



Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD)

Ingeniería en Nanotecnología

Tercer semestre

Materia: FUNDAMENTOS DE NANOCIENCIAS
Y NANOTECNOLOGÍA

Docentes:

Dr. Jorge Octavio Mata Ramírez

Dra. Haydee López Rodríguez

Dr. José de Jesús Zamarripa Topete

Apuntes de clase

Grupo: 731

Ensenada B.C., a martes 25 de Mayo del 2021.

Índice

Clase 10 de Agosto: Nanotecnología y sociedad	3
Clase 12 de Agosto: Nanotecnología	8
Clase 17 de Agosto: Principios	12
Clase 19 de Agosto: Nanotecnología; la nueva frontera	19
Clase 24 de Agosto: Ingeniería en nanotecnología	23
Clase 26 de Agosto: Nanotecnología y futuro	25
Clase 31 de Agosto: Estructuras de baja dimensionalidad	38
Clase 2 de Septiembre: Estado sólido, pozos, alambres y puntos cuánticos	39
Clase 7 de Septiembre: Estado sólido: baja dimensionalidad	43
Clase 9 de Septiembre: Nanofísica, dislocaciones	44
Clase 14 de Septiembre: Nanomecánica, revisión de defectos y fonos en sólidos	47
Clase 21 de Septiembre: Nanomagnetismo	56
Clase 23 de Septiembre: Interacciones magnéticas: Superparamagnetismo y magnetorresistencia	64
Clase 30 de Septiembre: Túnel cuántico, túnel cuántico resonante	76

Clase 5 de Octubre: Nanoóptica: excitones y plasmones; propiedades ópticas - Plasmónica	87
Clase 7 de Octubre: Plasmónica, microscopía óptica de barrido de campo cercano	95
Clase 12 de Octubre: Nanofísica, microscopía confocal	102
Clase 14 de Octubre: Nanoquímica, principios	109
Clase 19 de Octubre: Cinética química, femtoquímica	121
Clase 21 de Octubre: Química supramolecular	132
Clase 26 de Octubre: Síntesis de nanopartículas, abrasión, síntesis coloidal, sol-gel	137
Clase 28 de Octubre: Autoensamblaje. Película de Langmuir-Blodgett	145
Clase 4 de Noviembre: Nanotubos, nanocables, películas nanoestructuradas	161
Clase 9 de Noviembre: Nanoquímica, nanofísica, conceptos y aplicaciones	170
Clase 11 de Noviembre: Nanobiología y genómica	169
Clase 16 de Noviembre: Biosíntesis de nanopartículas	178
Clase 18 de Noviembre: Nanofungicidas	189
Clase 23 de Noviembre: Bionanotecnología y vida sintética	215
Clase 25 de Noviembre: Nanobiología y principios de la nanotecnología	225
Clase 30 de Noviembre: Biomoléculas orgánicas y biomateriales	23537
Clase 2 de Diciembre: Nanociencias y nanotecnología	24245

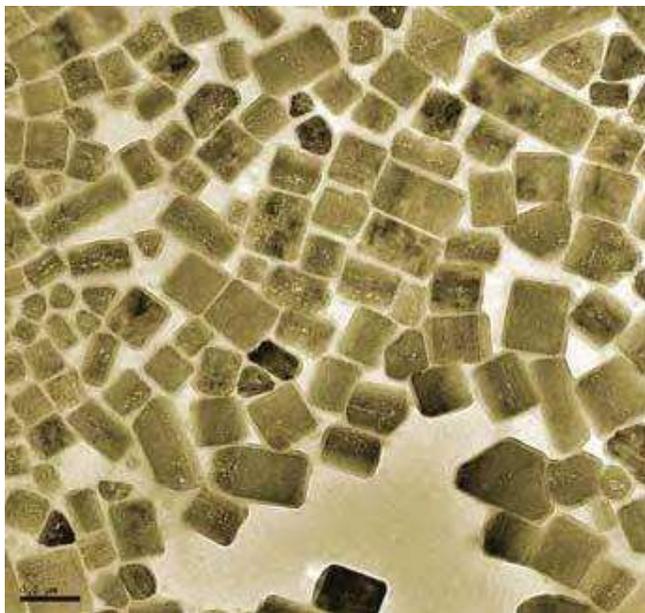
Clase 10 de Agosto: Nanotecnología y sociedad

Nanotecnología y sociedad: un desafío para todos

La nanotecnología se presenta como el germen de una posible revolución industrial. Se trata de una tecnología atómica que opera a escala nano, lo que equivale a la mil millonésima parte de un metro. Tendrá, ciertamente, un fuerte impacto tanto en las sociedades desarrolladas como en desarrollo, pero también en el planeta que habitamos.

