

CUADERNILLO
DOCENTE

ANOTECNÓLOGOS
POR UN DÍA



FUNDACIÓN ARGENTINA DE
NANOTECNOLOGÍA

ESTIMADOS DOCENTES:

Quiero presentarles la **Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)**, una entidad de derecho privado y sin fines de lucro, creada por el Poder Ejecutivo Nacional, e incorporada, desde el 2007, al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Las nanociencias y las nanotecnologías son campos relativamente nuevos que, como sabemos, comienzan a tener relevancia en el desarrollo productivo de las naciones. Por eso, consideramos fundamental pensar estrategias educativas que coloquen estas tecnologías emergentes en el horizonte de posibilidades, tanto de los docentes como de los alumnos.

Para esto se creó el concurso “Nanotecnólogos por un día” que busca difundir este campo de la ciencia, de manera temprana, en los colegios de nivel medio de la República Argentina. Del mismo modo, pretende fortalecer la creatividad científica y tecnológica, y promover en el horizonte vocacional de los jóvenes la elección de carreras afines a la ciencia y la tecnología.

En este marco, hemos desarrollado el presente material con el propósito de acompañar a los profesores en la tarea de involucrarse en estas cuestiones y transmitir, posteriormente, ese entusiasmo a sus alumnos, los futuros y posibles recursos humanos del sistema científico nacional.

Además, los alentamos a participar de la plataforma Moodle (www.nanoporundia.org):

- Descargando videos explicativos.
- Solicitando charlas para sus escuelas.
- Compartiendo estrategias y experiencias implementadas en el aula.
- Comentando e intercambiando ideas con otros docentes.
- Preparando actividades para aquellos alumnos que estén interesados en participar del concurso.

Queremos crear comunidades educativas virtuales que ubiquen a la nanotecnología en una mejor situación a nivel nacional y que nos permita reposicionarnos científicamente en el continente y a nivel mundial.

Sabemos que docentes y educadores son esenciales para este desafío. ¡Los invitamos a sumarse a nuestra iniciativa!

Ing. Daniel Lupi

Presidente Fundación Argentina de Nanotecnología

ÍNDICE

¿QUÉ VAN A ENCONTRAR EN ESTE MATERIAL?	4
¡PARA COMENZAR!	6
REVOLUCIÓN NANO	7
MÉTODO CIENTÍFICO: EL SALTO CREATIVO	9
CIENCIA BÁSICA, CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA. DIFERENCIAS QUE HAY QUE CONOCER	10
LA NOCIÓN CENTRAL: "LAS PROPIEDADES CAMBIAN A ESCALA NANO"	16
PROPIEDADES A NANOESCALA	20
EFFECTO CUÁNTICO. FÍSICA CLÁSICA Y FÍSICA CUÁNTICA	23
EL FUTURO ES HOY: Alcances del campo nanotecnológico	27
POSIBILIDADES Y APLICACIONES	33
LA NANO EN LA ARGENTINA	38
NANOSOCIEDAD CIENCIA Y SOCIEDAD: UNA RELACIÓN PARTICULAR	39
BIBLIOGRAFÍA	42

///

¿QUÉ VAN A ENCONTRAR EN ESTE MATERIAL?

Este manual se propone brindar herramientas conceptuales y metodológicas para incorporar temáticas relacionadas con la nanotecnología al aula y acompañar a los estudiantes que quieran participar del concurso “Nanotecnólogos por un día”.

El **recorrido conceptual** que les proponemos apunta a trabajar en torno a las principales nociones que supone la “Revolución Nano” para comprender así los cambios en los modos de hacer ciencia y las potencialidades que se vislumbran.



ÍCONOS Y SECCIONES PROPUESTAS

A lo largo de las páginas, encontrarán distintas secciones identificadas con los siguientes íconos:



Sabías que...

Datos curiosos, información ampliatoria, consejos.



Glosario

Definición de los términos y conceptos destacados a lo largo de todo el material. Además, un apartado con algunas definiciones adicionales en el anexo final.



Para reflexionar

Preguntas, disparadores y consignas para seguir pensando



Links

Enlaces y recursos para ampliar el tema.



Videos

Material audiovisual.



Actividad individual

Propuesta para desarrollar en el aula, individualmente.



Actividad grupal

Consignas para realizar en pequeños grupos.



Para toda la clase

Sugerencias para trabajar con todo el grupo (clase).

///

PARA COMENZAR

En esta línea de tiempo se ve con claridad cómo, en tan sólo 50 años, el volumen de los equipos de música se ha reducido ¡un millón de veces! Es decir **más información en menos espacio**.

EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE SONIDO

1947: investigadores de los laboratorios Bell en EE. UU., desarrollaron los primeros transistores de contacto puntual.

1958/59: J. Kilby de la empresa Texas Instruments, y R. Noyce, de la empresa Fairchild Camera and Instruments, desarrollan el circuito integrado que hoy es la base de las computadoras.

1980: Llega el CD en el que se pueden almacenar ochenta minutos de música, aproximadamente.

FUTURO:
Nanochips

Años cincuenta: se popularizó el uso de los discos de vinilo o LP (long play).



1963: Aparece la cinta magnética dentro de un casete, que permitió reducir el volumen del reproductor hasta 1 dm³.



A partir de los años noventa, el formato MP3 y MP4 se popularizó en la venta de reproductores y en su uso informático. El tamaño final del archivo comprimido puede ocupar quince veces menos que el original.



REVOLUCIÓN NANO

En los últimos años se viene afirmando: “Ha comenzado **lentamente un nuevo proceso revolucionario de transformación profunda que se denomina nanotecnología**. Una de las características esenciales de la nanotecnología es la producción de objetos tecnológicos a partir de la manipulación de la materia a escala atómica, por lo que es necesario utilizar herramientas sofisticadas que nos permiten poder observar y manipular el mundo material. En este sentido, es importante notar que los desarrollos nanotecnológicos se basan, por primera vez en la historia de la humanidad, en observaciones indirectas (mediadas por instrumentos) de las transformaciones realizadas en la materia a pequeña escala. Eso significa un cambio de paradigma que afecta desde la concepción y diseño de los objetos materiales hasta las modalidades de su producción. Sin embargo, y a pesar de la abstracción requerida para poder interpretar de manera racional los desarrollos nanotecnológicos, su impacto y alcances a nivel de la sociedad están muy lejos de ser totalmente dimensionados”.¹

Pero ¿qué son exactamente la nanotecnología y la nanociencia? Algunas definiciones...



“De manera general, se podría definir nanotecnología como la fabricación de materiales, estructuras, dispositivos y sistemas funcionales a través del control y ensamblado de la materia a la escala del nanómetro (de 0.1 a 100 nanómetros, del átomo hasta por debajo de la célula) así como la aplicación de nuevos conceptos y propiedades (físicas, químicas, biológicas, mecánicas, eléctricas...) que surgen como consecuencia de esa escala tan reducida”.

Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro



“Un nanómetro es un punto mágico en la escala dimensional. Las nanoestructuras están relacionadas con los más pequeños dispositivos construidos por el hombre y las moléculas más grandes. La ciencia e ingeniería de la nanoescala comprenden los avances tecnológicos de explotar nuevas propiedades químicas, físicas y biológicas de sistemas de tamaño intermedio entre átomos aislados o moléculas y materiales, en los cuales las propiedades de transición entre los dos límites sean controladas”.

En Galo Soler Illia, Nanomateriales y Nanotecnología



El término “nanotecnología”

fue acuñado en 1974 por el profesor N. Taniguchi de la Universidad de Ciencia de Tokio, en un artículo titulado “On the Basic Concept of Nanotechnology”, que se presentó en una conferencia de la Sociedad Japonesa de Ingeniería de Precisión. En dicho artículo se la describía como la tecnología que nos permitirá separar, consolidar y deformar materiales átomo a átomo o molécula a molécula.

¹BRITTO, Fiona M. y CASTRO, Guillermo R., Nanotecnología, hacia un nuevo portal científico-tecnológico.



“... el objeto de la nanotecnología es el estudio, diseño, desarrollo y aplicación de materiales, equipos y sistemas de estructuras naturales como artificiales en escala muy pequeña: nanométrica”.

CASTRO, Guillermo R. Nanobiotechnología. Campo promisorio de exploración y desarrollo de nuestras sociedades



“Nano es un prefijo proveniente del vocablo griego *vanoç* que significa diminuto, enano, pequeño. Este prefijo se utiliza en el sistema internacional (S.I.) de unidades para indicar un factor de 10^{-9} (es decir, multiplicar algo por 0.000000001, o la mil millonésima parte de algo). Así podríamos decir que nanociencia es la ciencia que puede realizarse con objetos de tamaño “milmillonesimométrico” (o mejor nanométrico). Por tanto, un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro, una longitud 80000 veces más pequeña que el diámetro de un cabello humano. A su vez, nanotecnología será la tecnología generada con objetos cuyo tamaño oscila desde una décima de nanómetro a una centena de nanómetro”.

Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro



“Conceptualmente, la nanotecnología se refiere a las actividades científicas y tecnológicas llevadas a cabo a escala atómica y molecular, y a los principios científicos y a las nuevas propiedades que pueden ser comprendidos y controlados cuando se interviene a dicha escala. Estas propiedades pueden ser observadas y explotadas tanto a escala microscópica como macroscópica, por ejemplo, para el desarrollo de materiales e instrumentos con nuevas funciones y prestaciones”.

En Galo Soler Illia, Nanotecnología el desafío del siglo XXI

Como puede deducirse a partir de estas definiciones, la nanotecnología es un campo altamente multidisciplinario en donde converge una gran cantidad de conocimiento básico y aplicado generado en diversas áreas del conocimiento, como son la física, química, biología y la ingeniería. La convergencia de estos campos ha llevado a que surgieran técnicas novedosas para producir materiales e introducir tecnologías antes inexistentes.

“La nanotecnología permite obtener novedosos materiales híbridos mediante una aproximación racional empleando el conocimiento basado en las propiedades fisicoquímicas de los componentes, a niveles moleculares, atómicos y subatómicos”.²

² *Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro.*

///

MÉTODO CIENTÍFICO: EL SALTO CREATIVO

“...teniendo la mayor osadía para inventar hipótesis, y también el mayor rigor después para controlarlas”

(K. Popper).

Las nuevas formas de conocer y producir que el mundo Nano está introduciendo nos hace reflexionar acerca de los diferentes métodos científicos y los caminos muchas veces antiintuitivos que se recorren.

