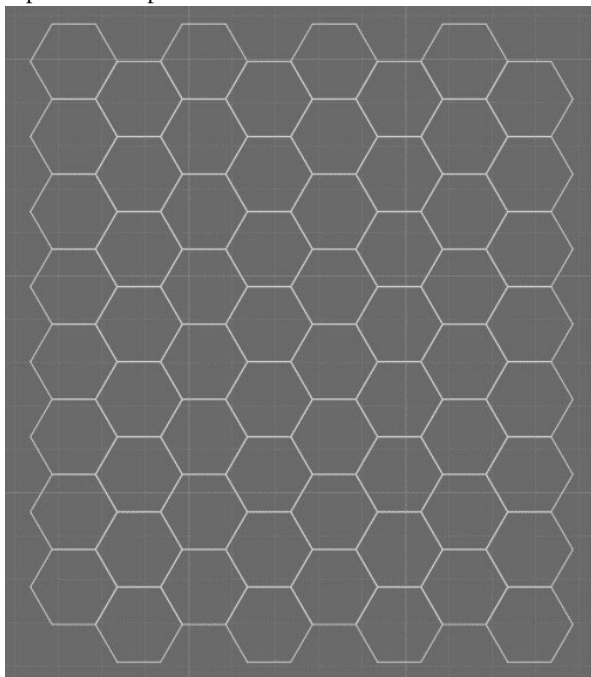


Figura 43. Plantilla para grafito - Grafeno - Nanotubo de carbono

(Fotocopie 5 estructuras)

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023).

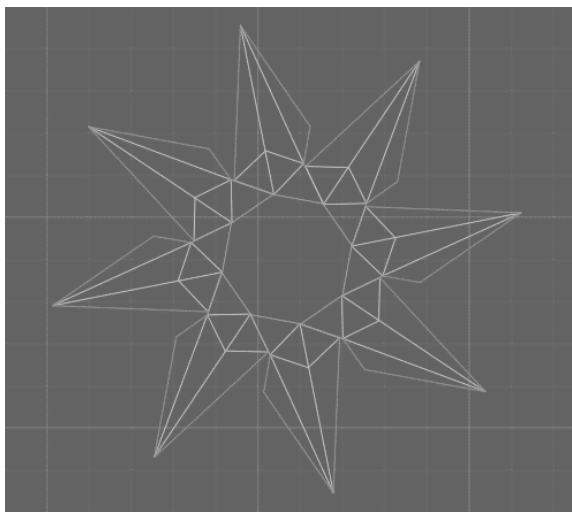


Figura 44. Plantilla estructura del diamante

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023).

Soccer ball (football)
(small version)

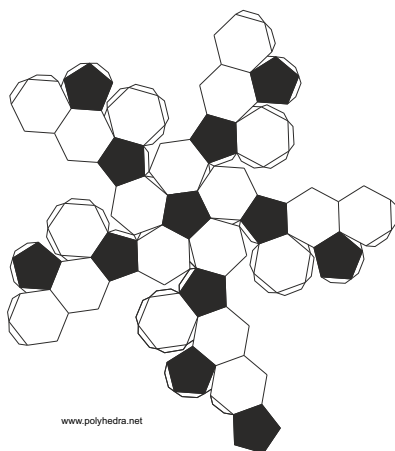


Figura 45. Plantilla estructura del fullereno

Fuente: Plantilla descargada por la autora de polyhedra.net

Nanomateriales de carbono

Tabla 9. Nanomateriales de carbono

Tema	Nanomateriales de carbono
<p>Descripción: La química del carbono, alótropos del carbono, grafeno, grafito y nanotubos de carbono son las temáticas principales de estas sesiones, en las cuales se profundiza un poco más dando a conocer generalidades de estos, sus aplicaciones, propiedades y se realizan actividades y prácticas experimentales sencillas.</p> <p>Entre las actividades propuestas se encuentran:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Resaltar la presencia del grafito como un material en un producto comercial (un lápiz) y construir una escala de color con diferentes minas de lápices para observar cómo influye la dureza de la mina y la composición en estos colores.2. Actividades para comprobar propiedades del grafito como la conductividad, hidrofobicidad y estructura.3. Elaborar una lámina cubierta de hexágonos en <i>foamy</i> y con esta enseñar los diferentes tipos de nanotubo que se pueden formar (zigzag, silla, quiral) según la manera como se doble la plantilla.	

Fuente: elaboración propia.

La química contenida en un lápiz

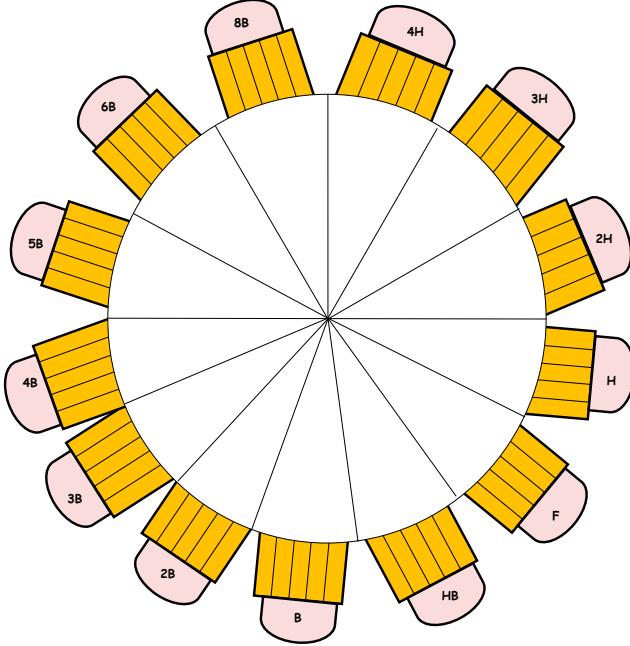
Consiga lápices de minas H, B y HB para realizar las siguientes actividades prácticas.

1. Paleta de colores con lápices

Colorea cada una de las minas de los lápices según su graduación.

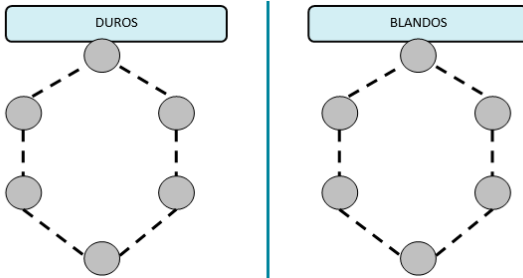
GRAFITO

1. Colorea cada una de las minas de los lápices según su graduación.



2. Dureza

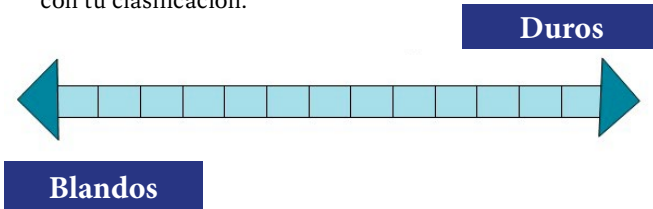
Observa detalladamente el círculo monocromático que construiste y dentro de los círculos escribe cuáles clasificarías como duros y blandos teniendo en cuenta su graduación correspondiente.



De acuerdo con tu clasificación, ¿todos los lápices entrarían en alguna de las dos opciones de clasificación? Justifica tu respuesta.

2.1 ¿Cuáles no entrarían en esta clasificación y por qué?

2.2 En el siguiente esquema, ubica todas las minas de acuerdo con tu clasificación.



3. Resistividad

Mide la resistividad con ayuda del multímetro y completa la siguiente tabla. Para ello, ubica la perilla en el símbolo Ω y ubica las dos puntas en cada una de las minas de los lápices del círculo monocromático.

Mina	Resistividad Ω
4H	
3H	
2H	
H	
F	

HB	
B	
2B	
3B	
4B	
5B	
6B	
8B	

Fuente: elaboración propia.

3.1 De acuerdo con estos valores, ¿qué puedes inferir?

3.2 Consulta qué es la resistividad y averigua su fórmula matemática.

3.3 ¿Cuál es la diferencia entre resistencia y resistividad?

3.4 ¿Qué propiedades afectan la resistencia?

3.5 Observa la siguiente tabla.

Tabla 10. Conductividad y resistividad

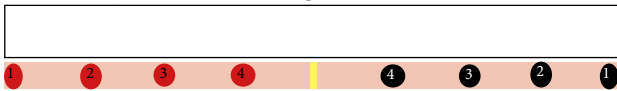
Elementos o materiales	Conductividad	Resistividad
Plata	0,6305	0,0164
Cobre	0,5958	0,0172
Oro	0,4464	0,0230
Aluminio	0,3767	0,0278
Latón	0,1789	0,0590
Zinc	0,1690	0,0610
Cobalto	0,1693	0,0602
Níquel	0,1462	0,0870
Hierro	0,1030	0,0970
Acero	0,1000	0,1000
Platino	0,0943	0,1050
Elementos o materiales	Conductividad	Resistividad
Estaño	0,0839	0,1200
Plomo	0,0484	0,2815
Magnesio	0,0054	2,700
Cuarzo	0,0016	4,500
Grafito	0,0012	8,000
Madera seca	0,0010	10,000
Carbón	0,00025	40,000

Fuente: elaboración propia con base en Blogspot (s. f.).

Si observamos los datos de conductividad y resistividad para el caso del grafito y el carbón, ¿qué podemos concluir?

3.6 ¿Para qué sirve conocer la resistividad de un determinado elemento o material?

3.7 Toma uno de los lápices de mina 2B o cualquiera de graduación B y colorea el rectángulo 1.



Con ayuda del multímetro, toma 4 medidas de resistividad encima del rectángulo ubicando las puntas roja y negra según la numeración correspondiente, iniciando por el número 1 hasta llegar al 4 y anota esos valores en la tabla.

Resistividad Ω	Valores
$\Omega_1 =$	
$\Omega_2 =$	
$\Omega_3 =$	
$\Omega_4 =$	


3.8 De acuerdo con los valores obtenidos, ¿por qué crees que estos varían a medida que se van acercando las puntas?

3.9 Rellena cada uno de los siguientes rectángulos con tu lápiz.

- Con una regla, toma las medidas de ancho y largo de cada uno de los rectángulos.

- Con ayuda del multímetro, mide la resistividad en los extremos de los 3 rectángulos y registra estos valores en la tabla

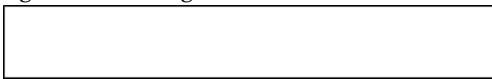
2 

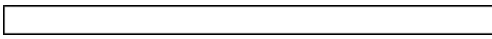
3 

4 

R	Ancho	Largo	Resistividad
2			
3			
4			

3.10 Repite el procedimiento anterior, pero ahora rellena los siguientes rectángulos:

5 

6 

7 

R	Ancho	Largo	Resistividad
5			
6			
7			

¿Qué puedes concluir de estos valores?

3.11 ¿Qué pasaría si hiciéramos la práctica con un lápiz de graduación H?