La introducción y desarrollo de esta nueva tecnología traerá consigo beneficios y riesgos para la sociedad, pero configura también la posibilidad de materializar nuevos segmentos sociales, la de los incluidos y los excluidos, así como la construcción de una nueva naturaleza inédita en relación a la historia reciente de la humanidad, que puede tener repercusiones en los ecosistemas naturales del planeta.

Los científicos productores de nanociencia y nanotecnología se encuentran en una posición central en lo que se refiere al futuro de nuestras sociedades. En cuanto productores de conocimiento y de tecnología, pueden contribuir a transformar las mismas, pero al mismo tiempo están sufriendo los efectos de esta nueva tecnología en cuanto a ciudadanos.



La nanotecnología no está exenta de críticas. Entre las diversas incertidumbres que planean sobre ella podemos apuntar a la toxicidad de las partículas nano y la necesidad de una regulación específica. Hace falta que sea considerada como una nueva tecnología y, por tanto,

que se tengan en cuenta las cuestiones éticas ya observadas en la biotecnología, por ejemplo. De esta forma, podremos trabajar de una forma diferente a lo que ha ocurrido con la biotecnología. ¿Ocurrirá como con los transgénicos? ¿O romperemos con el ciclo iniciado en términos de publicidad y transparencia, incorporando las preocupaciones sociales y ambientales desde el principio?

Ya se han realizado varios estudios por entidades gubernamentales, como la National Science Foundation (EEUU), la Comisión Europea, la Royal Society(RU) y la ETCGroup (Canadá), que apuntan a la necesidad de incorporar desde el inicio las investigaciones que tengan en cuenta los aspectos sociales, económicos, ambientales, políticos, éticos a la hora de introducir la nanotecnología en nuestras sociedades.



Una de las mayores críticas a la nuevas tecnologías parte del hecho de que no sabemos los riesgos que causan entre la población. La controversia crece cuando no se permite la participación del público en este proceso. Surge entonces la oportunidad de preguntar: ¿para qué sirve esta tecnología? ¿Quién será su propietario? ¿Quién se responsabilizará de los daños? ¿En quién podemos confiar? ¿Quiénes serán los incluidos y los excluidos? Hoy ya es normal hablar de la exclusión digital y de programas gubernamentales de inclusión digital. ¿Tendremos que hablar en el futuro de los nanoexcluidos?

Por supuesto, estas cuestiones no las deben resolver los técnicos exclusivamente. Para resolverlas, el público debe involucrarse desde el principio. Ahora que la nanotecnología está dando sus primeros pasos es cuando se debe comenzar a debatir con el público poniendo todas estas cuestiones en la mesa de forma transparente.

Paulo Roberto Martins

Sociólogo, doctor en Ciencias Sociales.

Investigador del Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de São Paulo IPT/Brasil.

Coordinador de la Red de Investigación en Nanotecnología.

¿Qué opinión tienes acerca de la nanotecnología en la sociedad?

La Nanotecnología como bien es sabido tendrá un gran impacto en el futuro de la sociedad, sin embargo esta nueva tecnología traerá y afectará de forma positiva y negativa a la sociedad.

La nanotecnología es un mundo todavía muy desconocido, lo cual implica que múltiples nanopartículas que son tóxicas no puedan ser detectadas con facilidad ya que aún no existe la regulación óptima para ello, puesto que son conocimientos muy recientes. Por lo que es de suma importancia considerar los aspectos sociales, económicos, ambientales, políticos, éticos al momento de trabajar en algún proyecto el cual emplee la nanotecnología.