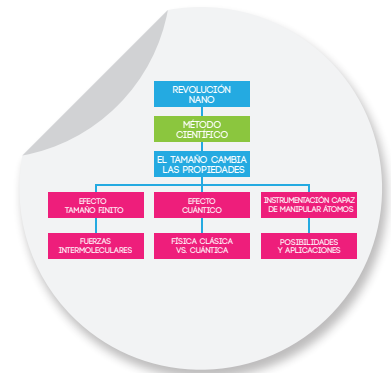
Para ilustrarlo, tomaremos un ejemplo conocido: **el comportamiento de los metales con relación a la temperatura**. “Los metales al ser calentados se dilatan”. Cuando generalizamos un determinado comportamiento, estamos expresando una regularidad, una relación uniforme ante determinado estímulo. Esta conducta invariable debe ser puesta a prueba, debe ser contrastada para que, finalmente y sin pruebas en contra, pueda expresarse bajo forma de una “ley empírica”.

En este caso entonces, podemos atribuir a este fenómeno una “ley empírica”:

- Porque los materiales u objetos considerados son todos observables.
- Porque tanto el aumento de temperatura como la longitud de los materiales, por dilatación, son mensurables.

Sin embargo, el enunciado científico que hemos obtenido a partir de los datos observables puede no sernos enteramente satisfactorio. Nos preocupa encontrar explicaciones más profundas: ¿Qué fenómeno se produce al exponer los metales a una cierta temperatura?, ¿cuál es el comportamiento de los átomos y cuál el de los elementos que componen a esos átomos? Podríamos así, seguir haciéndonos preguntas que a nivel de lo empírico (observable) no nos darían respuestas.

Para encontrar una solución a estos interrogantes ya no son válidos los datos empíricos ni las técnicas más perfectas que nos permitan observar los objetos de la naturaleza. En esta instancia, el científico asume una función que podría parecer anticientífica, por el método que utiliza, semejante al de un artista. A través de un “salto creativo” formula hipótesis o conjeturas imaginando lo que hay “detrás de las apariencias”; de esta manera trata de explicar el comportamiento de los procesos naturales. Ya no parte de la experiencia, sino que llegará a ella a través de un acto creativo.



“El término ‘molécula’ nunca surge como resultado de observaciones. Por esta razón, por muchas que sean las generalizaciones que efectuemos a partir de observaciones, nunca llegaremos a elaborar una teoría de los procesos moleculares. Una teoría semejante debe surgir de otra manera. No se la enuncia como una generalización de hechos, sino como una hipótesis”.³

Por lo tanto, el método del tercer nivel de los enunciados científicos se identifica con el denominado **método hipotético-deductivo: las leyes teóricas son conjeturas que explican a las leyes empíricas en forma deductiva y tienen también la capacidad de predecir de ese mismo modo otras leyes empíricas nuevas.**

Niveles de los enunciados científicos



Entonces, volviendo al enunciado: “todos los metales al ser calentados se dilatan”, vemos que estos datos surgen en su totalidad de la base empírica (enunciados de segundo nivel).

Ahora bien, si profundizamos la explicación científica y la llevamos al nivel teórico, podemos expresar la dilatación de los metales de la siguiente manera: “la temperatura (dato observable) es proporcional a la energía cinética media por grado de libertad de los átomos (dato no observable)”.

► CIENCIA BÁSICA, CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA. DIFERENCIAS QUE HAY QUE CONOCER

“El hombre, por su naturaleza, necesita conocer —señalaba Aristóteles—. La búsqueda del conocimiento constituye un placer en sí mismo”.

Tanto la ciencia básica como la aplicada tienen como finalidad la búsqueda del saber por el saber en sí mismo, independientemente de que este tenga una aplicación a las necesidades y bienestar de la personas.

³CARNAP, R.: *Fundamentación lógica de la física*, Edit. Sudamericana, Bs. As. 1969

Si la disciplina que produce estos conocimientos es racional, metódica, sistemática, autocorrectiva, y sus enunciados están expresados en lenguaje informativo, preciso y no emiten juicios de valor, estamos en presencia de una **ciencia básica**. La astronomía, la física, la química, la sociología, la biología, la matemática, la antropología cultural son ciencias básicas.

A veces, ciertas empresas, fundaciones, universidades u otros organismos contratan a científicos para que produzcan saberes de sus áreas específicas, pero acerca de algún **aspecto** que interesa a la vida humana y que en el futuro puede ser la base para el desarrollo de algún tipo de tecnología.

Por ejemplo, la identificación de un virus o los ciclos económicos. En esos casos hablamos de **ciencia aplicada**.

Mario Bunge afirma: **“Un cuerpo de conocimiento es una tecnología si y solo si:
1) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico.**

2) Se lo emplea para controlar, transformar o crear procesos naturales o sociales”.

Esta definición tiene dos aspectos. Por un lado, nos dice que el saber tecnológico utiliza el método científico: plantea un problema, formula una hipótesis, pone a prueba esa hipótesis por medio de la experimentación, evalúa los resultados. Por otro lado, el saber tecnológico debe ser compatible con la ciencia de la época.

Podemos decir que, metodológicamente, ciencia y tecnología están emparentadas. Pero pese a la identidad metodológica, hay elementos que las distinguen: **mientras en la ciencia el saber se constituye en sí mismo, la tecnología produce conocimientos que se emplean para “controlar, transformar, o crear cosas o procesos naturales o sociales”.**

Estos son algunos ejemplos de desarrollos tecnológicos:

- La transformación de energía mecánica en energía eléctrica.
- Los medicamentos contra el colesterol que se comercializan.
- Los planes de estudio, manuales o propuestas formativas (son tecnologías educativas).

La ciencia suele desarrollarse en universidades y centros públicos de investigación. Por el contrario, la tecnología se desarrolla, principalmente, en empresas o centros tecnológicos, ya que se busca un producto o proceso que se pueda vender, destinado directamente al usuario. Así, primero es la ciencia y algunos años después (o a veces nunca) la tecnología derivada de esa ciencia.

Pero curiosamente, la creación de tecnología proporciona herramientas a los científicos con las que estudiar nuevos conceptos y avanzar en la ciencia, que a su vez generará nueva tecnología.

“Ciencia y tecnología son las dos caras de una misma moneda, y se convierten en una rueda imparable que hace avanzar a la humanidad. A esto también se lo llama ‘círculo virtuoso’.”⁴



PARA REFLEXIONAR CON LOS ESTUDIANTES

Veamos dos ejemplos de desarrollos científicos y tecnológicos, respectivamente:

La síntesis de una nueva molécula, la manipulación de una proteína o el establecimiento de una ley relacionada con el transporte electrónico pueden ser algunos ejemplos del trabajo científico que se lleva a cabo en un laboratorio. Los resultados obtenidos de cada una de estas investigaciones se redactan en forma de artículo y, después de superar un examen crítico por parte de otros científicos, se publican en revistas científicas internacionales. Así todo el mundo puede tener acceso al conocimiento generado y comprobar o refutar las ideas publicadas.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

Pongamos como ejemplo un aparato cualquiera de uso común: la televisión de pantalla plana. Este nuevo tipo de “tele” existe gracias a los experimentos de emisión de campo realizados en 1897 por R. W. Wood utilizando un simple tubo de descarga. Seguro que el profesor Wood nunca pensó que se podría construir una televisión a partir de los conceptos básicos que se derivaron de un experimento científico tan sencillo. Sin embargo, a principios de 1980, menos de un siglo después, muchas multinacionales electrónicas vislumbraron sus posibilidades tecnológicas y comenzaron a trabajar en diferentes prototipos que, a principios del año 2000, se comenzaron a comercializar.

(FECYT)

A partir de estos párrafos: ¿Cuáles son las palabras clave de cada campo? Si tuviéramos que caracterizar al circuito científico: papers, congresos, validaciones, etc., y al tecnológico: ferias, inversionistas, pruebas, productos... ¿qué otros elementos le agregarían?

Otros datos... ¿Conocen personas que trabajan en estas áreas? ¿Cuáles son sus rutinas de trabajo? ¿Qué diferencias hay en los modos de investigación y validación del conocimiento?

ACTIVIDADES SUGERIDAS



PREGUNTA VOCACIONAL: ¿CON CUÁL DE LAS DOS CARAS LES GUSTARÍA CONTRIBUIR? ¿POR QUÉ?

Pueden pedirles que escriban una biografía hipotética sobre ellos mismos en el futuro contando el/los “descubrimiento/s” con los que contribuirán. Para hacerlo más verídico, pueden investigar qué carreras, institutos de investigación o industrias se dedican a temas similares. Luego, pueden presentar los trabajos en el aula y comprobar si hay posibles colaboraciones o cruces entre los personajes inventados.

⁴ BRITTO, Fiona M. y CASTRO, Guillermo R., Nanotecnología, hacia un nuevo portal científico-tecnológico

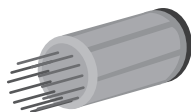
PRACTICANDO PARA EL CONCURSO



Elegir un desarrollo tecnológico o científico importante en la historia e investigar sus antecedentes. Elaborar una línea cronológica.

EJEMPLO: HISTORIA DEL TRANSISTOR

1904: Detector a galena: primer dispositivo semiconductor usado en electrónica.

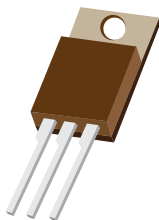


1947: Investigadores de los laboratorios Bell, en EE. UU., desarrollaron los primeros transistores de contacto puntual basados en un material semiconductor como el germanio.

1958/59: J. Kilby de la empresa Texas Instruments y R. Noyce de la empresa Fairchild Camera and Instruments desarrollan el circuito integrado que hoy es la base de las computadoras.

1930/1940: Se comienza a aplicar la mecánica cuántica al comportamiento de los electrones en sólidos conductores, semiconductores y aisladores.

1954: J. Bardeen, W. Brattain y W. Shockley, investigadores de los laboratorios Bell, reciben el Premio Nobel de Física.



LA COMPUTADORA, UNA NUEVA ALIADA

“A lo largo de la última mitad del siglo xx ha surgido un nuevo aliado de los científicos e ingenieros: el ordenador, herramienta con la que ha sido posible no sólo hacer experimentos en el laboratorio sino también realizar simulaciones y predicciones. El desarrollo de potentes métodos de cálculo que se ejecutan en super-computadores supone que experimentos muy complejos y caros podrán simularse desde los primeros principios en un ordenador, incluyendo en el cálculo toda la información disponible. Estos son **experimentos virtuales que cada vez reproducen con más precisión el comportamiento de la materia a escala nanométrica**”.⁵

Como veíamos hace un momento, el método científico presenta dos aproximaciones: la experimental (método deductivo) y la teórica (método inductivo). En ambos casos es preciso definir una serie de magnitudes que sean observables y cuantificables, es decir, medibles. Además es preciso establecer una relación entre ellas que permita explicar la variación de unas en función de las variaciones de otras. Dichas relaciones se expresan mediante el lenguaje de las matemáticas (fórmulas) y constituyen la expresión formal de las leyes científicas. En ciencia, las matemáticas no sólo sirven para expresar leyes físicas, químicas o biológicas, de carácter abstracto, sino que se usan activamente para analizar datos, realizar predicciones, etcétera.