4. Conductividad eléctrica

Para esta actividad, necesitas los siguientes materiales:

- 2 cables caimán-caimán
- 1 batería de 9 v
- 1 LED
- 1 resistor de 330Ω
- 1 lápiz de mina 2B o cualquier graduación B
- 3 minas de grafito de diferentes grosores
- 1 mina de lápiz Faber-Castell 6B Ref. 2900

4.1 Realiza el siguiente montaje

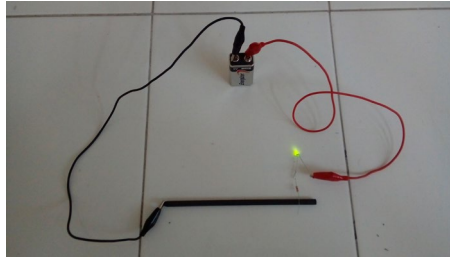


Figura 46. Montaje de conductividad

Fuente: elaboración propia.

Una vez hayas armado el montaje, regresa a los numerales 3.9 y 3.10 de la guía, donde se encontrarán los siete rectángulos.

Ahora ubica la punta negra del montaje anterior junto con la punta del resistor, encima de cada uno de los rectángulos, y observa lo que ocurre en cada uno de ellos.

4.2 Completa la siguiente tabla de acuerdo con tus observaciones.

Rectángulo	Sí	No	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

4.3 Realiza la misma experiencia, pero ahora conecta las puntas del montaje a las minas de grafito.



Figura 47. Minas de grafito

Fuente: elaboración propia.

Minas	Observaciones
Mina circular	
Mina plana	
Mina de portaminas	
Mina de lápiz Faber-Castell 6B Ref. 2900	

4.4 ¿A qué se debe que el LED se prenda o no con estas minas?

4.5 ¿Qué puedes concluir de las experiencias realizadas con respecto a la dureza, la resistividad y la conductividad eléctrica? ¿Cómo se relacionan estas?

5. Hidrofobicidad

Para observar esta propiedad se necesitan los siguientes materiales:

- 1 hoja de papel mantequilla
- 1 lápiz n.º 2
- 1 lupa
- 1 gotero
- 1 vaso de precipitado de 100 ml
- 1 colorante, p. ej. azul de metileno
- 1 hoja de papel carbón

5.1 Una vez que tenga todos los implementos, se procede a realizar el siguiente procedimiento.

1. Toma una cantidad de agua en el vaso de precipitado.
2. Agrega una gota del colorante.
3. Agita el vaso lentamente para que el colorante se disuelva.
4. Ahora, divide la hoja de papel mantequilla en dos partes.
5. En una de estas dibuja un rectángulo con el lápiz y luego rellénalo completamente.
6. Con ayuda del gotero, toma una cantidad de agua del vaso de precipitado y coloca una gota en la hoja de papel mantequilla que no tiene nada, y la otra gota encima de la superficie del rectángulo que pintaste anteriormente.
7. Con ayuda de la lupa observa la forma de las gotas en ambas hojas.

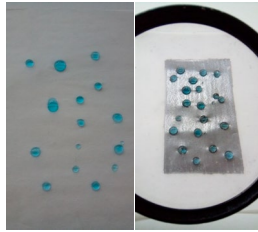


Figura 48. Prueba de hidrofobicidad

Fuente: elaboración propia.

Emplea la siguiente figura para justificar tus observaciones. Identifica cuál de estas se parece más a la gota que viste sobre la superficie del rectángulo en lápiz (grafito) y cuál a la que viste sobre el papel normal.

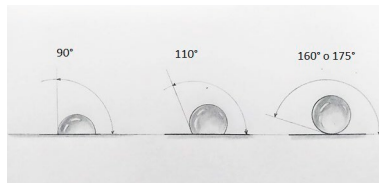


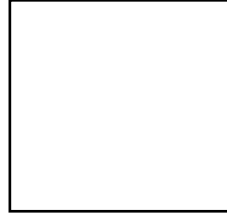
Figura 49. Ángulos con gotas de agua

Fuente: Ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en Ruano (2015).

5.2 ¿ Qué ocurre cuando se moja el papel mantequilla y cuando se moja el papel con la superficie recubierta de grafito?

5.3 Ahora haz una prueba con el papel carbón.

1. Toma una hoja de papel carbón
2. Ahora adiciona una gota de agua sobre este papel.



Con ayuda de la lupa, observa nuevamente la gota sobre este papel y dibuja lo que observas en el siguiente recuadro.

5.4 Desliza la gota sobre el papel. ¿Qué ocurre?

5.5 Dibuja en los recuadros lo que viste al inicio cuando pusiste la gota, lo que pasó durante el recorrido y en el otro lo que observaste cuando la gota terminó su trayectoria.

Inicio	Durante	Final

5.6 Consulta qué es la hidrofobicidad y qué relacion tiene con las actividades realizadas.

5.7 Consulta qué es el efecto loto y dónde podemos encontrarlo en la naturaleza.

5.8 Finalmente, observa la imagen y con base en tus consultas y las actividades realizadas describe lo que observas en la imagen y lo que puedes concluir al respecto.

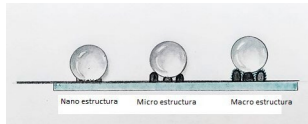


Figura 50. Efecto de la composición química y la topografía de la superficie en una hoja de flor de loto

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en Fernández (2013).

6. Estructura con fichas de cartón

Para hacer la estructura del grafito se requieren los siguientes materiales:

- 7 $\frac{1}{8}$ de cartón paja blanco de 1 mm
 - 1 bisturí
 - 1 pegante
1. Diseña unos hexágonos cuyos lados midan 1,5 cm, realiza unos cortes de aproximadamente 4 a 5 mm a cada uno de los hexágonos en el centro de cada lado y haz un corte un poco más largo que salga desde una de las puntas del hexágono.

2. Diseña unos rectángulos de 6 cm de largo y 1 cm de ancho, también hazles unos cortes de aproximadamente 4 a 5 mm.
3. A cada una de las figuras (hexágonos y rectángulos) pégalas otra igual para mejorar la resistencia de las uniones y formar así una ficha con doble lámina.

Comprueba que tus fichas concuerden con el modelo que se presenta a continuación.



Figura 51. Fichas

Fuente: elaboración propia.

4. Luego, une dos de los hexágonos de tal manera que encajen de la siguiente manera para formar unos nodos.



Figura 52. Nodos

Fuente: elaboración propia.

5. Una vez que tengas las fichas, vas a armar la estructura del grafito. Sin embargo, para llegar a ella, primero debes armar la del grafeno como se observa en el siguiente modelo.

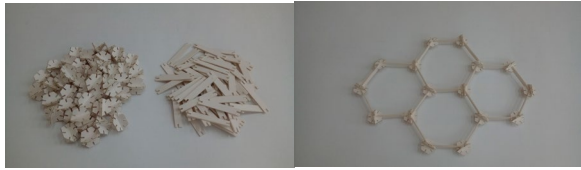


Figura 53. Fichas y estructura del grafeno

Fuente: elaboración propia.

Para construir esta estructura del grafeno con 4 hexágonos se emplearon 16 nodos y 19 rectángulos.

6. Ahora, sigue armando las fichas para llegar a la estructura del grafito. Para esta estructura se emplearon 48 nodos y 89 rectángulos.

Puedes desarmarla para volver a la estructura del grafeno o armar más capas encima para obtener el grafito.

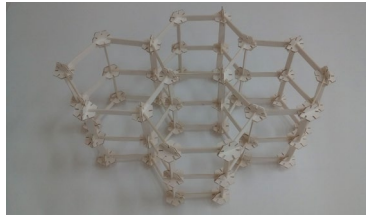


Figura 54. Estructura de grafito

Fuente: elaboración propia.

7. Nanotubos de carbono con *foamy*

Materiales:

- $\frac{1}{8}$ de *foamy*
- 1 bisturí
- $\frac{1}{8}$ de cartón paja
- Impresión de plantilla con hexágonos
- Pegante líquido o en barra
- Regla

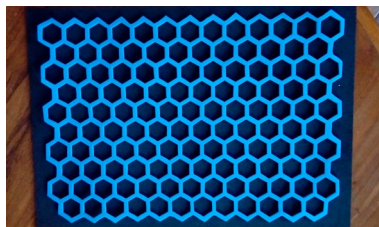


Figura 55. Plantilla en *foamy*

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

1. Imprime una plantilla de hexágonos y ajústala de tal manera que ocupe toda una hoja.
2. Pégalas en el $\frac{1}{8}$ de cartón paja.
3. Con el bisturí y con ayuda de la regla corta con cuidado cada uno de los hexágonos, de tal manera que queden huecos.
4. Coloca el *foamy* debajo de la plantilla y haz de nuevo los cortes de los hexágonos hasta obtener una lámina de grafeno.
5. Enrolla la lámina de diferentes maneras para formar el nanotubo de carbono.
6. Dóblalo de diferentes formas para obtener nanotubos con estructura en zigzag, silla y quirral.



Figura 56. Clasificación de los nanotubos de carbono

Fuente: Ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023) con base en Feria (2017).

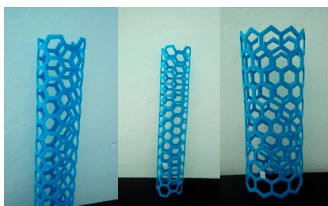


Figura 57. Representación didáctica de nanotubos de carbono con *foamy*

Fuente: elaboración propia.

Nanomateriales metálicos

Tabla 11. Nanomateriales metálicos

Tema	Nanomateriales metálicos
<p>Descripción: en estas sesiones se retoman conceptos básicos de nanopartículas metálicas, películas delgadas, nanopartículas de oro, nanopartículas de plata, nanopartículas de óxido de hierro y nanopartículas de óxido de zinc.</p>	
<p>Para cada uno de estos temas se proponen actividades como las siguientes:</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para iniciar el tema de nanopartículas metálicas se simula la construcción de un vitral en un acetato o con trozos de papel seda y se observa en un lugar donde no haya luz; luego, se expone a la luz del día y otras fuentes de luz y se observa para introducir la explicación de que el origen de las nanopartículas viene desde la Antigüedad y, sin saberlo o tener certeza de ello, ya se empleaban nanopartículas de oro y plata en vitrales de la época medieval. 2. Se hace un experimento con esmalte de uñas y cartulina negra o papel carbón para el tema de películas delgadas. 3. Se realiza una simulación de los colores que podrían tener las nanopartículas de oro a diferentes tamaños en la escala nanométrica para resaltar la importancia de las propiedades físicas. 4. Se propone una práctica para realizar síntesis de nanopartículas de plata y observar el comportamiento de la luz cuando se hace incidir un rayo láser en este medio. 5. Para el tema de nanopartículas de óxido de hierro se propone el diseño de un ferofluido casero. 	

Fuente: elaboración propia.

El origen de las nanopartículas metálicas

Para esta actividad se necesitan los siguientes implementos:

- Marcadores permanentes de colores
- Acetato

Una vez tengas estos implementos busca una imagen de un vitral de la época medieval e imprímela en blanco y negro en el acetato.



Figura 58. Vitrales de la época medieval

Fuente: Redgreystock en Freepik.

1. Después de tener la imagen impresa en blanco y negro, coloréala con los marcadores.
2. Una vez coloreada, expón la imagen a la luz del día, pégala y obsérvala en diferentes momentos del día (en la mañana, media mañana, tarde, media tarde y noche). Luego, ubica la imagen en otra fuente de luz, como la de una linterna, y obsérvala.
3. Responde según tu criterio: ¿por qué ocurren estas diferencias?

4. ¿Qué tienen que ver los efectos de los vitrales con nanotecnología?

5. ¿Qué es el dicroísmo y qué relación tiene con la copa de Lycurgus?