Por otra parte en relación al impacto económico estos serán beneficiosos, puesto que ayudaría a que las personas tengan un empleo bien pagado, puesto que el trabajar con nanotecnología si bien el material y la herramienta para ello es costoso, así mismo la recompensa económica tanto para el trabajador como para la sociedad es positiva, así mismo al momento de hablar de los impactos sociales estos sean positivos ya que además de mejorar la calidad de vida se podrá dar lugar a que espacios de trabajo, así mismo el uso de dispositivos que tengan implementados tecnología nano son más eficientes y eficaces, factor que influye drásticamente en la rapidez del desarrollo tecnológico.

Clase 12 de Agosto: Nanotecnología

1.- Principios de la nanotecnología, Introducción:

Enfoques descendentes y ascendentes en Nanociencia

Baja dimensionalidad: Conceptos básicos y ejemplos de nanoestructuras de 0, 1, 2 dimensiones.

2.- Nanofísica. Nanomecánica.Revisión de defectos y phonos en sólidos. Nanocristales: la relación Hall-Petch en la nanoescala. Nanowires: mecanismos de deformación a nanoescala. Materiales 2D: grafeno, propiedades mecánicas y defectos. Nanomagnetismo. Revisión de

conceptos básicos: interacciones magnéticas. Superparamagnetismo. Túnel cuántico macroscópico. Magnetoresistencia. Nanotransporte. Revisión de conceptos básicos de transporte: conductividad, difusividad, relación Einstein. El formalismo de Landauer. Cuantización de conductancia. Túnel cuántico. Túnel cuántico resonante. Bloqueo de Coulomb. El efecto Kondo. Nanoóptica. Revisión de conceptos básicos: Excitones y plasmones. Propiedades ópticas de los sistemas 0D, 1D y 2D. Plasmónica de baja dimensión.

3.- Nanoquímica: Principios de Nanoquímica Introducción: Evolución e interés históricos. Revisión de Nanoestructuras: Nanopartículas, nanotubos, nanocables, películas, estructuras 3D. Métodos de caracterización de nanoestructuras: Microscopias y otras herramientas.

Métodos de fabricación de nanoestructuras Síntesis de nanopartículas. Abrasión, síntesis coloidal, sol-gel, etc . Nanotubos y síntesis de Nanowires. Química supramolecular. De la química supramolecular al autoensamblaje. Preparación de la película. Técnicas tradicionales. Películas nanoestructuradas: SAMs, Capa por capa, Langmuir-Blodgett, etc.

4.- Nanobiología. Biomoléculas in vitro. Aplicaciones. Desarrollo de biomateriales. Aplicaciones de nanomateriales a problemas biomédicos.

Principios de la Nanotecnología: Desarrollo de Nanomateriales. Aplicaciones de nanomateriales a problemas tecnológicos.

¿Por qué estudiar Nanotecnología?

Al ser una carrera nueva, tienes más oportunidades en relación al avance científico y de sobresalir de la competencia, así mismo siempre he pensado que el conocimiento se debe de aplicar siempre buscando un beneficio social y no solo personal. Así mismo es una carrera que aspira a mejorar la calidad de vida de toda la sociedad en el futuro y además al ser una carrera multidisciplinaria, nos permite estar preparados en múltiples áreas de la ciencia.

¿Qué contribución te gustaría hacer en el futuro en el área de nanotecnología?

A mí me gustaría aportar algo que nos beneficiara absolutamente a todos y mejorara nuestra calidad de vida, por lo mismo creo que la mejor manera de hacerlo es creando un artefacto que terminara con la contaminación que actualmente existe y seguirá existiendo a menos que se haga algo al respecto. Aún no sé qué tipo de herramienta sería, pero espero que en los años que siga estudiando y desarrollándome como profesional logre averiguar que puede ser, de momento algunas de las ideas que se me ocurren son crear una especie de artefacto que logre separar los componentes y así poder volver a reutilizarlos.

Clase 17 de Agosto: Principios

Competencia: Formular problemas sencillos de nanotecnología, mediante la explicación de cada una de sus características con los diferentes temas de las ciencias naturales, para entender la situación actual de los requerimientos tecnológicos, en nanoestructuras de diferentes dimensiones, trabajando con responsabilidad y actitud crítica.