¿PARA QUÉ HACER SIMULACIONES EN EL ÁMBITO DE LA NANOCIENCIA?

Ha quedado claro que el cálculo es una tarea inherente al método científico y, en particular, el uso de sistemas complejos de cálculo es esencial cuando nos referimos al nanomundo. En primer lugar, las leyes de la mecánica cuántica que rigen la materia en la nanoescala plantean terribles problemas numéricos que deben ser resueltos y en los que las aproximaciones analíticas (es decir, intentar resolver las ecuaciones directamente obteniendo expresiones algebraicas) son demasiado difíciles. Por otro lado, la experimentación en la nanoescala requiere instalaciones, equipos y personal para efectuar la síntesis, fabricación y caracterización de materiales, estructuras y dispositivos. Todo esto resulta muy costoso. Además se necesita invertir mucho tiempo y dinero para modificar la composición de un material o la estructura de un dispositivo con el fin de intentar mejorar sus propiedades, con el riesgo de no conseguir mejoras apreciables tras dedicar tanto esfuerzo.

Es posible describir las propiedades de materiales y simular procesos en la nanoescala usando aproximaciones numéricas. Se habla entonces de hacer “experimentación in silico” (refiriéndose al silicio del que está fabricado el procesador) en contraposición a la experimentación “in vivo” o “in vitro”.

⁵ Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro.



¡Un vaso de información, por favor!

Un ejemplo de aproximación hipotética sería pensar cuánta información podríamos almacenar en una gota de agua, si pudiéramos poner 0 y 1 en cada una de sus moléculas, teniendo en cuenta que una gota se compone de 10^{24} moléculas.

Para darse una idea de dimensiones, una gota de agua tiene 2.500.000 nanómetros de diámetro.

✓ ACTIVIDAD



Para entender cómo funciona una **supercomputadora de cálculo en paralelo** se puede realizar este sencillo ejercicio:

Escribir al azar 50 números de dos dígitos en papeles. Por un lado, un único alumno (equipo A) debe efectuar la suma de dichos números. Por otro lado, un grupo de cinco alumnos (equipo B) situados en mesas contiguas realizará la misma cuenta dividiéndose el trabajo en cinco sumas parciales para que luego uno de ellos efectúe la suma total.

¿Qué diferencias de tiempo de cálculo se han logrado gracias a la paralelización del proceso?

Si los alumnos del equipo B se ubican a una distancia de cien metros entre sí, ¿qué diferencias de tiempo de cálculo habría al efectuar la misma suma de 50 números? ¿Y si estuviesen separados por mil metros?

Este ejemplo ilustra que la comunicación entre los procesadores es un elemento clave para poder hacer un uso eficiente de los sistemas de cálculo en paralelo.



EPISTEMÓLOGOS POR UN RATO...

¿Revolución sí o no?

Para concluir este capítulo, retomaremos la cuestión inicial acerca del carácter revolucionario de la nanotecnología.

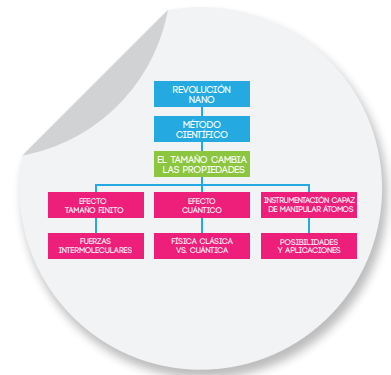
Consideremos la definición de “Paradigma” de Thomas Kuhn: “Realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”. Podemos pensar que estamos frente a un gran giro en las maneras de concebir y hacer ciencia y tecnología.

A partir de las novedades mencionadas en este capítulo, analicen con sus estudiantes...

¿Cuáles podrían ser los principales cambios en la ciencia y la tecnología? ¿Cuáles en los modos de concebir el mundo físico, en las formas de investigar y trabajar en el campo científico? ¿Y en la manera de producir en las áreas tecnológicas?

///

LA NOCIÓN CENTRAL: "LAS PROPIEDADES CAMBIAN A ESCALA NANO"



Estas son algunas de las características del trabajo a escala nanométrica⁶:

- En un objeto nanométrico surgen nuevas propiedades que dependen del tamaño.
- Estas propiedades derivan de la naturaleza cuántica de la materia.
- **En la escala nanométrica, comienzan a ser importantes ciertas fuerzas que pasan inadvertidas a nuestra escala.**
- Las propiedades de la superficie del objeto se vuelven muy importantes. En un material cualquiera, el número de átomos que se encuentran en su superficie es notablemente inferior a aquellos que componen su volumen (esto se amplía con el ejemplo del cubo en la sección dedicada al “efecto tamaño finito”).

Por lo tanto...

¡El tamaño es la clave!

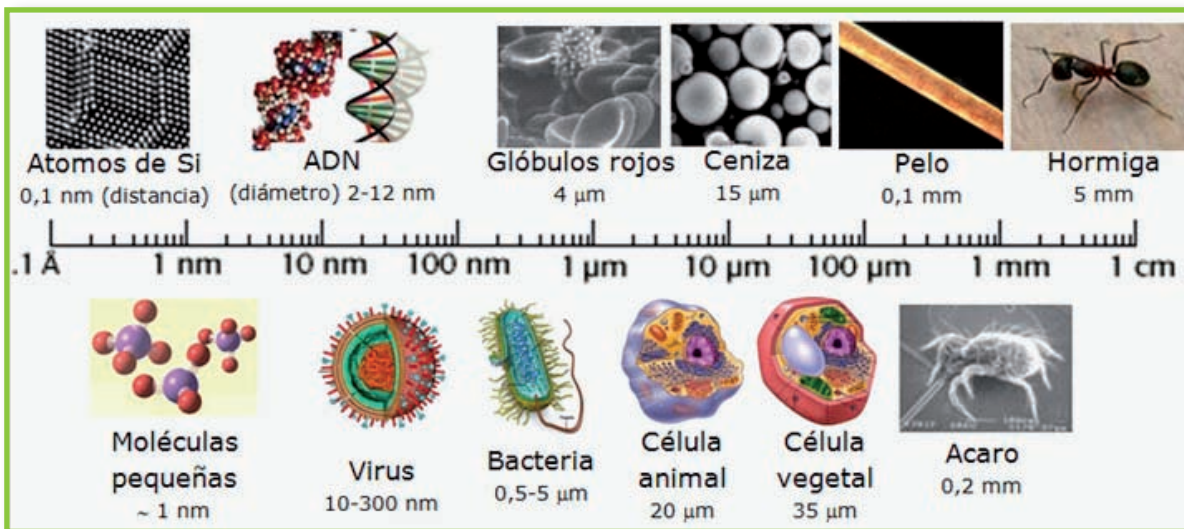
Las propiedades de un material cambian radicalmente a escala nanométrica⁷: punto de ebullición, solubilidad o actividad catalítica. Basta reducir el tamaño de los materiales para que muestren nuevas propiedades que no poseen a macroescala. ¡Las leyes "clásicas" de la física dejan de aplicarse!

CUANDO EL TAMAÑO IMPORTA

Para analizar en mayor detalle el desarrollo de los procesos nanotecnológicos debemos hacer una consideración respecto del tamaño de los objetos en estudio, los cuales son extremadamente diminutos. Para darse una idea, el tamaño del diámetro de un cabello humano corresponde a unos 30 micrones (3×10^{-5} metros). Si reducimos el diámetro del cabello unas 10.000 veces, podríamos obtener el diámetro de una partícula nanométrica, como por ejemplo un nanotubo de carbón de 3 nanómetros (3×10^{-9} metros).

⁶ GALO SOLER- ILLIA, *Nanotecnología el desafío del siglo XXI*.

⁷ En línea. Dirección URL: <<http://nanoyou.eu/>>. Consulta: [16 de mayo de 2013]



(Fiona M. Britto y Guillermo R. Castro, Nanotecnología, hacia un nuevo portal científico-tecnológico)

▶ Para ampliar estos conceptos les proponemos que vean esta ponencia a cargo del Dr. Galo, que los explica de manera amena y sintética.

<http://www.youtube.com/watch?v=85krZxtq9Pc>

LOS ORÍGENES DE LA NANOTECNOLOGÍA

La historia de la nanotecnología se conforma por algunas piedras basales...

Podría iniciarse con la aparición del **concepto de átomo**, mencionado por primera vez en los manuscritos en sánscrito pertenecientes a un filósofo indio (Kanada) del siglo II A.C., y luego, introducido en occidente por filósofos griegos.

Con posterioridad, ya a comienzos del siglo XIX, los estudios realizados por Dalton, Rutherford, Bohr —y más recientemente los avances realizados por Einstein, Pauli, Bose y Heisenberg entre otros—, permitieron obtener valiosas informaciones sobre la **estructura atómica y su comportamiento** físico en el mundo material. En el próximo apartado sobre física clásica y física cuántica ampliaremos esta información.

Pero quizás el momento más reconocido como fundacional en la andadura nanotecnológica tuvo lugar en **1959, en el Instituto de Tecnología de California**, donde el físico **Richard P. Feynman**, especialista en mecánica cuántica, pronunció un famoso discurso en el que anunciaba que podría haber muchas oportunidades tecnológicas manipulando objetos a pequeña escala: “jugando” con átomos y moléculas.

La **conferencia**, titulada *There's Plenty of Room at the Bottom* (traducido literalmente como **“Existe mucho espacio en el fondo”**), presentaba la visionaria posibilidad de una nueva revolución, la nanotecnológica, basada en la manipulación y el control de objetos a pequeña escala, más precisamente la atómica. Esta conferencia impulsó los primeros trabajos realizados en el área, sembrando la semilla de la que sería muchos años después la nanotecnología.