6. Consulta sobre la dureza de las espadas de Damasco.

7. ¿Qué puedes concluir de esta actividad?

Películas delgadas: la magia de la transparencia

Los materiales para esta práctica son:

- Esmalte de uñas transparente
- Un trozo de cartulina negra y papel carbón
- Recipiente con agua, de vidrio o plástico
- Lupa



Figura 59. Película delgada

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

1. Agrega agua a la cubeta o al recipiente de vidrio hasta unos 6 cm aproximadamente.
2. Sumerge el trozo de cartulina negra de tal manera que el papel quede cubierto de agua completamente.
3. Agrega unas gotas de esmalte sobre el papel.
4. Observa lo que ocurre cuando se esparce el esmalte.
5. Emplea la lupa y observa más detalladamente los resultados obtenidos.
6. Deja secar el papel.
7. Repite el experimento, pero con un trozo de papel carbón.
8. Una vez se haya secado, pega un trozo de cada uno en la tabla.

Cartulina	Papel carbón

1. ¿Por qué consideras que ocurrió este efecto en el papel?
¿A qué se debe? ¿Qué factores intervinieron para que se produjera?

2. Un ejemplo de iridiscencia es el que se observa en las burbujas de agua y jabón.
Consulta qué es la iridiscencia y menciona 2 ejemplos donde se pueda observar esta propiedad en la naturaleza.

3. ¿Qué son las películas delgadas?

4. ¿Qué relación existe entre una película delgada y la experiencia realizada?

5.5.3 Nanopartículas de oro

Materiales:

- 9 tubos de ensayo taparrosca
- 1 escarcha dorada o vinilo dorado
- 1 vaso de precipitado de 100 ml
- Marcadores, acuarelas o papel seda de color amarillo, amarillo oscuro, naranja, fucsia, morado, rojo, verde, azul
- Gotero
- 1 hoja de papel absorbente

Procedimiento:

En los vasos de precipitado agrega una muestra de agua y tíñela con los materiales que tengas (acuarela, tintas, papel seda) de tal manera que luego puedas trasvasar cada muestra a los tubos de ensayo taparrosca, teniendo en cuenta que un tubo debe quedar solo con agua y otro tubo debe quedar teñido con el vinilo o la escarcha dorada como se muestra en la imagen.



Figura 60. Tubos de ensayo

Fuente: elaboración propia.

1. Los estudiantes deben observar los tubos y responder las siguientes preguntas:

Marca con una X el tubo que podría corresponder a una solución de nanopartículas de oro. Justifica tu respuesta.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. Toma una muestra de los colores que se muestran de los tubos de ensayo con el gotero y adiciónalas en el papel absorbente teniendo en cuenta la siguiente secuencia de colores. Agrega las gotas necesarias para que el tamaño de cada gota concuerde con el que se observa en el modelo.



3. Si te dijeran que “todas las muestras contienen nanopartículas de oro”, ¿considerarías esta información falsa o verdadera? Marca con una X y justifica tu respuesta.

F____ V____

4. Consulta por qué las partículas de oro exhiben otros colores en la escala nano.

5. Marca con una X los factores que influyen en estos resultados.

- a) Tamaño
- b) Forma
- c) Método de síntesis
- d) Longitud de onda
- e) Composición

6. Para completar la siguiente tabla, ten en cuenta los colores observados en cada tubo de ensayo y averigua sobre el tamaño que podrían tener las nanopartículas de oro con esas coloraciones. En la tercera columna, representa cada nanopartícula según su tamaño.

Tubo	Tamaño	Nanopartícula
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Síntesis de nanopartículas de plata

Materiales:

- 2 pipetas de 10 ml
- 1 pera de succión
- 1 vidrio de reloj
- 2 probetas de 100 ml

- 1 Erlenmeyer de 250 ml
- 1 láser
- 2 vasos de precipitado de 100 ml
- 1 vaso de precipitado de 250 ml

Reactivos:

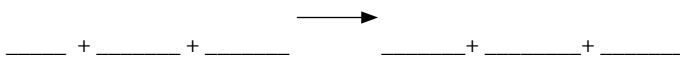
- 100 ml de solución acuosa 0,1 M AgNO_3
- 100 ml de solución acuosa 0,1 M α -D -Glucosa
- 200 ml de solución acuosa 0,2 % almidón soluble

Equipos:

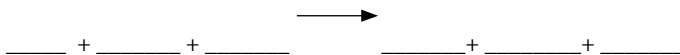
- Plancha de calentamiento

Después de preparar las soluciones a las concentraciones señaladas.

1. Propón una reacción química en la cual se mezclarán los tres reactivos preparados y balancéala.



2. Consulta cuál sería la reacción que se espera producir para la síntesis de nanopartículas de plata y compárala con la reacción propuesta anteriormente.



3. Realiza el procedimiento consignado en el diagrama de flujo.

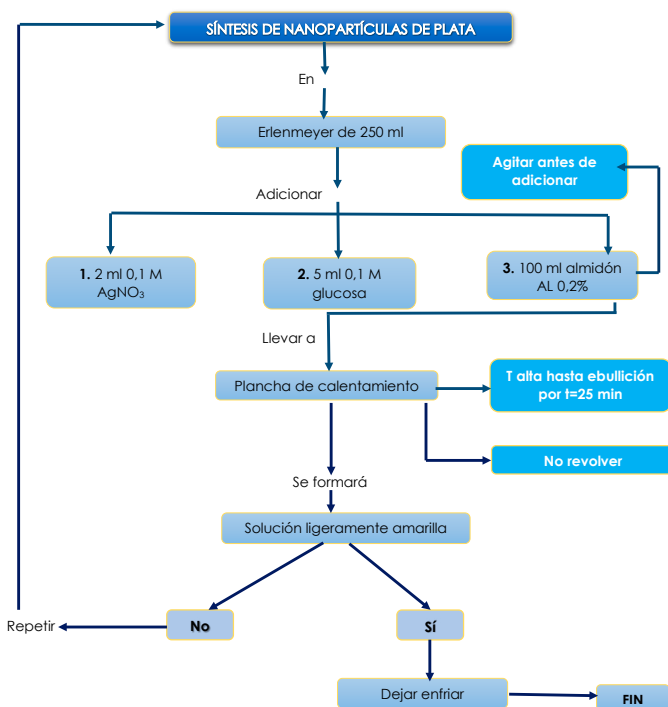


Figura 61. Síntesis de nanopartículas de plata (diagrama de flujo)

Fuente: elaboración propia con base en Tutor-Sánchez (2014).

4. Realiza el ensayo siguiendo los pasos descritos en el diagrama de flujo con la muestra preparada anteriormente.

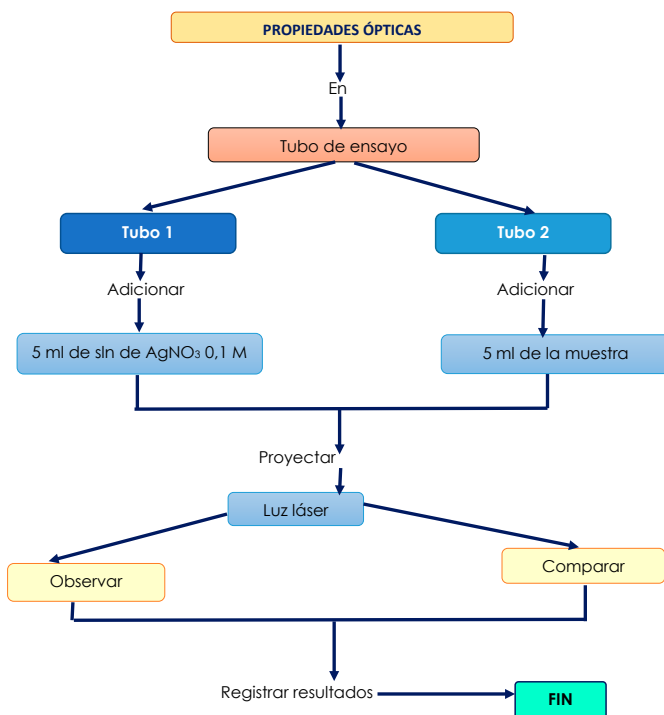


Figura 62. Propiedades ópticas (diagrama de flujo)

Fuente: elaboración propia con base en Tutor-Sánchez (2014).

5. Con base en los resultados obtenidos, responde:

Cuando se hace incidir el rayo láser en ambos tubos de ensayo, ¿qué puedes inferir? Consigna tus observaciones en la tabla.		
Parámetros de observación	Tubo 1 (AgNO ₃ 0,1 M)	Tubo 2 (Muestra preparada)
¿Cómo se ve el rayo de luz?		
¿Cómo se ve el color de la solución en los tubos?		
¿Qué factores intervienen en lo observado?		

Síntesis de nanopartículas de óxido de hierro

Reactivos:

- $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Na_2SO_3
- NaOH
- Agua destilada.

Materiales:

- 3 vidrios de reloj
- 1 espátula
- 1 balanza
- 1 plancha de calentamiento con agitación magnética
- Vasos de precipitados de 10 ml
- Matraces aforados de 10 ml
- Matraz aforado de 100 ml
- Erlenmeyer de 100

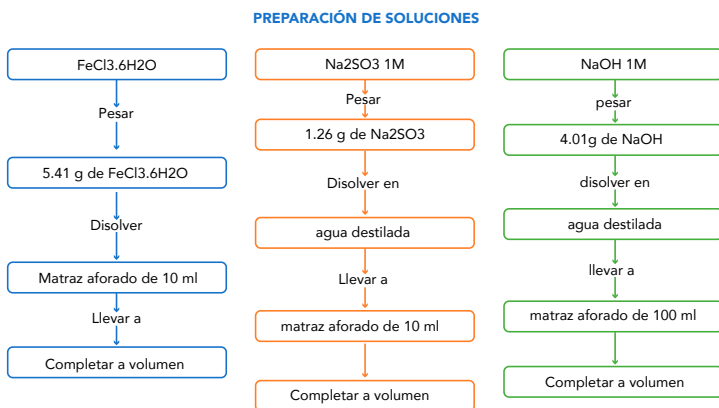


Figura 63. Preparación de soluciones (diagramas de flujo)

Fuente: elaboración propia con base en Maya *et al.* (2014).

Realiza el proceso descrito en el diagrama de flujo.

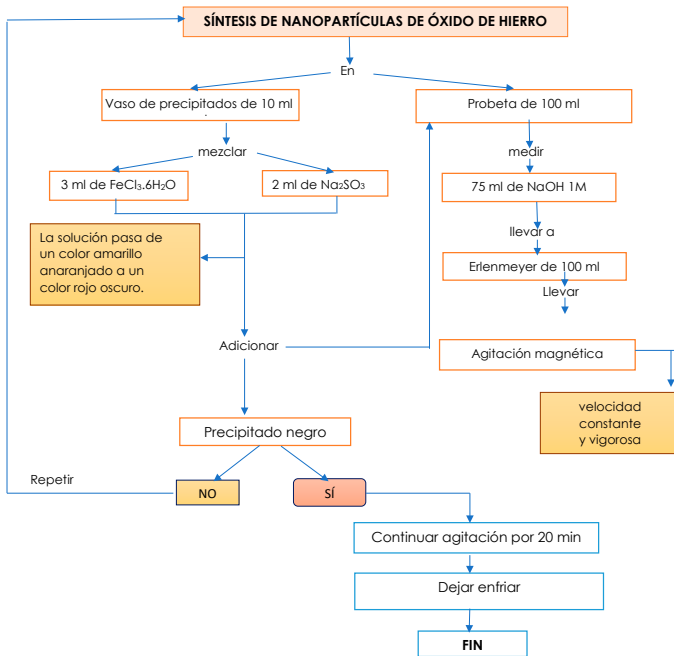


Figura 64. Síntesis de nanopartículas de óxido de hierro (diagrama de flujo)

Fuente: elaboración propia con base en Maya *et al.* (2014).