Uno de los trabajos más determinantes en el progreso de este campo ha sido la creación del **Microscopio de Túnel de Barrido** (Scanning Tunneling Microscope o STM), diseñado por investigadores del laboratorio de IBM en 1981. La importancia de este hallazgo radica en la **posibilidad de ver y mover átomos**, mediante un acercamiento nunca antes realizado y que modificó completamente la percepción de los materiales. Este punto es fundamental y distintivo en el modelo nanotecnológico, ya que el diseño y el modo de producción de los materiales se realiza mediante una aproximación racional, basada en el mayor conocimiento de la estructura y las propiedades fisicoquímicas de los materiales.

✓ ACTIVIDADES SUGERIDAS



Así como Feynman anticipó el camino que desarrollaría la nanotecnología incluso antes de que ese término existiera y cuando aún no se contaba con herramientas capaces de manipular átomos y moléculas con tanta precisión, les proponemos una tarea similar con sus alumnos.

Pídanles a los estudiantes que armen grupos de 5-6 integrantes y que lean los siguientes fragmentos de la conferencia “Existe mucho espacio en el fondo”. A continuación, deberán identificar los principales cambios científicos que vislumbraba el orador. Y para terminar, pídanles que escriban, siguiendo el tono metafórico del discurso, un manifiesto nanotecnológico que defina este campo y relate sus potencialidades. Más adelante podrán contrastar estos escritos con las definiciones proporcionadas en este material.

Fragmentos del discurso de Feynman

“¿Por qué no podemos escribir los 24 volúmenes enteros de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler?”

"No me asusta considerar la pregunta final de si en el futuro podremos colocar los átomos como queramos: ¡los verdaderos átomos, aquellos que están al fondo! Y, ¿cuáles serían las propiedades de los materiales si pudiéramos verdaderamente colocarlos como quisiéramos? No puedo saber con exactitud qué pasaría, pero no tengo la menor duda de que si controlásemos la colocación de objetos a una pequeña escala, tendríamos acceso a un amplio rango de propiedades que los materiales pueden presentar y podríamos hacer una gran cantidad de cosas".

"Los principios de la física, tal y como yo los veo, no niegan la posibilidad de manipular las cosas átomo por átomo. Al no violar ninguna ley, no hay motivo para que no pueda hacerse, y si en la práctica no se ha llevado a cabo todavía es porque somos demasiado grandes". En el mundo de lo muy, muy pequeño, podrán suceder muchas cosas nuevas porque los átomos se comportan de manera distinta a como lo hacen los objetos a mayor escala, pues deben satisfacer las leyes de la mecánica cuántica. Si nos reducimos y comenzamos a jugar con los átomos allá abajo, estaremos sometidos a unas leyes diferentes y podremos hacer cosas diferentes. A nivel atómico, aparecen nuevos tipos de fuerzas, nuevas posibilidades, nuevos efectos".

"Un sistema biológico puede llegar a ser extremadamente pequeño. La mayor parte de las células son diminutas, pero a la vez muy activas: producen numerosas sustancias, se mueven, se contonean, realizan todo tipo de cosas maravillosas y todo en una escala muy pequeña. También son capaces de almacenar información. Consideremos la posibilidad de que nosotros también pudiésemos construir un objeto extremadamente pequeño capaz de realizar las funciones que nosotros deseemos".

Discurso completo de Feynman (en inglés) en el siguiente enlace:

<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

///

PROPIEDADES A NANOESCALA

Podemos decir que la nanoescala es una escala situada entre dos mundos: el tangible de todos los días, con sus objetos que se caen y rozan, y el mundo de los átomos y moléculas. Los objetos nanométricos están entre estos dos mundos.

Un nanómetro es diminuto si lo pensamos en la escala habitual del ojo humano, pero para los físicos que trabajan con las partículas elementales que forman los átomos, o los bioquímicos y biólogos moleculares que fabrican moléculas y obtienen enzimas, proteínas y fragmentos de ADN, estas escalas son habituales e incluso grandes. Una molécula como el agua tiene diámetro de $\sim 0,3$ nanómetro, una molécula biológica, como una enzima, puede tener varios nanómetros. Dentro de un nanómetro caben más o menos diez átomos puestos uno al lado del otro. Un átomo tiene un tamaño aproximado de 1 **ångström**, que equivale a una décima de nanómetro.

La nanotecnología fue impulsada, en principio, por la industria electrónica que necesitaba separar con urgencia los límites del tamaño que le marcaba la utilización del silicio en los circuitos integrados.

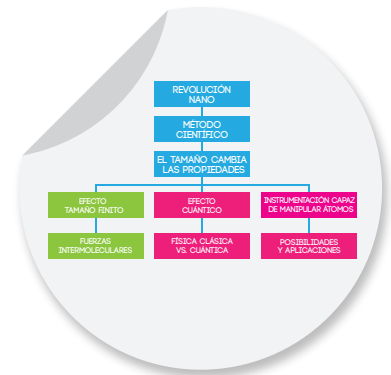
En la actualidad, se considera que las nanotecnologías cubren un intervalo dimensional estricto comprendido entre 1 y 100 nm aproximadamente, sin embargo, se suele aceptar como tal hasta un intervalo comprendido entre los 200 y 300 nm.



Las nanotecnologías nos permiten imaginar máquinas más pequeñas que un glóbulo rojo, que entren por el torrente sanguíneo para eliminar células cancerígenas, destruir un virus o remover placas arteriales. Todos estos desarrollos van camino a volverse realidad mediante esta ciencia que construye máquinas del invisible tamaño del nanómetro.

La nanociencia es una combinación derivada de los conocimientos adquiridos en la física del sólido y la química de materiales. La ciencia de materiales, la biología molecular, la bioquímica y las ingenierías son todas las disciplinas que forman la base científica sólida sobre la que se asienta la nanotecnología.

La piedra fundamental de la nanotecnología son los nanomateriales que, a diferencia de los materiales que manejamos a diario, presentan cambios en sus propiedades al reducir el tamaño de sus nanosistemas. Estas modificaciones en las propiedades se conocen como efectos de tamaño finito.



EFECTOS DE TAMAÑO FINITO

A medida que se reduce el tamaño de un objeto, su superficie crece respecto de su volumen.

En un material cualquiera, el número de átomos que se encuentran en su superficie es notablemente inferior a aquellos que componen su volumen. Pero una consecuencia importante de este aumento en la relación superficie/volumen es que, puesto que las propiedades físicas de una superficie son muy distintas a las del volumen, las propiedades del material cambiarán al reducir el tamaño del objeto. **A medida que los objetos se hacen más pequeños, se van convirtiendo en “superficies” en las que los átomos tienen menos vecinos y por ende, tienen la posibilidad de escapar antes del material,** pueden “sentir” mejor la presencia de otros átomos externos y reaccionar con ellos.

Veamos qué pasa con la relación área- volumen al llevar UN CUBO a escala nanométrica:



$L = 1 \text{ mm}$
Átomos en la superficie
 $6 \text{ caras} = 6 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} V_{\text{cubo}} &= L^3 = 1 \text{ mm}^3 & S &= L * L = 1 \text{ mm}^2 * 6 \\ \text{relación} & \frac{\text{superficie}}{\text{volumen}} & & \frac{6 \text{ mm}^2}{1 \text{ mm}^3} = 6 \text{ 1/mm} \end{aligned}$$



$L = 0,5 \text{ mm}$
 $6 \text{ caras} = 6 * 0,25 \text{ mm}^2 = 1,5 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} V_{\text{cubo}} &= L^3 = 0,125 \text{ mm}^3 \\ S &= 0,5 \text{ mm} * 0,5 \text{ mm} * 6 = 1,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$8 \text{ cubos} * 1,5 \text{ mm}^2 = 12 \text{ mm}^2 = \text{superficie}$ superficie/volumen

$$12 \text{ mm}^2 / 1 \text{ mm}^3 = 12 \text{ 1/mm}$$

Si $L = 10 \text{ nm}$
 $V = 1 \text{ nm}^3$
 $S = 10^2 \text{ nm}^2$



$$S/V = 10^2$$



la tensión superficial y distinta

A estas escalas, las fuerzas intermoleculares que despreciaríamos en el mundo macro cobran mayor relevancia.

✓ ACTIVIDADES SUGERIDAS



SUPERFICIE Y VOLUMEN

Imaginemos que tenemos un cubo de oro de $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$. ¿Cuántos átomos habrá en su superficie y cuántos en el volumen? ¿Y si en lugar de un cubo tuviésemos una nanopartícula de $1 \times 1 \times 1 \text{ nm}^3$? Determinar para cada caso el porcentaje de átomos de superficie respecto del total. Consideren que el diámetro de un átomo es 0.1 nm .

LA TECNOLOGÍA ACTUAL FRENTE A LA DEL FUTURO⁸

TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DESCENDENTE O “TOP-DOWN”

El fundamento de la tecnología actual se asemeja al trabajo realizado por un escultor, el cual a partir de un bloque de material, y a base de cincelar, pulir y modelar, acaba obteniendo un objeto más pequeño con la forma deseada. Puesto que cada vez son necesarias tecnologías de fabricación más precisas, es importante disponer de tamaños de cincel progresivamente más pequeños.

TECNOLOGÍA “BOTTOM-UP”, DE ABAJO HACIA ARRIBA

La aproximación “nano” es, por tanto, muy diferente de la “top-down”, pues el planteamiento está basado exactamente en lo contrario: ir de lo pequeño a lo grande, construyendo dispositivos a partir de sus componentes últimos. En este caso, se trata de trabajar no como un escultor, sino como un albañil, que construye una pared partiendo de una serie de elementos básicos. Los “ladrillos” que en este caso se utilizan para construir los diferentes dispositivos o componentes son muy variados: átomos, ácidos nucleicos, proteínas, nanopartículas o nanotubos.

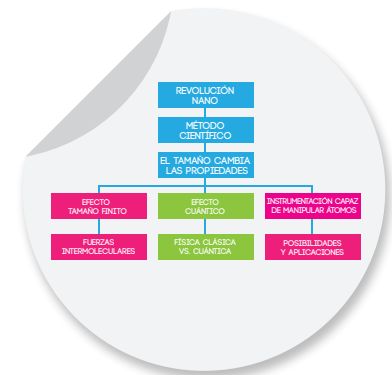
⁸ Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro.

///

EFFECTO CUÁNTICO

Otra cuestión con la que nos encontramos en esta carrera sin fin hacia la miniaturización reside en que para tamaños del orden o inferiores al nanómetro, aparecen efectos que son diferentes a los que gobiernan la materia a escala macroscópica, los llamados efectos cuánticos.

La física cuántica exige una nueva forma de pensar. Para entender este salto en el desarrollo científico es necesario remontarnos a los orígenes de la física cuántica y sus principales rupturas con la física clásica.



➡ FÍSICA CLÁSICA Y FÍSICA CUÁNTICA

LA TEORÍA CUÁNTICA

Como sabemos, objetos y distancias (más grandes y más pequeñas) obedecen a las mismas leyes: las llamadas leyes de Newton.

A fines del siglo XVII, en el libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Isaac Newton estableció una serie de principios universales que afectan tanto al movimiento de un grano de polen como a un cometa en su viaje interplanetario.

Sin embargo, estas leyes, que suelen denominarse “clásicas”, dejan de ser válidas en dos casos:

- Cuando las velocidades de los objetos son elevadas (cercasas a la de la luz).
- **Cuando las dimensiones de los objetos son muy pequeñas (por debajo del nanómetro).**

La primera de las excepciones la expresó A. Einstein con su teoría de la relatividad. La segunda se contempla dentro de la teoría cuántica. Esta teoría se ha ido construyendo poco a poco con las contribuciones de muchos científicos que, desde principios del siglo XX, se dieron cuenta de que en el mundo atómico aparecen comportamientos que contradicen nuestra experiencia y nuestra lógica newtoniana.

La nueva teoría debía explicar por qué los átomos son estables, el color de los materiales, la estructura de la tabla periódica, por qué se producen los enlaces químicos...

LOS ELECTRONES YA NO SON PARTÍCULAS

La energía del paquete más pequeño es una propiedad fundamental de la naturaleza relacionada con una constante, **la constante de Planck** (llamada h), y cuyo valor es de $6,63 \times 10^{-34}$ Js.

Este valor es muy pequeño en las unidades de nuestro mundo y, por lo tanto, podemos despreciarla en nuestra vida cotidiana. Pero no en el nanomundo (el de los átomos, moléculas, partículas...) ni “mucho más al fondo”(en el mundo de las partículas subatómicas), donde se convierte en una magnitud muy respetable.

La teoría cuántica nos permite entender el átomo. N. Bohr fue quien estableció la primera imagen moderna del átomo utilizando la constante de Planck, y desencadenó con sus afirmaciones el comienzo de la era cuántica, en 1905. Los electrones se organizan alrededor del núcleo atómico, pero no lo hacen tomando cualquier valor, como pasaría si fueran planetas que orbitan en torno a una estrella (modelo atómico de Rutherford). Los electrones sólo tienen unos valores fijos de energía y, por ende, sólo unas ciertas órbitas les son permitidas.



El nombre de **“Teoría Cuántica”** o **“Mecánica Cuántica”** proviene del descubrimiento, realizado por M. Planck alrededor de 1900, de que la energía no es continua, sino que sólo existe y se puede intercambiar en paquetes o grupos llamados cuantos. Así, la energía se parece más a partículas de materia que a una propiedad de la materia.

Cualquier energía que no esté permitida dará lugar a órbitas inestables en las que no podrá mantenerse el electrón. **Es como si los electrones se ordenasen alrededor del núcleo como uno ordena los libros en su estantería: sólo pueden estar en un estante o en el siguiente, nunca entre ambos niveles. La forma de pasar de un nivel bajo a otro alto es aportando una energía precisa.** En el caso de la estantería, sería la necesaria para que el brazo pudiera vencer la gravedad durante unos centímetros, y en un átomo, por ejemplo, la aportada por un fotón (onda electromagnética con una energía definida).



Dicha descripción no tiene sentido dentro de las leyes ‘clásicas’ ya que, en estas, el electrón, como un satélite artificial alrededor de la Tierra, puede tener órbitas estables.



Estas ideas fueron completadas por W. Heisenberg y E. Schrödinger en la década de los veinte, quienes definieron al electrón no como una partícula (es decir un objeto dotado de masa), sino como una función matemática llamada función de onda, a la que denotaron con la letra griega Ψ , y cuya amplitud elevada al cuadrado nos da la probabilidad de encontrar al electrón dentro de un átomo en una posición determinada en un momento dado.

Es decir, **un electrón en un átomo deja de ser una partícula puntual, situada en un lugar del espacio y moviéndose a una velocidad bien definida, para convertirse en algo similar a una nube cargada deslocalizada, que está en todas partes, y la probabilidad de encontrarlo en un punto determinado depende de la densidad que tenga la nube en dicho punto.** Esta visualización de un electrón en un átomo como una nube de carga fue propuesta por R. Feynman.

Un poco más tarde, L. de Broglie descubrió que, sorprendentemente, también las partículas pequeñas, como el electrón, pueden comportarse como ondas. Esto es asombroso ya que contradice toda nuestra experiencia del concepto de partícula: objeto pequeño que tiene una masa, una velocidad y una posición determinada en el espacio. La naturaleza ondulatoria de la materia se manifiesta con más énfasis cuando el objeto se mueve a bajas velocidades o tiene una masa pequeña. **Así en el mundo atómico y subatómico todo parece mezclarse: materia, ondas y energía se comportan unas como otras.**

PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE DE HEISENBERG

Esta mezcla de propiedades llevó a Heisenberg a postular que existen magnitudes complementarias —como posición y velocidad; energía y tiempo— de manera que si definimos bien una de ellas, la otra queda completamente indeterminada. Así, y en contra de los principios de la física clásica, nunca se pueden determinar o medir simultáneamente ambas magnitudes.

Bohr propuso que la naturaleza no es más que lo que uno determina cuando mide algo u observa. Hasta entonces nada existe. La realidad no sería más que un estado mezcla de todos sus estados posibles, y únicamente después de haber realizado una medida u observación uno puede definirlo.

EL GATO ENCERRADO

Schrödinger ilustró estos conceptos con su famosa paradoja de un gato encerrado en una caja con una ampolla de veneno. Hay una probabilidad del 50% de que la ampolla esté rota (con lo que el gato estaría muerto) y otro 50% de que esté entera (gato vivo). Como la caja está cerrada, no sabemos si el gato está vivo o muerto. Eso sería la interpretación clásica. En cambio la cuántica es que mientras uno no abra la caja, el gato no estaría ni vivo ni muerto, sino vivo y muerto a la vez, en un estado mezcla, definido por una función matemática que nos da la probabilidad de que esté en uno de los dos estados posibles. El mundo cuántico es definitivamente paradójico.

(Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro)

✓ ACTIVIDADES SUGERIDAS



Propónganle a los estudiantes hacer un cuadro comparativo que resuma algunas de las diferencias entre física clásica y física cuántica. Luego realicen una puesta en común y cotejen las respuestas.

Si resulta útil, pueden darles el siguiente cuadro como referencia:

FÍSICA CLÁSICA	FÍSICA CUÁNTICA
Es determinista: Si sabemos la posición y la velocidad de un objeto, podemos determinar adónde va.	
	Es holística: El universo es un todo unificado cuyas partes interactúan unas con otras.
El observador contempla el universo externamente.	
	Aplicable a todas las escalas del mundo.
Es posible observar la realidad sin cambiarla.	
	Se basa en el conocimiento de “tendencias por existir”, o “tendencias por ocurrir”.



El concepto de superposición cuántica fue ilustrado por Schrödinger con su famosa paradoja del gato encerrado en una caja.

Les proponemos que dividan a la clase en pequeños grupos y les asignen diferentes explicaciones para que las vean (aquí sugerimos algunas):

www.youtube.com/watch?v=nOLHKyJQqnQ

www.youtube.com/watch?v=nqNbVuLfuKY

www.youtube.com/watch?v=yF56CuZMZLs

Sacadas de series de ficción:

www.youtube.com/watch?v=J3fMQRL9yc4

www.youtube.com/watch?v=bWEj2PEvZsM

Los *links* contienen diferente información, pero la idea es ver qué construye cada grupo con la fuente asignada. A partir de lo observado pedirles que definan:

- Superposición cuántica
- Decoherencia
- Observación
- Objetos macroscópicos
- Objetos microscópicos

Una vez que cada grupo haya finalizado, comparar las definiciones y contestar entre todos: ¿Cómo se relaciona esto con la nanotecnología?

///

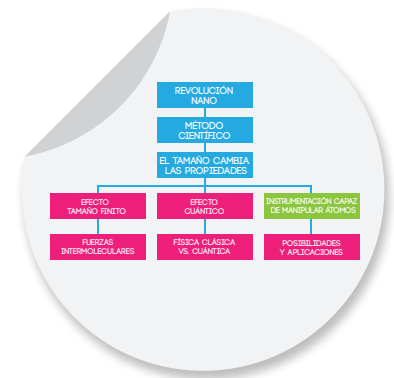
EL FUTURO ES HOY: ALCANCES DEL CAMPO NANOTECNOLÓGICO

¡REPASEMOS!

Se considera “nanotecnología” al estudio, diseño, creación, síntesis y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través de la manipulación de la materia del orden del nanómetro (millonésima parte del milímetro) 10^{-6} mm.

Un nanómetro es un punto mágico en la escala dimensional. Las nanoestructuras están relacionadas con los más pequeños dispositivos construidos por el hombre, y con las moléculas más grandes. La ciencia y la ingeniería de la nanoescala comprenden los avances tecnológicos de explotar nuevas propiedades químicas, físicas y biológicas de sistemas de tamaño intermedio entre átomos aislados o moléculas y materiales, en los cuales las propiedades de transición entre los dos límites sean controladas.

Si el automóvil y la microelectrónica revolucionaron el siglo pasado, en el siglo XXI la nanotecnología será el motor de una nueva revolución industrial que cambiará el mundo tal como lo conocemos hoy.



Algunas de las aplicaciones de la nanotecnología:

- Desarrollo de materiales más resistentes y livianos.
- Reducción del tamaño de los chips. Pantallas más livianas y eficientes en el uso de energía.
- Nanocélulas de combustibles.
- Medicina: moléculas dirigidas específicamente a la zona deseada del cuerpo. Nanopartículas inteligentes que buscan una localización específica dentro del cuerpo humano y suministran una dosis programada de medicamentos.
- Energías: fuentes menos contaminantes y más eficientes de energía.
- Nanosensores que circulan dentro del cuerpo para mantener niveles de glucosa, colesterol u hormonas.
- Nanoproyectiles de oro que hacen blanco en las células cancerosas y una vez que las identifican pueden destruirlas con un laser no invasivo.
- Nanopartículas de plata que matan microbios resistentes a los antibióticos.
- Prendas con nanopartículas, ej : indumentaria hospitalaria.
- Lavarropas con nanopartículas de Ag que eliminan bacterias.
- Heladeras con nanopartículas para conservar más tiempo los alimentos.
- Producción agrícola. Detección y control de plagas.
- Contaminación atmosférica.
- Armamentos y sistema de defensa.
- Tratamientos de agua.