¿Qué cambios de color se observan a medida que se va formando la solución final?

Propiedades magnéticas:

- Adiciona 5 ml de la solución final a un tubo de ensayo taparroca.
- Acerca un imán a las paredes de los tubos.
- Gíralo en diferentes direcciones por el tubo de ensayo.
- Proyecta una luz láser que traspase la muestra.

1. ¿Qué ocurre cuando se pasa el imán por las paredes de los tubos?

2. ¿Cómo se observa el rayo de luz láser cuando atraviesa la muestra por el tubo de ensayo?

3. ¿Qué caracteriza las nanopartículas de óxido de hierro?

Ferrofluidos caseros

Para este experimento se necesitan los siguientes materiales:

- Tóner de impresora o fotocopiadora u óxido de hierro II
- Imán de neodimio
- Aceite para bebé
- Frasco de vidrio con tapa



Figura 65. Ferrofluido casero

Fuente: imagen de Freepik.

Procedimiento:

1. Sumerge el aceite en un recipiente.
 2. Añade el óxido de hierro hasta formar una pasta.
 3. Agrega agua.
 4. Tapa el frasco.
 5. Acerca el imán por las paredes del frasco.
-
1. ¿Qué ocurre cuando se desplaza el imán por las paredes del recipiente?

2. ¿Cuál es el papel del aceite en este experimento?

3. ¿Cuál podría ser la justificación para que se produzca este comportamiento en las partículas de óxido de hierro?

4. ¿Se observaría lo mismo si se realizara el experimento con óxido de hierro III? Justifica tu respuesta.

5. Consulta qué es un ferro líquido y cuáles podrían ser sus aplicaciones en la vida cotidiana.

Nanocompositos y otros materiales

Tabla 12. Nanocompositos y otros materiales

Tema	Nanocompositos y otros materiales
Descripción: Para llegar al concepto de nanocompositos se propone primero hacer una exploración con materiales cerámicos y realizar algunas pruebas para observar propiedades de estos materiales. Las actividades de estas sesiones consisten en:	

1. Realizar muestras con arcilla y yeso y comparar propiedades de estos materiales.
2. Diseñar tetraedros para explicar los silicatos y las diversas estructuras que pueden formarse, así como sus aplicaciones en la vida cotidiana.
3. Realizar una práctica con arena, una bandeja y un *spray* hidrofóbico para resaltar la importancia de nuevos materiales que emplean nanotecnología y tienen propiedades como la hidrofobicidad.
4. Preparar arena cinética con dos métodos distintos y manipular este material para determinar las diferentes propiedades de estos dos métodos.
5. Emplear alambres de nitinol para tratar el tema de materiales inteligentes y realizar pruebas con diferentes tipos de alambres para observar las propiedades de estos materiales.

Fuente: elaboración propia.

Propiedades de minerales

Para esta actividad se necesitan los siguientes materiales:

- Tapas
- Bolsa de plástico
- Yeso en polvo de color blanco
- Arcilla
- Espátula (palo, cuchara) para remover
- Guantes
- Agua
- Gafas protectoras para evitar cualquier contacto con los ojos
- Frasco de azul de metileno
- Acuarelas de colores
- Pincel
- Vaso de precipitado
- 1 agitador de vidrio
- 1 regla

Preparación:

1. Toma una cierta cantidad de yeso con la espátula y agrégala al vaso de precipitado.
2. Añade agua hasta formar una pasta.
3. Agita.

Procedimiento:

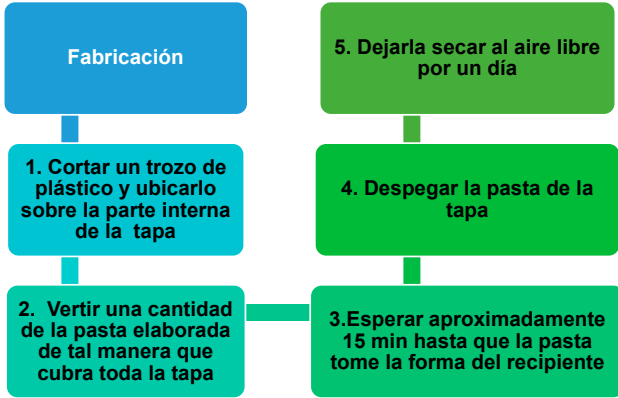


Figura 66. Procedimiento de propiedades de minerales

Fuente: elaboración propia con base en Alonso *et al.* (2014).

Repetir el mismo procedimiento, pero con una muestra de arcilla.

Pruebas:

1. Pinta con acuarela una parte de la muestra de yeso y arcilla.



Figura 67. Prueba de pintura en yeso y arcilla

Fuente: elaboración propia.

2. Deja secar.
3. Agrega unas gotas de azul de metileno sobre la superficie.



Figura 68. Adición de gotas de azul de metileno en superficie pintada

Fuente: elaboración propia.

4. Observa lo que ocurre.
5. Aplica otras gotas de azul de metileno, esta vez sobre la superficie que no fue pintada, tanto de la muestra de yeso como de la muestra de arcilla.



Figura 69. Adición de gotas de azul de metileno en superficie sin pintar

Fuente: elaboración propia.

6. Observa lo que ocurre.
7. Corta las muestras de tal manera que a un lado se pueda observar lo que ocurrió internamente con la muestra que fue pintada y en el otro trozo la que no se pintó.

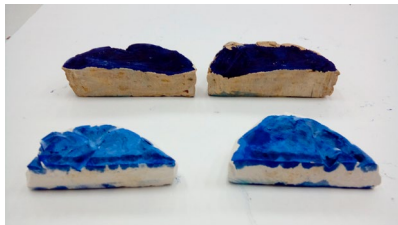


Figura 70. Análisis de la capacidad de impregnación de las muestras de yeso y arcilla

Fuente: elaboración propia.

8. Observa el interior de esas muestras.
9. Mide con la regla la capacidad de impregnación de ambos trozos en las dos muestras.
10. Consulta algunas propiedades de las muestras empleadas y completa la tabla.

Propiedades	Yeso	Arcilla
Color		
Fórmula química		
Aspecto		
Aplicaciones		

11. ¿Qué ocurre cuando se agregan unas gotas de azul de metileno a la superficie de ambas muestras?

Muestra de yeso	
Azul de metileno en superficie pintada	Azul de metileno en superficie sin pintar

Muestra de arcilla	
Azul de metileno en superficie pintada	Azul de metileno en superficie sin pintar

12. ¿Cuál fue el papel de la acuarela en estas muestras y cómo se pueden interpretar dichos resultados?

13. ¿Qué se observó al partir las muestras internamente y qué se puede concluir con relación a las medidas que se registraron con la regla?

Muestra de arcilla	
Superficie pintada	Superficie sin pintar

Muestra de yeso	
Superficie pintada	Superficie sin pintar

14. ¿A qué se deben estas diferencias? ¿Qué se puede concluir de esta práctica?

15. ¿Cuál de los dos materiales fue mejor ante las pruebas realizadas con el azul de metileno?

16. ¿Cuál fue el papel del agua al mezclarse con el yeso?
¿Se habría podido hacer la prueba con el yeso en estado natural?

Estructura de los silicatos

Para esta actividad se requieren los siguientes materiales:

- Cartón piedra
- Cartón paja
- Plantilla de tetraedros
- Pegante
- Bolas de icopor
- Acuarelas
- Palillos
- Marcador rojo
- Pincel
- Tijeras

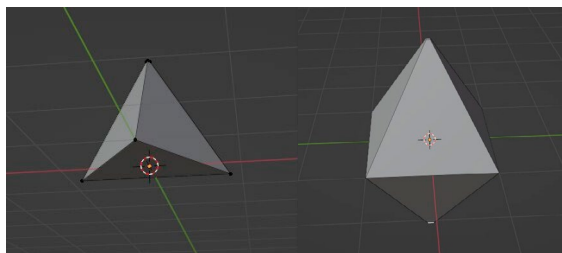


Figura 71. Tetraedro y octaedro

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares (2023).

Procedimiento:

1. Fotocopie las plantillas correspondientes para armar veinte tetraedros y diez octaedros. Péguelos en cartón piedra y recorte.
2. Una vez armados, pinte los tetraedros de color amarillo y los octaedros de color azul.
3. Luego, pinte de color rojo las bolas de icopor, de tal manera que a cada tetraedro le correspondan cuatro bolitas y a cada octaedro dos.
4. Una vez pintadas, únalas con ayuda de los palillos y ubíquelas en las esquinas de los tetraedros, coloque dos enfrentadas en los octaedros, como se observa en las siguientes figuras.
5. Los estudiantes deberán armar diferentes estructuras de los silicatos teniendo en cuenta la estructura, ubicación de los átomos, desde estructuras simples hasta estructuras más complejas, como la del talco hasta el de una nanoarcilla (montmorillonita) como se observa en la imagen.

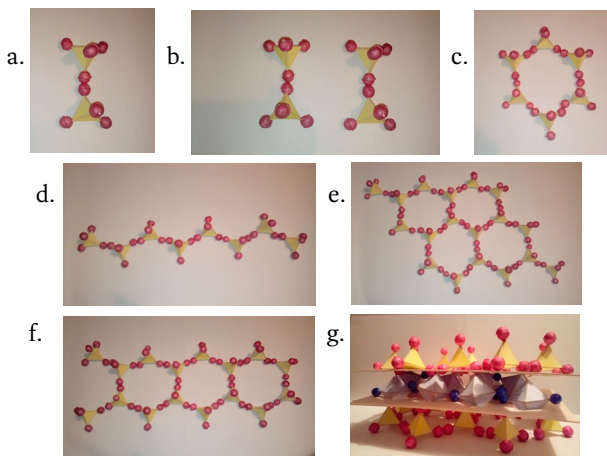


Figura 72. Estructuras de los silicatos

- a. estructura de un silicato, b. Sorosilicatos, c. ciclosilicatos,
d. inosilicatos piroxenos, e. filosilicatos, f. inosilicatos anfíboles,
g. estructura del talco.

Fuente: elaboración propia.