Hay dos características fundamentales de esta explosión nanotecnológica que solamente son posibles a partir del siglo XXI:

1. La posibilidad de explorar el mundo microscópico de una manera nunca antes imaginada.

2. La interdisciplinariedad, convergencia de una serie de ramas de la ciencia, antes inconexas, que construyen el cuerpo de la nanociencia.



Fue en 1981 cuando los investigadores G. Binnig y H. Rohrer inventaron **el microscopio de efecto túnel** mientras trabajaban en los laboratorios de IBM en Zúrich. Ellos ganaron el Premio Nobel en 1986, y abrieron un mundo nuevo: la posibilidad de ver y manipular átomos y moléculas, lo que permitió que muchas de las ideas de Feynman (como escribir toda la enciclopedia en la cabeza de un alfiler) pudiesen ponerse en práctica.

1. LA POSIBILIDAD DE EXPLORAR EL MUNDO MICROSCÓPICO

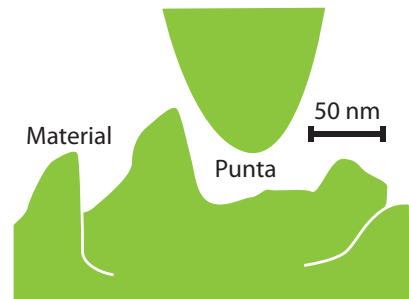
Hace veinte años, los profesores nos decían en la escuela que los átomos no se podían ver. Hay una noticia para todos, la tecnología avanzó mucho y ahora: **¡los átomos no sólo se pueden ver, sino también tocar!**

Esto se hizo posible, primero, gracias a **los microscopios electrónicos y después, a los microscopios de campo cercano** —del inglés Scanning Probe Microscopy (SPM)—, una nueva herramienta capaz de ‘ver’ la materia a escala nanométrica y también de interactuar con ella.

Los **microscopios de campo cercano**, entre ellos el de efecto túnel, constituyen una familia de instrumentos que permiten estudiar las propiedades de la superficie de diversos materiales en una escala comprendida entre la micra (1000 nm) y las distancias atómicas (0.1 nm).

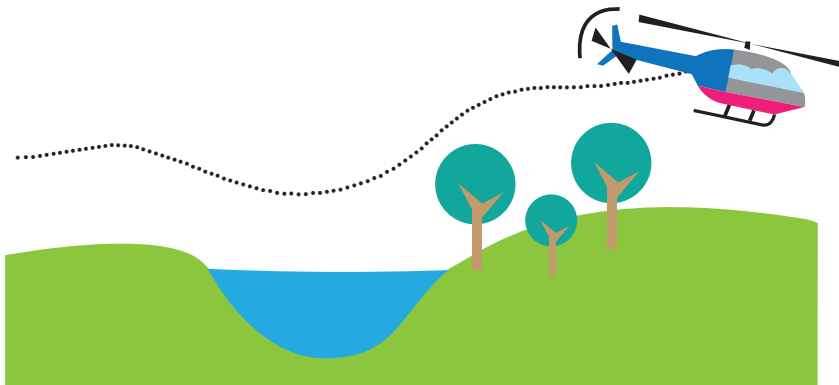
A pesar de su elevado poder resolutivo, estos microscopios son extremadamente pequeños. Todos ellos tienen dos componentes comunes: por un lado, la sonda, que es el elemento que va a estar en contacto con la superficie que se quiere estudiar, y, por otro, un sistema de control que permitirá posicionar con gran precisión la sonda sobre la muestra, tanto lateral como verticalmente.

En este tipo de microscopios, la sonda consiste en una punta afiladísima, con un radio final de unos pocos nanómetros. Al aproximar la sonda a la superficie de la muestra es posible poner de manifiesto diversos tipos de interacciones de naturaleza cuántica que surgen como consecuencia de la enorme proximidad a la que se encuentran ambos materiales.



Para entender el funcionamiento de los SPM, imaginemos un helicóptero que, siguiendo órdenes de la torre de control, debe sobrevolar un terreno manteniendo siempre constante la distancia que lo separa del suelo. Si al finalizar el vuelo trazásemos la trayectoria seguida por el helicóptero, obtendríamos un perfil de la topografía del terreno. 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.

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 ésta 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.

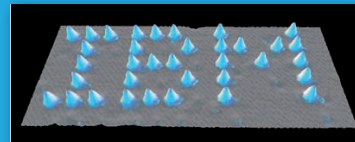


MICROSCOPIOS ELECTRÓNICOS

El MEB (microscopio electrónico de barrido) y el MET (microscopio electrónico de transmisión) funcionan esencialmente como “una pista de carrera para electrones”. Se componen de un tubo con electrodos en ambos extremos conectados a una fuente de alto voltaje. En dicho tubo se aceleran los electrones. En el MEB, el voltaje de aceleración es de 2000 a 20000 voltios y en el MET, los electrones tienen que estar más acelerados: de 100000 a 300000 voltios. En algún momento, estos electrones acelerados chocan con la muestra que se desea ver, que funciona como “obstáculo” y entonces se desvían y se detectan a través de sensores.



En 1990, científicos de la IBM consiguieron escribir el logotipo de su empresa a escala atómica. Como “tinta” utilizaron 35 átomos de xenón; “el papel” fue una lámina de metal cristalino, y el “lápiz”, un microscopio de efecto túnel con el que lograron mover y colocar los átomos.



En este enlace encontrarán otras imágenes de lo que puede verse y “escribirse” con un microscopio de campo cercano: STM Image Gallery http://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_project.php?id=4245



En una primera impresión, pensar que podemos ser capaces de desarrollar toda la tecnología que nos rodea ensamblando molécula a molécula, partícula a partícula, parece un sueño o una película de ciencia ficción. Pero si lo meditamos un poco, veremos que para comprender cómo se pueden construir dispositivos de orden superior partiendo de sus constituyentes, sólo tenemos que mirar a nuestro alrededor. La biología lo viene haciendo desde hace casi cuatro mil millones de años sobre la Tierra. Así, las moléculas que se sintetizaron sobre la superficie se fueron reconociendo, enlazando y autoensamblando para formar estructuras de mayor complejidad. Estas les proporcionaban ciertas ventajas para captar energía, evitar su degradación, hacer copias de sí mismas, etcétera... Por ejemplo, los aminoácidos, que son moléculas relativamente simples, se fueron agrupando entre sí de manera precisa hasta construir las proteínas.

Por ello, otro de los objetivos de la nanociencia y la nanotecnología es aprender de los mecanismos fundamentales que la vida desarrolló durante su evolución para intentar reproducirlos e incluso adaptarlos con el fin de resolver otros problemas que poco tienen que ver, en principio, con la biología.

2. INTERDISCIPLINARIEDAD

No es sólo la necesidad de combinar expertos en distintas técnicas y áreas del conocimiento lo que origina la interdisciplinariedad de la nanociencia. Se trata también de que al reducir el tamaño de los objetos para estudiarlos, llega un momento en que todos están constituidos por átomos y moléculas. Y así, por ejemplo, para construir un dispositivo biosensor y que ese nuevo dispositivo funcione, el biólogo deberá saber de física cuántica, y el físico, de biología.

Por eso, el desarrollo de esta nueva ciencia exige no sólo utilizar técnicas de fabricación, visualización y caracterización muy precisas, sino también **un acercamiento multidisciplinar que reúna a físicos, químicos, biólogos, tecnólogos y teóricos trabajando juntos y utilizando el mismo lenguaje.** De hecho, para todos ellos, los átomos y moléculas son los ladrillos constituyentes de los objetos que estudian. La nanoescala es su punto de encuentro.



¿Dónde se estudia nanotecnología?!

Si la nanotecnología es un campo en el que convergen tantos conocimientos diferentes, ¿cómo se hace para formarse en esta área interdisciplinar?

En realidad no existe una carrera universitaria en “nano”, sino que se puede llegar a trabajar en nanociencia y nanotecnología tras haber cursado estudios de química, física, biología o ingeniería... ¡Es decir, hay muchos caminos por los que llegar a ser nanotecnólogo@!

✓ ACTIVIDADES SUGERIDAS



En esta página encontrarán un juego de simulación que permite conocer cómo se trabaja en un nanolaboratorio construyendo una “nariz electrónica”. Les proponemos que lo prueben y luego debatan:

¿Qué materiales e instrumentos se utilizan?, ¿qué disciplinas intervienen?, ¿qué cuidados especiales se implementan?

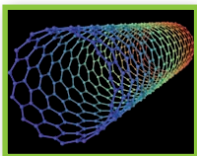


<http://nanoyou.eu/es/component/content/article/45-virtual-experiments/74-virtual-nano-lab-construct-an-electronic-nose.html?directory=4&Itemid=4>

NANOMATERIALES

La piedra fundamental de la nanotecnología son los nanomateriales. Estos son los metales, polímeros, semiconductores, óxidos y otros, en los que al menos una de sus dimensiones es pequeña, del orden de algunos nanómetros.

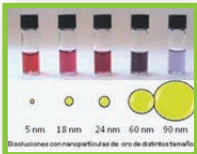
Por ejemplo, si formamos una delgada lámina de metal, cuyo espesor sea de algunos nanómetros, esa nano lámina tendrá un comportamiento diferente al de un fragmento “macroscópico” del mismo metal. Si, en cambio, tenemos un cable formado por un largo hilo de sección nanométrica, tendremos propiedades distintas.



Nanobarra o nanotubo: dos dimensiones menores que 100 nm
(Imagen: Nanotubo de carbono)



Nanolámina o nanofilm: Una dimensión menor que 100 nm
(Imagen: lámina de grafeno)



Punto cuántico o nanopartícula: Tres dimensiones menores que 100 nm
(Imagen: Nanopartícula de oro)

¿A qué nos referimos cuándo hablamos de cambio de propiedades?

A las **propiedades llamadas intensivas**, aquellas que son independientes de la masa, como el punto de ebullición. Veamos como ejemplo, el caso del oro: lo conocemos como un metal de color amarillo dorado, conductor de la corriente eléctrica y que tiene PF 1064 C. Pero cuando pasamos a la escala de las nanopartículas de menos de 20 nm, el color del oro es rojo violeta, en las de menos de 5nm el PF 500 C, y por debajo de 2 nm deja de ser conductor y a esta escala ya no es un metal.

Esos cambios de propiedades se deben al hecho de tener nanopartículas de oro formadas por una pequeña cantidad de átomos, **o sea que en esa instancia la materia es dependiente del tamaño**, aparte de su composición.

Las propiedades de cualquier sistema dependen de varios factores:

- El arreglo de los átomos que lo componen.
- Cuáles son esos átomos.
- Cuáles son sus vecinos.
- Cómo se disponen en el espacio.
- Distancia y ángulos que forman.

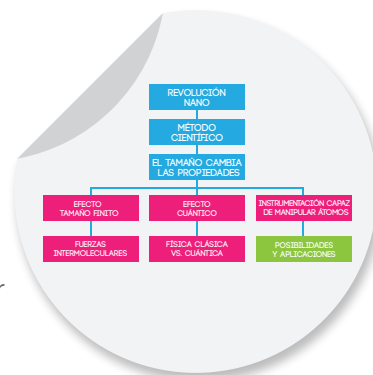
///

POSIBILIDADES Y APLICACIONES

Considerando sus **potenciales aplicaciones** al presente, podemos predecir que el crecimiento de las nanotecnologías se observará a lo largo de **cuatro campos centrales** que a su vez se interrelacionan íntimamente:

NANOQUÍMICA

Inspirándonos en la naturaleza podemos aprovechar la tendencia que exhiben ciertas moléculas para autoorganizarse según patrones regulares a escala nanométrica, de forma tal que nos permita construir dispositivos moleculares mediante la aproximación bottom-up (de abajo arriba).



La química supramolecular es aquella que está más allá de la molécula. Es decir, se encarga del estudio de entidades moleculares (supramoléculas) surgidas como consecuencia de interacciones no covalentes entre varias especies químicas.

Estos sistemas autoensamblados, que el químico sintetiza en el laboratorio, pueden ser utilizados por profesionales de otras áreas (por ejemplo: físicos o ingenieros) para la construcción de diversos dispositivos. Muchos grupos de investigación utilizan los avances de la nanoquímica en áreas como la nano-electrónica, la nanomedicina, etc.

La aplicación de este tipo de sistemas puede ser sumamente variada, puede incluir, por ejemplo, el diseño de músculos artificiales o de interruptores moleculares que puedan utilizarse en la construcción de ordenadores moleculares. También se pueden aplicar para desarrollar nanosensores capaces de abrir una nanocápsula donde se almacena un fármaco, para medir contaminantes, implementar en sistemas de detección de incendios en bosques, para determinar el grado de fermentación de un vino durante su preparación, para analizar el estado del contenido de una lata de conservas o detener explosivos, entre otros.



En este vínculo encontrarán una entrevista a Eric Drexler quien habla acerca de los horizontes de la nanotecnología:
www.muyinteresante.es/tecnologia/articulo/eric-drexler

✓ ACTIVIDAD SUGERIDA



Pídanles a los estudiantes que investiguen acerca de la idea del **“ensamblador universal”** que propuso el ingeniero Drexler (ver recuadro). ¿Qué consecuencias tendría si llegara a concretarse esta posibilidad? ¿Cuáles son los dilemas éticos que plantea? Luego debatan en clase considerando la información y las opiniones de cada uno.

NANOELECTRÓNICA

Tecnologías de la información

En esta área se estudian sistemas para almacenar datos con una muy alta densidad de registro y nuevas



Realidad o ficción

Aunque ya en 1959, Feynman había sugerido de manera clara esta posibilidad, hubo que esperar hasta 1986 para que sus ideas se concretaran. En ese año, Eric Drexler publicó su libro *Engines of Creation* en el que describe cómo las nanomáquinas serán capaces de construir desde computadoras hasta maquinaria pesada, ensamblando molécula a molécula, ladrillo a ladrillo. Los encargados de realizar ese ensamblaje serán nanobots, que funcionarán de manera similar a la que siempre lo han hecho los ribosomas y otros agregados moleculares en las células de nuestro cuerpo: autoreparándose y constituyéndose a sí mismos. La descripción realizada por Drexler se corresponde con el funcionamiento de los motores moleculares, desarrollados posteriormente, en los que se crea un engranaje de moléculas donde unas hacen moverse a otras, por lo que se logra un verdadero efecto mecánico. Drexler también vislumbró la posibilidad de desarrollar nanosubmarinos que podrían desplazarse por las venas buscando antígenos, como lo hacen los leucocitos.

tecnologías de visualización sobre la base de plásticos flexibles. En el largo plazo, el desarrollo de la nanoelectrónica molecular y la informática cuántica abrirán nuevos horizontes a la tecnología informática.

En un futuro no muy lejano, se integrarán en un único dispositivo algunos equipos tales como teléfonos móviles, computadoras, reproductores de música y video, sintonizadores de radio y televisión, agendas, sistemas de correo electrónico, sistemas de control remoto y de localización (GPS), sensores de temperatura corporal, etcétera. **Estos equipos dispondrán de pantallas flexibles, ultradelgadas, plegables u enrollables (algunas de estas ya han salido al mercado de la telefonía móvil a finales del 2007), y su procesador y sistema de almacenamiento estarán ubicados en un minúsculo rincón del aparato** —por ejemplo, el propio interruptor de encendido—, o se encontrarán distribuidos formando parte de la propia pantalla o carcasa. Los teclados se integrarán en las pantallas, que serán táctiles y obedecerán instrucciones vocales. Tampoco hay que descartar que el procesador, los sistemas de comunicaciones y las propias pantallas lleguen a estar integradas en unas gafas o hasta en lentes de contacto.

Si escudriñamos lo que se hace en los laboratorios, encontramos más y más pistas que nos indican cómo será el futuro. **Por ejemplo, investigadores de la Universidad de Illinois, en EE. UU. han sido capaces de fabricar una radio del tamaño de un grano de arena usando nanotubos de carbono.** En la Universidad de Washington, un equipo de científicos ha desarrollado unas lentes de contacto que integran circuitos electrónicos y diodos “leds” que nos muestran una pantalla con información. El siguiente paso es que estas lentes tengan conectividad a Internet!

✓ ACTIVIDAD SUGERIDA



Les proponemos iniciar la competencia “el nanoobjeto más curioso”. Cada estudiante tendrá una semana para rastrear productos nanoelectrónicos y elegir aquel que le parezca más revolucionario. Pueden establecer criterios generales entre todos, por ejemplo: si se aceptan productos internacionales o sólo nacionales; si tienen que estar ya desarrollados o pueden estar en fase de investigación, etc. El día fijado, cada estudiante presenta el objeto elegido, lo defiende, y al finalizar la exposición se vota entre todos al ganador.

LA NANOBIOTECNOLOGÍA Y NANOMEDICINA

La aplicación biomédica de la nanobiotecnología se conoce como nanomedicina, y se considera un área de vanguardia, no solo por las consecuencias indudables que va a generar en las sociedades, sino por los

desafíos que presenta para poder superar el vacío existente entre la fase experimental y la fase clínica de los productos y tecnologías desarrolladas.

El avance de la biología molecular sumado a la capacidad de manipular y controlar la materia a menor escala y al aprovechamiento de las propiedades novedades de los nanomateriales, presenta una nueva forma de encarar las enfermedades desde un campo molecular. Por lo que la nanomedicina ha comenzado a ganar espacios en la sociedad debido al gran espectro de sus aplicaciones potenciales, algunas de las cuales ya se encuentran disponibles en el mercado.

Y en el presente, todos los intereses apuntan al uso de la nanobiotecnología para introducir mejoras en el diagnóstico y la detección temprana; para tratar enfermedades crónicas y agudas, y favorecer la rapidez, la sensibilidad y la especificidad del análisis. En especial, algunas de las aplicaciones más prometedoras son **la liberación controlada y dirigida de fármacos, la ingeniería de tejidos, el diagnóstico por imágenes y la detección temprana de patologías. También se fabricarán pequeñísimos biosensores capaces de medir en tiempo real la concentración de diferentes sustancias en nuestra sangre.**

Otras interesantes aplicaciones de la nanomedicina se encuentran en fase de investigación y desarrollo en laboratorios de todo el mundo. Por ejemplo, grupos de investigadores del CSIC ya sintetizan nanomateriales para obtener prótesis más resistentes y biocompatibles, y fabrican nanomateriales biodegradables y bactericidas que sirven de soporte, de andamio, para el crecimiento de huesos y cartílagos.

Recientemente, investigadores del MIT en EE. UU. y de la Universidad de Hong Kong, en China, han sintetizado un gel de péptidos nanoestructurados que permite detener hemorragias en pocos segundos, lo que es muy interesante en intervenciones quirúrgicas. ¡Fascinante!

✓ ACTIVIDAD SUGERIDA



Aprovechando que, por lo general, este campo resulta uno de los que más interés despiertan y en el que los avances ya pueden verse en aplicaciones muy concretas, les sugerimos ofrecerles a los estudiantes la posibilidad de pensar desde el enfoque de la salud pública. Es decir, si pudieran definir una política de investigación en nanomedicina para nuestro país, ¿qué propondrían? ¿Cuáles son las principales necesidades de nuestra región a las que la nanotecnología puede dar respuesta?

Como fuente, pueden recurrir a la Dirección de Estadísticas del Ministerio de Salud <http://www.deis.gov.ar/> o hacer un relevamiento local entrevistando a médicos y referentes de centros de salud y hospitales.

NANOMATERIALES

Un adhesivo convencional fabricado con cierto polímero puede cambiar sus propiedades, como la resistencia a las fracturas o el punto de fusión, gracias al agregado de pequeñas cantidades de nanopartículas. Esto también se logra incluyendo nanotubos de carbono en fibras de vidrio, fibras de carbono u otros materiales. Si las partículas que se añaden absorben la radiación ultravioleta, el material matriz cambiará sus propiedades ópticas. Si dichas nanopartículas son hidrófobas (repelen el agua), el material resultante no se mojará con tanta facilidad; y si poseen carácter bactericida, el material tendrá utilidad en aplicaciones sanitarias o quirúrgicas. **Podemos entonces comprobar que los nanomateriales**

y nanopartículas permiten cambiar las propiedades de materiales ya existentes. También se suele hablar de la “sintonización” a la voluntad de dichas propiedades.

Como vemos, este campo es inmenso y puede contribuir con diferentes sectores de la industria y la producción:

- Producción y almacenamiento de energía

Gracias a los avances para mejorar los aislamientos, el transporte y la iluminación, será posible un fuerte ahorro de energía. **Además, se están desarrollando celdas solares fotovoltaicas de mayor eficiencia y de menor costo.** También hay nuevos desarrollos en celdas de combustible o sólidos ligeros nanoestructurados que tienen el potencial para almacenar hidrógeno de manera eficaz.