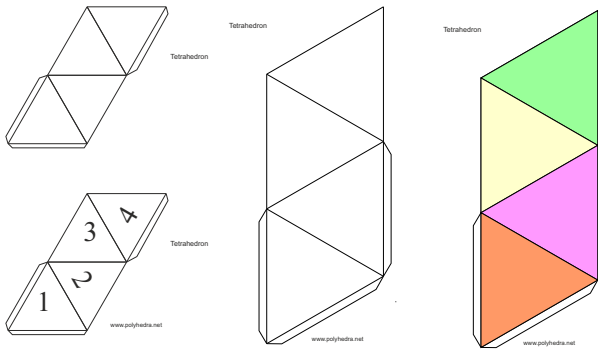


Figura 73. Plantilla para construcción de tetraedros

Fuente: Plantilla descargada por la autora, de polyhedra.net

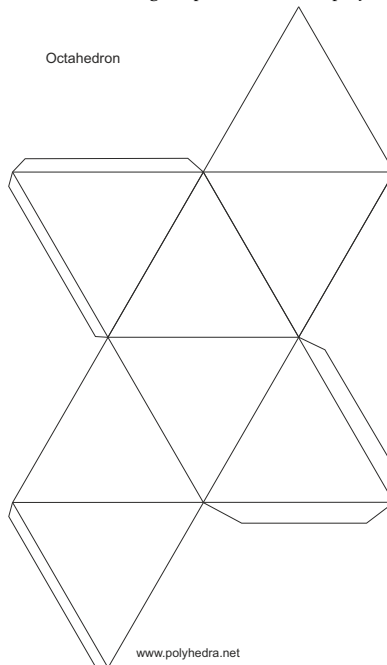


Figura 74. Plantilla para construcción de octaedros

Fuente: Plantilla descargada por la autora, de polyhedra.net

Reconocimiento de estructuras:

1. Una vez se hayan armado los tetraedros, es posible reconocer diferentes estructuras.

Arma las que aparecen en la tabla; para ello, primero consulta la fórmula correspondiente y juega con tus tetraedros. Luego, dibújala en la tabla.

Grupo	Fórmula	Estructura
Nesosilicatos		
Sorosilicatos		
Ciclosilicatos		
Inosilicatos-Piroxenos		
Inosilicatos-Anfiboles		
Filosilicatos		
Tectosilicatos		

Ahora que ya identificaste las estructuras básicas de los silicatos, es posible armar unas estructuras más complejas.

2. Intenta armar la estructura del talco y de una nanoarquilla (montmorillonita). Para ello, debes pintar otras bolas de icopor de otros colores para que simulen los átomos de H, Al, Fe, Mg.

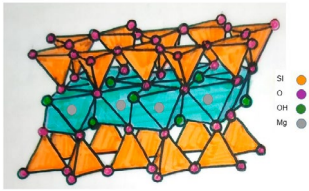


Figura 75. Estructura del talco

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023), con base en Oliveira (2017).

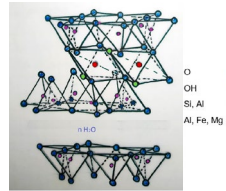


Figura 76. Estructura de una nanoarcilla

Fuente: ilustración realizada por Diego Armando Olivares Rodríguez (2023), con base en Pinto (2016).

Arena mágica

Los materiales que necesitas son los siguientes:

- Arena
- *Spray* impermeabilizante para calzado
- Bandeja
- Recipiente transparente
- Frascos de vidrio o vasos de precipitado

Procedimiento:

1. Toma una muestra de arena y expándela en una bandeja.
2. Rocía la arena con el *spray* impermeabilizante y déjala secar por uno o dos días.
3. Agita la arena y aplica dos o tres capas más con el *spray*.
4. Déjala secar durante uno o dos días.



Figura 77. Muestra de arena

Fuente: elaboración propia.

Pruebas:

Agrega agua en un recipiente transparente y empieza a añadir de a poquitos la arena que obtuviste.

En comparación con la arena normal y la arena que preparaste, ¿qué puedes concluir cuando esta se sumerge en el agua?



Figura 78. Análisis del comportamiento de la arena en el agua

Fuente: elaboración propia.

1. Registra las observaciones en la tabla.

Arena normal + agua	Arena preparada + agua

2. ¿Qué ventajas tendría implementar la arena preparada en áreas como la construcción?

3. Consulta qué es una nanoarcilla y qué aplicaciones tiene.

4. ¿Cómo se relaciona la preparación de esta arena con nanotecnología?

Arena cinética 1

Materiales:

- Arena
- Pegante
- Bórax
- Agua
- 1 témpera de color rojo u otro de tu preferencia
- 2 recipientes
- 1 vaso de precipitado de 250 ml

Procedimiento:

1. Inicialmente calienta una cantidad mínima de agua.
2. Toma una cantidad de arena en un recipiente y pinta con la témpera de color rojo.
3. En un vaso de precipitado agrega el agua caliente y luego una pequeña cantidad de bórax.
4. En otro recipiente se adiciona una cantidad considerable de pegante líquido.
5. Al recipiente que contiene pegante se le agrega una cantidad del agua con bórax y se mezcla hasta que se forme un *slime* que se pueda moldear.
6. Luego empieza a colocar arena de a poquitos en el *slime* hasta que toda la arena se impregne.
7. Finalmente moldea y elabora las figuras. (*El taller de AJ*, s. f.)

1. Luego de formar la arena cinética, ¿qué puedes percibir con respecto a la arena preparada y la arena normal?

Propiedades	Arena normal	Arena cinética
Color		
Textura		
Tamaño de grano		
Forma		

2. En una palabra, describe lo que sientes al tocar la arena cinética y al tocar la arena normal.

Arena cinética 1: _____

Arena normal: _____

3. Arma una figura con la arena cinética y luego intenta realizar la misma figura con la arena normal.

¿Qué puedes concluir?

4. Consulta qué es la arena cinética.

5. ¿Qué es el polidimetilsiloxano o PDMS? ¿Qué tiene que ver con la arena cinética?

6. ¿Qué aplicaciones podría tener la arena cinética?

Arena cinética 2

Materiales:

- 1 cucharada grande de maicena
- Arena
- 1 témpera
- 15 ml de jabón líquido para platos
- 3 recipientes

Procedimiento:

1. Pinta la arena.
2. En un recipiente, pon una cantidad de arena, agrégale una cucharada grande de maicena y mézclala.



Figura 79. Arena con maicena

Fuente: elaboración propia.

3. En otro recipiente, colocar un poco de jabón líquido para platos y adicionarlo en la mezcla de arena con maicena.



Figura 80. Mezcla de arena con jabón líquido

Fuente: elaboración propia.

4. Mezclarlo hasta obtener una masa más compacta.



Figura 81. Arena cinética

Fuente: elaboración propia.

1. Realiza figuras con la arena cinética 1 y la arena cinética 2 como se observa en la imagen.

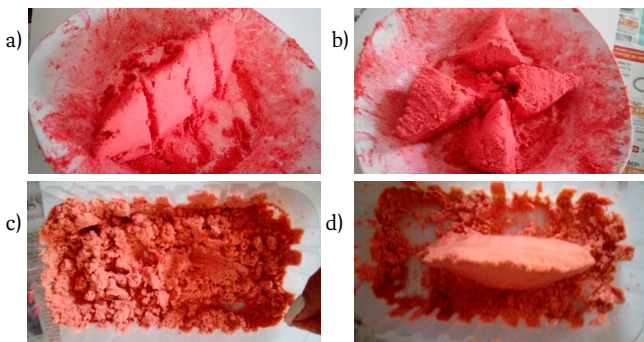


Figura 82. Figuras con arenas cinéticas

a) y b) arena cinética 1 c) y d) arena cinética 2

Fuente: elaboración propia.

Intenta realizar las mismas figuras con la arena normal.

2. Observa las características consignadas en la tabla y marca con una X la opción correspondiente para cada tipo de arena.

Características	Se mancha		Se moldea		Se desmorona		Se mueve	
	Sí	No	Sí	No	Sí	Nó	Sí	No
Arena cinética 1								
Arena cinética 2								
Arena normal								

3. ¿Cuál de las dos arenas cinéticas te parece mejor y por qué?

Materiales inteligentes

Materiales:

- 1 trozo de alambre de cobre de 12 cm aproximadamente
- 1 trozo de alambre de 0,2 mm de 12 cm aproximadamente
- 1 trozo de alambre grueso de 12 cm aproximadamente
- 1 trozo de alambre de nitinol de 12 cm aproximadamente
- 1 trozo alambre de nitinol-termo de 12 cm aproximadamente

Propiedades de alambres:

Completa las siguientes tablas con base en cada uno de los procedimientos que se indican y registra lo observado. También debes dibujar lo que se observa o hacer un registro fotográfico.

Procedimiento 1. Tomar un trozo de cada uno de los alambres y darle forma de U					
Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Procedimiento 2. Doblar el alambre en forma de O					
Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Procedimiento 3. Desdoblar el alambre y nuevamente doblarlo en forma de U					
Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Procedimiento 4. Desdoblar el alambre y dejarlo en forma de línea					
Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Observaciones					
---------------	--	--	--	--	--

Procedimiento 5. Doblar de nuevo el alambre doblemente enrollado






Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Procedimiento 6. Desdoblarlo y dejarlo nuevamente en forma de U

Alambre	1	2	3	4	5
Observaciones					

Procedimiento 1

	1	2	3	4	5
Procedimiento 1					

Procedimiento 2					

Procedimiento 3					

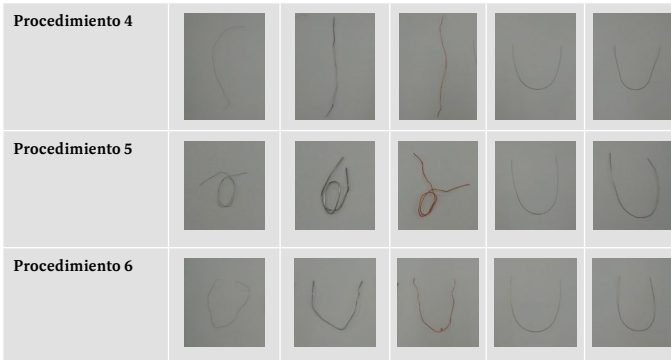


Figura 83. Resultados esperados propiedades de los alambres

Fuente: elaboración propia.

1. En el cuadro correspondiente, de 1 a 5 enumera cuál de los alambres se dobla más fácil, donde 1 es el más fácil de doblar y 5 el más difícil.

Alambre delgado de 0,2 mm

Alambre grueso

Alambre de cobre

Alambre de nitinol

Alambre de nitinol-termo

2. Qué se puede concluir con respecto a la forma inicial de los alambres y a la forma final de cada uno. Observa los dibujos o registros fotográficos para determinar estos resultados.

Alambres	Conclusiones
1	
2	

3	
4	
5	

3. ¿Qué ocurre con los alambres de nitinol? ¿Por qué crees que ocurre este efecto especialmente en estos?

Prueba de temperatura

Materiales:

- 1 recipiente transparente
- 1 pinza
- 1 plancha de calentamiento
- 1 vaso de precipitado

Trabajo previo:

Enrollar todos los alambres en forma de espiral.



Figura 84. Prueba de temperatura

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

1. Calienta agua en el vaso de precipitado.
2. Vierte el agua en el recipiente transparente o déjala en el mismo vaso.
3. Con las pinzas, toma uno de los alambres y sumérgelo en el agua.
4. Observa lo que ocurre.
5. Saca el alambre del recipiente.
6. Repite este procedimiento hasta que hayas sumergido todos los alambres.

Realiza un registro fotográfico o un dibujo de lo observado en la siguiente tabla.

Tipo de alambre	Antes del calentamiento	Después del calentamiento
Alambre 1		
Alambre 2		
Alambre 3		
Alambre 4		
Alambre 5		

1. ¿Por qué crees que los alambres de nitinol reaccionan de manera distinta a los demás alambres?

2. ¿Cómo puedes relacionar las propiedades de estos alambres con nanotecnología?

3. Consulta qué es el nitinol.

4. ¿Por qué crees que los alambres tienen forma de U? ¿Qué otras aplicaciones tienen o podrían tener?

5. Consulta qué es un material inteligente.

Nanotoxicología

Tabla 13. Nanotoxicología

Tema	Nanotoxicología
	<p>Descripción: en esta sesión se tratan aspectos relacionados con aplicaciones y crecimiento de productos nano, cadena de valor, impactos, riesgo de nanopartículas, exposición, toxicidad, panorama en Colombia y retos. Se hace énfasis en la importancia de que ya existan algunas normas técnicas colombianas (NTC) que se han venido concertando y que son importantes para regular este tipo de tecnologías en el país. Como actividad con los estudiantes se propone un juego denominado Escalera nanotoxicológica, en el cual aparecen preguntas como:</p> <ul style="list-style-type: none">A. ¿Cuáles son los impactos de los nanomateriales?B. ¿Cuáles son los riesgos a los que se está expuesto por contacto con nanomateriales?C. Menciona dos aplicaciones de nanomateriales.D. Nombra algunos elementos de protección personal.E. ¿Quiénes deben trabajar por la regulación y el control con nanomateriales?F. ¿Cuáles son los retos que se deben asumir en torno a la nanotoxicología? <p>Con este tipo de preguntas se puede hacer interactivo el juego con los aprendizajes que se espera que los estudiantes alcancen con respecto a la nanotoxicología.</p>

Fuente: elaboración propia.

1. Recorta la escalera (figura 85).
2. Consigue fichas y dados.
3. Los estudiantes deben jugar y responder las preguntas en su cuaderno.

1	2	3	4	5	6	7	8	
				Una de las vías de exposición por nanomateriales es la inhalación			Podrían afectar el sistema respiratorio	
SALIDA								
16	15	14	13	12	11	10	9	
17		18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	
	FORMA			Menciona 2 aplicaciones de nanomateriales				
40	39	38	37	36	35	34	33	
		Algunos nanomateriales podrían afectar los tejidos	Otros partículas podrían llegar hasta el hígado		¿Cuáles son los riesgos a los cuales se está expuesto por contacto con nanomateriales?	Algunos nanomateriales pueden penetrar por la piel		
41	42	43	44	45	46	47	48	
¿Cuáles son los impactos que generan nanomateriales?							Nonopartículas podrían afectar el sistema cardiovascular	
49	50	51	52	53	54	55	56	
	Nombre el nanomaterial							
64	63	62	61	60	59	58	57	
Nombre algunos Elementos de protección personal				¿Están Nanopartículas se encuentran en protectores solares?				
65	66	67	68	69	70	71	72	
					¿La forma y el tamaño se ven afectados en este tipo de Nanopartículas?			
73	74	75	76	77	78	79	80	
							Nombre el nanomaterial	
88	87	86	85	84	83	82	81	
¿Quiénes deben trabajar por la regulación y el control con nanomateriales?	Nombre el nanomaterial		SOLUBILIDAD		Es importante a la hora de estar en contacto con cualquier nanomaterial...			
89	90	91	92	93	94	95	96	
		NTC 6149					¿Cuáles son los retos que se deben asumir dentro a la Nanotoxicología? Llegada	

Figura 85. Juego Escalera Nanotoxicológica

Recomendaciones finales

La nanoeducación es un campo educativo primordial que debe vincularse progresivamente en los currículos de los programas de pregrado y posgrado de formación docente actuales en las instituciones educativas de educación superior. De esta manera, cada día egresarán docentes más preparados que puedan intervenir en sus clases con noticias, conceptos y temáticas más actuales y modernas para comprender los avances científicos y tecnológicos que no son ajenos a nuestra realidad.

Cada día la lista de artículos y productos que contienen nanotecnología va en ascenso, y es necesario que se empiece a fortalecer la educación científica desde la educación primaria, secundaria y media para que podamos formar ciudadanos que usen de manera responsable los artículos que adquieren y comprendan no solo sus ventajas, beneficios y posibles riesgos, sino además toda la ciencia que hay detrás de la fabricación de estos productos.

En los próximos años, los temas de nanociencia y nanotecnología se proyectan como áreas fundamentales y obligatorias que deben incluirse en las mallas curriculares o estándares de competencias, así como ya lo son actualmente en varias instituciones educativas de los países más desarrollados.

Mientras que esto ocurre, es importante que los docentes se sigan capacitando y preparando mediante la exploración de los diferentes recursos. Como se pudo evidenciar en este libro, existen múltiples recursos y herramientas que pueden ser contempladas por los docentes dependiendo del contexto educativo, la edad de los estudiantes y los materiales que tenga a su alcance o disposición. Entre otras opciones, se puede contemplar el uso de TIC, trabajos

prácticos de laboratorio, analogías o modelos analógicos, juegos, entre otras experiencias que, más allá de requerir grandes materiales y laboratorios, pueden ser llevadas al salón de clases con dinamismo y creatividad por parte de los maestros.

Mediante este libro se invita a todos los lectores, docentes y otros profesionales de la educación a continuar trabajando por la divulgación y replicación de temáticas nano en distintos escenarios educativos de la educación formal y no formal, en la educación urbana o en la educación rural. Esto hará posible unir las brechas en las que se ha delegado a los científicos o docentes de ciencias como los únicos responsables de impartir conocimientos de ciencia y tecnología en los niños, adolescentes y jóvenes.

Los temas de nanociencia y nanotecnología también pueden implementarlos docentes de otras asignaturas. Al respecto, se recomienda leer el libro *Nanoeducación: una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología desde las asignaturas de la educación básica en Colombia*, de mi autoría, donde podrán aprender y reconocer las diferentes temáticas y conceptos que se pueden articular, los cuales seguramente serán de gran interés y cautivarán su atención para tomar la iniciativa de transmitir estos conocimientos en sus asignaturas.

Sin duda, los docentes deben ser los primeros en motivarse y experimentar nuevos recursos educativos para poder ser fuente de inspiración y admiración para sus estudiantes. Sin embargo, es preciso que se implementen programas, proyectos o iniciativas donde diferentes actores y profesionales de los sectores académico, industrial, empresarial y científico puedan aunar sus esfuerzos y garantizar la actualización de los docentes. Por otra parte, se hace necesaria la renovación de los lineamientos educativos para que se ajusten a los actuales avances científicos y tecnológicos, en los que la enseñanza de la nanociencia y la nanotecnología no quede por fuera de los currículos y programas de la educación básica, primaria, secundaria y media. Por lo tanto, debe ser una prioridad garantizar que estos contenidos sean incluidos en asignaturas, electivas y seminarios de las carreras de formación docente para que los futuros

docentes tengan una mayor preparación y puedan replicar estos conocimientos con sus estudiantes. Este es el camino para formar ciudadanos con mayores capacidades de asombro y curiosidad, que puedan ampliar su interés por la ciencia a través del estudio de los materiales que están revolucionando los actuales y futuros avances tecnológicos.

Referencias

- A beginning chemist: How to succeed. Chemistry.* (2019). Libretexts. https://chem.libretexts.org/Courses/College_of_Marin/CHEM_114%3A_Introductory_Chemistry/01%3A_The_Chemical_World/1.05%3A_A_Beginning_Chemist-_How_to_Succeed
- Alonso, M. Sánchez, M., Rio, O. y Flor-Laguna, V. (2014). Los nanomateriales en la construcción. En *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria. NanODYF Red José Roberto Leite-CYTED*. https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf
- Aragón, S. (2020). *Retos nano-didácticos: una aproximación en básica primaria a los conceptos de nanociencia y nanotecnología* [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78842>
- Argote, J. (2019). Nanomateriales: riesgos para la salud y recomendaciones en el manejo de nanopartículas en entornos laborales. *Interempresasmedia*. <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/250630-Nanomateriales-riesgos-salud-recomendaciones-manejo-nanopartículas-entornos-laborales.html>
- Arias, H. (2019). Nanobots y medicina. *LaRepublica.net*. <https://www.larepublica.net/noticia/nanobots-y-medicina>
- Ariza, L. y Torres, L. (2014). *Propuesta de alfabetización científica y tecnológica desde el estudio químico de la síntesis, caracterización y aplicación de Aerogeles de carbono* [tesis de pregrado]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Armadura de Iron Man: Mark L. Fandom. (s. f.) *Marvel Cinematic Universe Wiki*. https://marvelcinematicuniverse.fandom.com/es/wiki/Armadura_de_Iron_Man:_Mark_L
- Arrieta, E. (2020, 4 de marzo). Bloodshot: el super soldado de Valiant Cómics llega a la gran pantalla. *Viniloblog*. <https://viniloblog.com/bloodshot-pelicula-valiant-comics/>
- Arteaga, E., Armada, L. y Del Sol Martínez, J. L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], 8(1), 169-176. <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Así es el IceHotel 365 el hotel de hielo permanente de Laponia. (2008-2022). *Sweetsweden*. <https://www.sweetsweden.com/turismo-y-viajes-a-suecia/asi-es-el-icehotel-365-el-hotel-de-hielo-permanente-de-laponia/>

- Así se ve con un microscopio electrónico. (2011). *Friki.net*. <http://www.friki.net/fotos/78235-asi-se-ve-con-un-microscopio-electronico.html>
- Atria Innovation. (2020). *¿Cuáles son los materiales del futuro?* <https://www.atriainnovation.com/7-materiales-del-futuro/>
- Balaban, M. (2018). Nanometrology. En M. Ersöz, A. İřitan y M. Balaban (Ed.), *Nanotechnology 1: Fundamentals of nanotechnology* (pp. 47-57). Universal Nanotechnology Skills Creation and Motivation Development/Uninano
- Barhoum, A., García-Betancourt, M. L., Jeevanandam, J., Hussien, E. A., Mekkawy, S. A., Mostafa, M., Omran, M. M., S. Abdalla y M. Bechelany. (2022). Review on natural, incidental, bioinspired, and engineered nanomaterials: History, Definitions, classifications, synthesis, properties, market, toxicities, risks, and regulations. *Nanomaterials*, 12(177). <https://doi.org/10.3390/nano12020177>
- Barmby, P., Kind, P. y Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093.
- Barral, M. (2018, 11 de octubre). El secreto del colorido plumaje de las aves. *OpenMind BBVA*. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/biociencias/el-secreto-del-colorido-plumaje-de-las-aves/>
- Binnig, G. y Rohrer H. (1985). The Scanning Tunneling Microscope. *Scientific American*, 253, 50-56.
- Brgfx (s. f.). Una plantilla de etiqueta con cristalería de laboratorio aislada. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/plantilla-etiqueta-cristaleria-laboratorio-aislada_16463397.htm#query=vaso%20de%20precipitado&position=2&from_view=search&track=ais
- Buitrago, L. (2015). *Las analogías como estrategia de enseñanza en el aprendizaje del campo conceptual de la respiración* [tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Manizales.
- Busquets, T., Silva, M. y Larrosa, P. (2016). Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Nuevas aproximaciones y desafíos. *Estudios Pedagógicos* [Número Especial 40 años], 117-135.
- Cadena Ser (2019). *Las mejores imágenes a vista de microscopio*. https://cadenaser.com/ser/2019/01/15/album/1547542294_981411.html
- Calderon, K. (2013). *La didáctica de hoy*. Euned.
- Camacho, Á., Duarte, Á., Dubay, D., Forero, E., González, E., Jaramillo, F., Maldonado, C., Montoya, J., Obregón, N., Osma, J., Sierra, C. y Urquijo, W. (2016). Definición de nanomateriales para Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 45(1), 15-20. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n1.58955>
- Camacho, M., Batista, D., Mora, R., Vega, J. y Montes de Oca, G. (2022). Estrategia de difusión de la nanotecnología: Enseñanza interdisciplinaria a profesores de educación primaria. *Uniciencia*, 36(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.36-1.3>