- Industria alimenticia

El agua y el medioambiente se beneficiarán con las nanotecnologías, gracias al desarrollo de instrumentos para detectar y neutralizar la presencia de microorganismos o plaguicidas. Mediante nuevas técnicas de nanoetiquetado miniaturizado podría realizarse el seguimiento desde el origen de los alimentos. El desarrollo de métodos de recuperación de efluentes líquidos basados en el uso de nanotecnologías permitirá limpiarlos de contaminación.



Una de las aplicaciones recientes de la nanotecnología ha consistido en la fabricación de un plástico transparente tan resistente como el acero. Para ello, se ha imitado la estructura molecular de las conchas marinas mediante nanocapas de arcilla y de un polímero orgánico que actúa como pegamento (una especie de novedoso “nanovelcro”). **El resultado es un material que, además de su gran resistencia, es biodegradable y por tanto, respetuoso con el medioambiente.**

✓ ACTIVIDAD SUGERIDA



En la sencilla experiencia que puede verse en este video http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=fKzslDugAVY# se muestra cómo hacer partículas de grafeno.

¿Se les ocurre la manera? Propónganles a los alumnos que anticipen los pasos a modo de receta y contrasten luego con el procedimiento que muestra el video. Después, si quieren, pueden reproducirlo.

No está tan lejos



Muchos de estos desarrollos ya se pusieron en práctica, por ejemplo, en uniformes médicos que incluyen nanopartículas de plata con efecto bactericida o en vestimenta especial para enfermos, sábanas y toallas.

La nanotecnología ya está presente en artículos deportivos, en raquetas de tenis, palos de golf, zapatos deportivos, ropa climatizada, etcétera. Las principales marcas de computadoras, celulares y juegos electrónicos almacenan su información en baterías de litio con ánodos recubiertos con nanotecnología, y utilizan nanodispositivos electromecánicos.

Y hay muchos ejemplos más: repelentes de lluvia para parabrisas; elementos para restaurantes con nanopartículas que impiden la presencia de bacterias; cuerdas de guitarra con recubrimiento nano que le aportan un mejor sonido. Colchones nano con más protección contra líquidos y manchas; refrigeradores inteligentes; pinturas y barnices para exteriores con mejor adherencia y poder cubritivo y tratamiento para cromados y aceros inoxidable. También cámaras y lentes en los que se elimina la reflexión y automóviles de lujo que ya contienen nanodispositivos o combinan nanopartículas en más de treinta de sus partes.

En este enlace se pueden conocer productos elaborados con tecnología nano: www.nanotechproject.org/inventories/

➡ LA NANO EN LA ARGENTINA

“La nanotecnología puede brindar soluciones a necesidades sociales urgentes, como el ahorro energético y la purificación de aguas. Es función del Estado crear las condiciones para su desarrollo, aumentando así el grado de independencia tecnológica y soberanía en las decisiones”.

Daniel Lupi, presidente de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)

Como vimos, las posibilidades de los desarrollos nanotecnológicos son infinitas, y cada vez estarán más presentes en el mundo científico y tecnológico, ¡y en la vida cotidiana!

La Argentina se ha caracterizado históricamente por su espíritu emprendedor y por la calidad de sus universidades,

y es en este marco en el que la nanotecnología aparece como un nuevo paradigma para mejorar la innovación y la competitividad en sus empresas.

Cada vez se toma más conciencia de que esta tecnología actúa como un “potenciador” de otras, por lo general más tradicionales, y que su aplicación y desarrollo en nuestro país se debe esperar, principalmente, en las áreas donde tenemos una tradición productora, tales como agroalimentos, metalmecánica y salud, entre otras.

Este camino se inició en la Argentina, en el año 2003, cuando unos pocos grupos de investigación se encuadraban en la nanotecnología. La entonces denominada Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECyT) convocó a la creación de redes en nanociencias y nanotecnologías por considerarlas áreas vacantes.

Hoy en día, esta tendencia se incrementa y existe una gran cantidad de grupos investigando y desarrollando diversas aplicaciones.



En el sitio de la FAN podrán descargar un material en el que figuran la mayoría de grupos que trabajan en nanotecnología actualmente. <http://www.fan.org.ar/quien-es-quien/>

► NANOSOCIEDAD

CIENCIA Y SOCIEDAD: UNA RELACIÓN PARTICULAR

Para concluir, vale reflexionar sobre la relación que tienen con la sociedad (y han tenido desde su nacimiento) la ciencia y la tecnología. En principio, estas se desarrollan para dar respuesta a alguna necesidad humana, pero a la vez, generan nuevas posibilidades y necesidades.

Si tomamos el caso de la medicina, oiremos voces como la siguiente: “...la difusión del uso de antibióticos para eliminar las bacterias infecciosas salvó, sin dudas, millones de vidas humanas. Sin embargo, también aceleró el desarrollo de especies cada vez más virulentas, algunas de las cuales se resisten a los antibióticos”.⁹

Por otra parte, las inversiones tecnológicas y científicas de algunas empresas y estados dependen muchas veces de que la sociedad adopte o no ciertos desarrollos.

Es decir, la relación entre ciencia, tecnología y sociedad es estrecha y genera relaciones interdependientes. Además, ¿la ciencia y la tecnología son acaso entidades abstractas? ¿Quiénes las construyen si no las personas?

⁹BURBULES, Nicholas C., CALLISTER, Thomas A.. *Riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*.

LA CIENCIA Y LOS CIENTÍFICOS

A la ciencia la “hacen” los científicos, con sus motivaciones, curiosidades, competencias, ambiciones. *“El problema viene, seguramente, de poner en la misma bolsa a la ciencia y a los científicos. Estos últimos son profesionales como cualquier otro: como el dentista, el mecánico, el abogado (bueno, evitemos a los abogados...), con una formación específica y, en muchos casos, bastante extensa. Y los científicos investigan: interrogan al mundo con un método y un lenguaje unívocos, repetibles y contrastables (aunque también se pelean, construyen interpretaciones, siguen modas, sienten envidias y, a veces, hasta colaboran). Pero la ciencia... amigos, la ciencia es otra cosa, de ninguna manera privativa de los científicos. Podemos pensar en la ciencia como en una manera de mirar el mundo, una forma de dar explicaciones naturales a los fenómenos naturales, por el gusto de entender, de sacudir a la naturaleza a preguntazos y quedar pipones de asombro y de curiosidad. Y en esta definición no son necesarios los microscopios electrónicos o los aceleradores de partículas: está al alcance de todos los que se atrevan a preguntarse los porqués que fueron abandonando desde la infancia (porque romper el autito para ver qué tiene adentro es una actitud absolutamente científica). Por último, la ciencia es una actitud; gramáticamente sería más interesante considerarla un verbo y no un sustantivo: un hacer cosas, preguntas, experimentos”.*¹⁰

La nanotecnología se vislumbra como un gran espectro de posibilidades y cambios que, tarde o temprano, se harán presentes en nuestra vida cotidiana. Creemos que la necesidad de conocer acerca de estos desarrollos es fundamental, ya sea para aquellos que se interesen por ser productores activos, es decir iniciar una carrera científica o tecnológica, como para quienes piensen dedicarse a otras disciplinas. Como ciudadanos, debemos saber que la nanosociedad cambiará nuestros consumos, nuestros hábitos, nuestros riesgos y posibilidades.



¡Hasta nanoarte hay!

¡Fíjense en este artista: <http://www.kodama.hc.uec.ac.jp/index-e.html>

✓ ACTIVIDADES SUGERIDAS



DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Propónganles a los alumnos que ingresen en las páginas web de los principales diarios del país y rastreen aquellas noticias relacionadas con divulgación nanocientífica o anuncios de nuevos desarrollos nanotecnológicos durante la última semana.

¹⁰ GOLOMBEK, Diego A., Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa, Buenos Aires, Santillana, 2008.

Dividan al curso en grupos y pídales que clasifiquen las noticias según los temas o áreas que se mencionan.

Luego, hagan una puesta en común y evalúen: ¿Cuáles son los temas que más cobertura reciben? ¿Qué proporción de noticias nacionales e internacionales aparecen? ¿Cuáles son las áreas que parecen estar ausentes? ¿Qué temas les interesaría que los medios les dieran mayor difusión?



Recomendación:

Pueden utilizar el sistema de alertas de Google, que envía a la casilla de correo que uno indique las últimas noticias relacionadas con la búsqueda deseada.

<http://www.google.com.ar/alerts>

AVALADO POR...

Conocer más acerca de las investigaciones científicas y sus aplicaciones nos permite también ser consumidores más críticos y conscientes.



En los últimos años, se acrecentó una tendencia a publicitar productos (yogur, pastas dentales, medicamentos, jabones para la ropa, etc.) aludiendo a avances científicos y tecnológicos. Por lo general, estos datos son proporcionados por médicos o investigadores, identificados con su nombre y número de matrícula.

Les proponemos elegir una publicidad que diga tener aval científico y comprobar o refutar lo que se dice.

TENER EN CUENTA:

¿A qué “avances” hace referencia? ¿Biológicos, físicos, químicos, industriales?

¿Se explica la acción concreta de los elementos que se mencionan? ¿Qué información se resalta y cuál se oculta?

► BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BRITTO FIONA.M., CASTRO GUILLERMO R. (2012). *Nanobiotecnología, hacia un nuevo portal científico-tecnológico*. Química Viva 11(3): 171-183. Ed. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. ISSN 1666 7948. [en línea] Dirección URL: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/castro.html>. [Consulta: 27 de mayo de 2013].

BURBULES, Nicholas C., CALLISTER, Thomas A. *Riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*, Buenos Aires, Granica, 2001.

CASTRO, Guillermo R., *Nanobiotecnología. Campo promisorio de exploración y desarrollo de nuestras sociedades*. Cuadernos Mercosur.it, publicación del Programa de Alta Formación para la Integración Regional, realizada por el Centro Interuniversitario di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile (CIRPS), Sapienza Universidad de Roma, 2011.

GAGO, José Ángel Martín (coord.), *Nanociencia y Nanotecnología*. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. <http://www.fecyt.es>

GALO SOLER ILLIA, *Nanotecnología el desafío del siglo XXI*, Buenos Aires, Eudeba, 2010.

GOLOMBEK, Diego A., *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*, Buenos Aires, Santillana, 2008.

GÓMEZ FERRI, Javier, *La comprensión pública de la nanotecnología en España*. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

NANOYOU, "Nano para los jóvenes (Nano for Youth)", [en línea] Dirección URL: <http://nanoyou.eu/> [Consulta: 27 de mayo de 2013].



**NANOTECNÓLOGOS
POR UN DÍA**