- Campbell, D., Miller, J., Bannon, S. y Obermaier, L. (2012). *Exploring the Nanoworld with LEGO Bricks*. Bradley University.
- Chacón, A. (2015). *Clasificación de los trabajos prácticos contenidos en libros de texto de Física en la Educación Media* [tesis de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Christoph, R. y Muñoz, R. (2015, agosto). Nanotecnología parte 1: sobre el contexto de las dimensiones nanométricas. *Nanotecnia: Boletín Mensual Divulgativo*. http://nanotecnia.ufg.edu.sv/frm/news-letters/Nanoboletin_Agosto2015.pdf
- Claxton, G. (1999). *Educación de mentes curiosas: el reto de la ciencia en la escuela*. Visor Distribuciones.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D. y Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de Ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 36(2), 279-293.
- Crea rompecabezas interactivos fácilmente. (s. f.). *Puzzle.org*.
<https://puzzle.org/es/>
- Cyted. (2013). *Situación en algunos países de Iberoamérica acerca de la formación de conocimientos sobre nanociencia y nanotecnología en la enseñanza universitaria*. Red José Roberto Leite de Divulgación y Formación en Nanotecnología. (nanODYF). https://www.acefyn.com/EDU-DINA/documentos/nanotecnologia_ensenanza_universitaria.pdf.
- Delgado, G. (2008). *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*. Ceiiich, UNAM.
- Díaz del Castillo Rodríguez, F. (2012). *Introducción a los nanomateriales*. Cuautitlán Izcalli, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (UNAM), Departamento de Ingeniería, Laboratorio de Tecnología de Materiales.
- Díaz, J. y Baidal, M. (s. f.). *Nanoinventum: creando el nanofuturo desde primaria*. <https://nanoinventum.blogspot.com/p/maletin-nanoexplora.html>
- Dogangun, M. (2015, 20 de enero). Imitando la nanotecnología de la naturaleza: del ala de una mariposa a las tecnologías para la prevención de la falsificación. *Nano sostenible*. <https://nano-sostenible.com/2015/01/20/imitando-la-nanotecnologia-de-la-naturaleza/>
- Ebrahimi, N. y Mansoori, G. A. (2014). *Reliability for drug targeting in cancer treatment through* Educar (s. f.). El microscopio de efecto túnel. https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__496a38c4-b50c-4412-bbba-30fa0ce62dae/107908/index.html
- Eiroforum. (s. f.). *Science in School*. <https://www.scienceinschool.org/>
- El Taller de A. J. (2016). *Arena kinética* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=1NHNrN-h8YI>
- El Taller de A. J. (s. f.). *Arena kinética* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=1NHNrN-h8YI>

- Espinoza, E., González, K. y Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.
- Estructura de hexágonos*. <https://clipart.wpblink.com/hexagon-clipart/hexagon-clipart-printable>
- Experiencia Colombia. (s. f.). *Reserva natural flor de loto*. [http://www.experienciacolombia.com/directorio-turistico.php?Colombia=Leticia\(Amazonas\)&-Reserva-Natural-Flor-De-Loto&d=1036](http://www.experienciacolombia.com/directorio-turistico.php?Colombia=Leticia(Amazonas)&-Reserva-Natural-Flor-De-Loto&d=1036)
- Explore with the SEM simulator. (s. f.). *Myscope Explore*. <https://myscope-explore.org/index.html>
- Feria, E. (2017). *Modulación mecano-óptica mediante nanotubos de carbono de multipared* [tesis de doctorado]. Instituto Politécnico Nacional, <https://docplayer.es/76007687-Modulacion-mecano-optica-mediante-nanotubos-de-carbono-de-multipared.html>
- Fernández, A. (2013). *Estudio de la hidrofobicidad y autolimpieza en materiales con nanotratamientos superficiales* [tesis de pregrado]. Universidad Autónoma de Barcelona. https://ddd.uab.cat/pub/treecpro/2013/hdl_2072_234675/PFC_AgustinFernandezCanete.pdf
- Fondo futurista de formas geométricas. (s. f.). Freepik. https://www.freepik.es/vector-gratis/fondo-futurista-formas-geometricas_18954512.htm#page=2&query=estructuras%20nano&position=6&from_view=search&track=ais
- Forester, A. (2011, 7 de febrero). Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. *El maestro rural*. <https://www.mep.go.cr/noticias/el-maestro-rural>
- Forma completa del fenómeno ferrofluídico magnético. (s. f.). *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/forma-completa-fenomeno-ferrofluidico-magnetico_5282827.htm#query=ferrofluido%20casero&position=0&from_view=search&track=ais
- Forma redondeada puntiaguda de metal ferromagnético. (s. f.). *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/forma-redondeada-puntiaguda-metal-ferromagnetico_5282822.htm#query=nanomaterial%20structures&position=44&from_view=search&track=ais#position=44&query=nanomaterial%20structures
- Franco, J. (2013, 7 de septiembre). *Ecoark* en Taiwán: una mega-estructura construida con botellas de plástico recicladas. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.mx/mx/02-290580/ecoark-en-taiwan-una-mega-estructura-construida-con-botellas-de-plastico-recicladas>
- Fundación Argentina de Nanotecnología. (FAN). (2022). *Nano por un día*. <https://www.nanoporundia.org/web/>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt). (2009). *Nanociencia y nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. <https://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-nanociencia-y-nanotecnologia-entre-la-ciencia-ficcion-del-presente-y-la>

- Galagovsky, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales: el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Galera, A. (2015). El impacto de la nanotecnología sobre la seguridad y la salud laboral. *ORP Journal*.
- García, J. (2015, 13 de abril). ¿Hay algo que no se pueda conseguir con oro? *Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea*. [ISQCH]. <https://isqch.wordpress.com/2015/04/13/hay-algo-que-no-se-pueda-conseguir-con-oro/>
- Garritz, A. (2001). Veinte años de la teoría del cambio conceptual. *Educación Química*, 12(3), 123-126.
- Gaviria, M. et al. (2013). Red Tecnoparque Sena: una puerta tangible a la nanotecnología. *Revista de Física*, 46E.
- Generalidades de los conductores y aislantes. *Blogspot*. (s. f.) <http://grupo230991.blogspot.com.co/2011/08/1-tabla-de-resistividades-de-materiales.html>
- Giraldo, J., González, E. y Gómez, F. (2007). *Nanotecnociencias: nociones preliminares sobre el universo macroscópico*. Ediciones Buinaima.
- Greco, M. (2004). *La enseñanza de los niveles de organización en sistemas biológicos: un modelo didáctico analógico* [tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Martín.
- Hermosa mariposa en la naturaleza. (s. f.). *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/hermosa-mariposa-naturaleza_43700177.htm#query=morpho%20azul&position=11&from_view=search&track=ais
- Healy, N. (2009). Why nano education. *Journal of Nano Education*, 1(1), 6-7. <https://www.ingentaconnect.com/content/asp/jne/2009/00000001/00000001/art00002>
- Hernández, J. (2012). *Microscopios virtuales: Crea y aprende con Laura*. <https://creaonlaura.blogspot.com/2012/03/microscopios-virtuales.html>
- Inauguración Museo de Nanotecnología Universidad de los Andes. (2019). *Ingeniería Eléctrica y Electrónica Uniandes*. https://www.facebook.com/IngElectricayElectronicaUniandes/photos/?tab=album&album_id=2904937176207934
- Infosalus. (2018). ¿Qué hace tu cuerpo todo el día sin que te des cuenta? <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-hace-cuerpo-todo-dia-te-des-cuenta-20180519075942.html>
- International Center for Nanosystems and Quantum Technologies [ICNQT] (s. f.). *What is so special about nano scale*. <http://icnqt.com/what-is-so-special-about-nano-scale/>
- Kaya, N. y Karataş, H. (2016). Nanotechnology in the curriculum: A review of the literature. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education*, 8(2), 49-58.

- La belleza de lo minúsculo: 24 objetos cotidianos vistos bajo el microscopio. (2014). *El Confidencial*. https://www.elconfidencial.com/multimedia/album/tecnologia/2014-06-27/la-belleza-de-lo-minusculo-25-objetos-cotidianos-vistos-bajo-el-microscopio_153137#0
- Laszcz, M. (2021). *Exploring student engagement with a nanotechnology module for middle school developed using the model of educational reconstruction* [tesis de maestría]. University of Massachusetts. https://scholarworks.umb.edu/masters_theses
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, L. Matsudaira, P. Baltimore, D. y Darnell, J. (2000). Microscopía y arquitectura celular. *Biología Celular Molecular*, 4.
- Mansoori, G. A. (2005). Principles of nanotechnology. *World Sci Pub Co*.
- Mansoori, G. A. (2017). An introduction to nanoscience & nanotechnology. Nanoscience and plant-soil systems. En M. Ghorbanpour, K. Manika, A. Varma (Eds.), *Nanoscience and plant-soil systems* (pp. 1-20). Springer Soil Biology Series.
- Marín, M. (2008). *El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas* [tesis de maestría]. Universidad del Valle.
- Maya, J., Calderón, M. y Vericat, C. (2014). Síntesis de nanopartículas magnéticas de óxido de hierro. *En Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria. NanoDYF red José Roberto Leite-CYTED*. https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf
- 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>
- Mico, J. (2017). Realidad virtual en clase: vivir experiencias en lugar de estudiar con libros. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20170805/43352687744/realidad-virtual-educacion-vr-clases-profesores.html>
- Modelo de papel de poliedros. *Polyhedra*. <https://www.polyhedra.net/es/>
- Molina, M., Carriazo, J. y Casas, J. (2013). Estudio transversal de las actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grado quinto a undécimo: adaptación y aplicación de un instrumento para valorar actitudes. *Revista TED*, 30, 103-122.
- Montero, B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: una revisión de la literatura. *Revista Pensamiento Matemático*, 7(1), 75-92.
- Nanobots. (s. f.) *Areatecnología*. <https://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/nanobots.html>
- NanoHUB. (2021). *Red de Nanotecnología Computacional (NCN)*. <https://nanohub.org/>

- Nanokit. (s. f.). *Nanoeduca*. <http://nanoeduca.cat/es/nanokit-2/>
- NanoSchoolBox 2.0. (s.f.) *Advance Materials Science*. <https://ams-rano.com/en/translate-to-english-produkte/nanoschoolbox-20.html#c297>
- Nanotechnology Products Database (NPD). (s. f.). *Statnano.com*.
<https://product.statnano.com/>
- Nanotechnology. *Intl J Med Nano Research*, 1(1).
- Nanaventure: Materials Research Science and Engineering Center. (2008). *BoardGameGeek*. <https://boardgamegeek.com/boardgame/60569/nanaventure>
- Nanowerk (2005-2022). <http://www.nanowerk.com>
- National Informal STEM Education. (2011). Exploring materials: Thin Films. *NanoDays*. http://www.nisenet.org/sites/default/files/catalog/uploads/spanish/5398/sp_materialsfilms_guide_20feb2011.pdf
- National Science Foundation (NSF). (2013, 2 de diciembre). The lotus effect: The super-hydrophobic power of self cleaning. *Sustainable Nano* [blog]. <http://sustainable-nano.com/2013/12/03/natures-nanotechnology-bio-mimicry-and-making-the-superpowers-of-your-dreams-a-reality-4/>
- National Science Foundation (s. f.). *Nanoscience classroom resources*. <https://www.nsf.gov/news/classroom/nano.jsp>
- Nava, I. (s. f.). *El STM: microscopio de efecto túnel*. <https://xdoc.mx/preview/estructura-de-la-platica-5ec83881b1312>
- 9 Amazing Future Materials: #9 is REALLY scary. (2019). *Wisconsin Metal Tech*. <https://wisconsinmetaltch.com/9-amazing-future-materials/>
- Oliva, J. M. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor deficiencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 363-384.
- Oliveira, T. (2017). Technological characterization of talc ore from Caçapava Do Sul, Rs-Brazil for development of a process route. *Holos*, 6, 147. https://www.researchgate.net/figure/Crystal-structure-of-talc-ore-Camara-2003_fig1_321584398
- Ortiz, B. Rivera, V. y Díaz, L. (2019). El nanocirco: un diseño interdisciplinario para la divulgación y enseñanza de la nanociencia y la nanotecnología. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2701
- Otero, L. (s. f.) Nanopartículas para detectar microtumores. *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/nanopartículas-para-detectar-microtumores-251513243210>
- Pedagoguery software. *Poly*. <http://www.peda.com/poly/>
- Pikisuperstar. (s. f). Botella realista con pipeta. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/botella-realista-pipeta_6675633.htm#query=gotero&position=1&from_view=search&track=sph
- Pinto, G. (2016). Un frigorífico de cerámica: ciencia y técnica en acción. *Naukas*. <http://naukas.com/2016/02/01/26083>

- Plantillas de figuras geométricas. (2021). *Invernadero Creativo*.
<https://www.elinvernaderocreativo.com/>
- Pontes, A. (1999). Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 19, 53-64.
- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.
- Pozuelo, J. y Cascarosa, E. (2018). Inmersión en el mundo de la nano-ciencia a través de una experiencia de indagación guiada con alumnos de educación secundaria. *ReiDoCrea*, 7, 376-387.
- Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a leer el mundo. *Revista Pensamiento Educativo*, 39(2), 177-204.
- Rawpixel.com. (s. f.). Vector de diseño de papel de carta verde en blanco. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/vector-diseno-papel-carta-verde-blanco_24382353.htm#query=papel%20milimetrado&position=34&from_view=search&track=ais
- Recortables de figuras geométricas. Icosaedro truncado. (s. f.). *Cosas de Peques*. <https://dibujos.cosasdepeques.com/recortables-de-figuras-geometricas-icosaedro-truncado.html>
- Redgreystock (s. f.). Vidrieras coloridas de edificios de iglesias antiguas. *Freepik*. https://www.freepik.es/vector-gratis/vidrieras-coloridas-edificios-iglesias-antiguas_36162276.htm#query=vitrales%20de%20la%20epoca%20medieval&position=2&from_view=search&track=ais
- Reviglio, A. (2014). ¿Por qué y para qué enseñar nanotecnología en las escuelas? En S., Silvestri, E. Munuce, M. Alassia, 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.
- Ribeiro, A., Godoy, G., Belini, L. y Souza-Filho, M. (2018). Holografía y realidad virtual en la enseñanza de nanotecnología: nuevos horizontes dirigido a educación secundaria. *Revista de Física Momento*, 56E, 34-45.
- Ribeiro, A., Souza-Filho, M. y Bruno-Alfonso, A. (2013). Propuestas para introducción de nanociencia y nanotecnología en escuelas pre universitarias. *Revista Digital Universitaria*, 14(3).
- Ribeiro, A. V., Ghirardello, D. Amarante, L. C., Bruno Alfonso, A. y Souza Filho, M. P. (2017). El juego caza-nano y la enseñanza de nano-conceptos: actividades lúdicas en la educación secundaria. *Revista de Física Momento*, 54E, 79-89.
- Ruano, C. (2015). *Desarrollo de material educativo en nanomateriales como promotor de la creatividad científica en estudiantes de media secundaria* [tesis de pregrado]. Universidad de los Andes.

- Ruano, C. y Hernández, J. (2016). Nanobox: un material educativo en nanomateriales que promueve la creatividad científica. *Revista Momento*, 51E. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/67348/55979-284922-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salam, S., Abdul-Hameed, R. y Al-Zaini, S. (2015). Integrating nanotechnology concepts and its applications into the secondary stage physics curriculum in Egypt. *European Scientific Journal*, 11(12), 193-212.
- Salas, G. (2016). Descubren cómo las nanopartículas atraviesan membranas en milisegundos. *TyN Magazine*. <https://www.tynmagazine.com/descubren-como-las-nanoparticulas-atravesan-membranas-en-milisegundos/>
- Sánchez, M. (2009). La enseñanza de la nanociencia: un acercamiento mediante imágenes. *Revista Colombiana de Educación*, 56, 60-79.
- Santos, A. (2022). ¿Qué es la nanotecnología? Definición, historia, implicaciones y usos: Cómo funciona la nanotecnología. *Nanova*. <https://nanova.org/que-es-la-nanotecnologia/>
- Serena, P. (2013). Acercando la nanotecnología a la sociedad: la exposición “Un paseo por el nanomundo”. *Revista Digital Universitaria*, 14(4), 1-16. <https://www.revista.unam.mx/vol.14/num4/art29/art29.pdf>
- Serena, P. (2022). 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/GuiaIntrodutoriaaltema_ELPAPELDELANANOTECNOLOGIAENLAGENERACIONYUSOSOSTENIBLES.pdf
- Serena, P., Giraldo, J., Takeuchi, N. y Tutor, J. D. (2014). *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria*. NanoDYF. Red José Roberto Leite-Cyted. https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf
- Silva, E. (1976). Algunas consideraciones en torno a la pregunta ¿por qué nuestros alumnos poseen mala base en química? *Estudios Pedagógicos*, 1(1), 89-96.
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348. <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v22n3p337.pdf>
- Soutter, W. (2013). Nanoscale imaging techniques: An overview. *AzoNano*. <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3163>
- Spyrtou, A., Manou, L. y Peikos, G. (2021). Educational significance of nanoscience-nanotechnology: Primary school teachers' and students' voices after a training program. *Education Sciences*, 11, 724. <https://doi.org/10.3390/educsci1110724>
- Stavrou, D., Michailidi, E., Sgouros, G. yDimitriadi, K. (2015). Teaching high-school students nanoscience and nanotechnology, *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Education*, 3(4). 10.31129/lumat.v3i4.101

- The Nanodatabase. (2013). *Search database*.
<https://nanodb.dk/en/search-database/>
- Torres, C. (2003). *Quantum mechanics in science museums. Informe de investigación*. Science Education Department, Universitat Autònoma.
- Torres, L. (2018). “Docente-nano”: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Torres, L. (2024). *Nanoeducación: una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de la educación básica en Colombia*. Universidad Pedagógica de Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19610>
- Torres, L. y Duarte, A. (2018). “Docente-nano”: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la Educación Media. *Revista de Física Momento*, 56e.
- 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>
- Tutor-Sánchez, J. (2013). Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en Iberoamérica. *Revista de Física Momento*, 46e.
- Tutor-Sánchez, J. (2014). Síntesis de nanopartículas de plata AgNP. *En Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria NANODYF*. Red José Roberto Leite-Cyted. https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf
- Universidad de los Andes. (2019). *Inauguración del museo de nanotecnología de la Universidad de los Andes*. <https://electricayelectronica.uniandes.edu.co/es/noticia/noticias-departamento/inauguraci%C3%B3n-del-museo-de-nanotecnolog%C3%ADa-de-la-universidad-de-los>
- Universidad Internacional de La Rioja [UNIR]. (2020). *Realidad virtual y realidad aumentada en el aula: Todo un potencial para incorporar a tus clases*. <https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/realidad-virtual-aumentada-en-el-aula/549204965972/>
- Universidad Zaragoza. (s. f.). Exposición “Los cinco sentidos y la nanotecnología. Lavista”. <https://cultura.unizar.es/exposicion-los-cinco-sentidos-y-la-nanotecnologia-la-vista-0>
- Vargas, G. (2017). Recursos educativos didácticos en el proceso enseñanza aprendizaje. *Revista Cuadernos*, 58(1).
- Vásquez, R. y Takeuchi, N. (2017). Enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria: Teoría y práctica. *Revista de Física Momento*, 54E.
- Vecstock. (s. f.). Colibrí multicolor posado en una rama verde generada por IA. *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/colibri-multicolor-posado-rama-verde-generada-ia_47196357.htm#query=colibri&position=9&from_view=search&track=sph

- Wang, L. (2017). *Amazing building made from 1.5 million plastic bottles withstands fires and earthquakes*. <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/>
- Wirestock (s. f.). Disparo vertical de una pared común gecko sobre una piedra oscura. *Freepik*. https://www.freepik.es/foto-gratis/disparo-vertical-pared-comun-gecko-sobre-piedra-oscura_17542374.htm#query=dedos%20del%20pie%20del%20gecko&position=26&from_view=search&track=ais
- Xue, Y. y Mansoori, G. A. (2010) .Self-assembly of diamondoid molecules and derivatives (MD simulations and DFT calculations). *Intl J Molecular Sciences*, 11(1), 288-303. doi:10.3390/ijms11010288



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**

Educadores de educadores

*Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la
educación primaria, secundaria y media*

editado por la Universidad Pedagógica Nacional, se compuso
en caracteres de las familias Dashiell Fine y Adelle.

Bogotá, Colombia, 2024

En Colombia, las publicaciones especializadas para la formación de maestros en nanociencia y nanotecnología son prácticamente nulas o escasas. Esto nos refleja que hay todo un camino por construir y que es importante generar materiales educativos para orientar el trabajo pedagógico de los docentes en este campo. *Recursos educativos para la enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media* se presenta, entonces, como uno de los primeros libros en contribuir a la formación y preparación de los maestros en ciencias naturales, quienes podrán seleccionar los materiales, herramientas y estrategias más favorables para implementar contenidos de nanociencia y nanotecnología en sus aulas de clase sin desconocer su contexto educativo.

Son múltiples los caminos para enseñar estas temáticas a los estudiantes de básica primaria, secundaria y media. Desde trabajos prácticos de laboratorio, inclusión de analogías, aplicación de juegos, hasta salidas de campo, visita a museos y otros entornos mediados por las TIC, solo por mencionar algunos, los maestros lograrán enriquecer y fortalecer la educación científica. Es importante avanzar en la creación de estrategias de divulgación y enseñanza de la nanotecnología en la educación primaria, secundaria y media y que estas temáticas se empiecen a vincular en las asignaturas correspondientes a las ciencias exactas, físicas y naturales. Con el objetivo de aunar esfuerzos para crear estrategias que capaciten a los docentes en formación inicial y docentes en ejercicio en todo el territorio nacional, mediante esta publicación se busca motivar e incentivar a otros profesionales de las instituciones de educación superior a generar actualización de los currículos, vinculando temáticas de nanociencia y nanotecnología en los programas de pregrado y posgrado.

Colección
Comunicación, Tecnología y Culturas
en Educación