La nanotecnología es el estudio y la manipulación de materia en tamaños increíblemente pequeños, generalmente entre uno y 100 nanómetros. Para ponerlo en perspectiva, una hoja de papel tiene unos 100.000 nanómetros de grosor. La nanotecnología comprende una muy amplia gama de materiales, procesos de fabricación y tecnologías que se usan para crear y mejorar muchos productos que la gente usa diariamente.

Revisaremos este video

<https://www.youtube.com/watch?v=vUNjWtg3xMI>

https://www.youtube.com/watch?v=NIh_QsJ0iIo

La nanotecnología forma parte de la siguiente generación de innovación en la ciencia y la ingeniería que transformará a muchos sectores, como el aeroespacial, la energía, las tecnologías de la información, la medicina, la defensa nacional y el transporte. La nanotecnología permitirá el desarrollo de la siguiente generación de materiales que son más fuertes, livianos y duraderos que los materiales usados actualmente en edificios, puentes, aviones, automóviles y otras aplicaciones.

La nanotecnología también representa una gran promesa para crear productos para un mundo más eficiente en cuanto a energía, como celdas de combustible, baterías y paneles solares más eficientes. La nanotecnología puede brindar soluciones para limpiar terrenos y aguas contaminados, y jugará un papel crítico en la transformación de la medicina y el cuidado de la salud.

El cuidado de la salud se acerca a una revolución gracias a la nanotecnología. Gracias a la nanotecnología se están desarrollando, entre otros, herramientas muy sofisticadas para detectar y tratar el cáncer, vendajes que evitan infecciones, mejoras en la tecnología para la generación de imágenes y mucho más.

Casi todos los dispositivos electrónicos fabricados en la última década, incluidos los chips informáticos y dispositivos electrónicos más sofisticados, se fabricaron mediante el uso de la nanotecnología.

El equipamiento deportivo, como bates de béisbol, raquetas de tenis, cascos para motocicletas y otros materiales plásticos pueden ser más ligeros, rígidos, duraderos y resistentes con la nanotecnología.

Las telas tratadas con nanotecnología pueden resistir arrugas, manchas y la proliferación de bacterias, permitiendo así que la ropa se mantenga más limpia y dure más.

Las películas delgadas de los lentes, las pantallas de la computadora, ventanas y otras superficies utilizan la nanotecnología para mejorar su capacidad hidrófuga, crear una capa antirreflejo, tener más resistencia a la luz ultravioleta o infrarroja, ofrecer protección antiniebla y contra rayaduras o conductores eléctricos.

El desempeño de varios productos domésticos como quitamanchas, limpiadores antibacterias, pinturas, selladores y purificadores y filtros de aire puede mejorarse con la nanotecnología.

La nanotecnología permite crear un ambiente más limpio mediante nuevos métodos de purificación de agua y la remoción de los contaminantes del agua en la tierra y en el suelo.

Las innovaciones en energía, como los paneles solares más eficientes, las turbinas eólicas más fuertes y livianas, autopartes más livianas y un rendimiento del combustible mejorado están impulsadas por la nanotecnología.

Los productos de cuidado personal, como cosméticos y protectores solares, pueden mejorarse con nanotecnología.

Los envases de alimentos que usan nanotecnología permiten detectar y evitar el deterioro o la contaminación, y contribuir a que los alimentos permanezcan frescos por más tiempo.

Algunos productos farmacéuticos fueron reformulados con nanopartículas para mejorar su desempeño.

[Información de seguridad](#)

Los profesionales en salud, seguridad y medio ambiente en el campo de la nanotecnología trabajan para asegurar su desarrollo responsable. Esto consiste en la evaluación y comunicación de los posibles impactos para la salud humana y para el medio ambiente durante todas las etapas del ciclo de vida útil de un producto, como la producción, distribución, uso y disposición o reciclaje. Cualquier riesgo conocido o previsto derivado del uso de nanomateriales se informa en las hojas y etiquetas de seguridad sobre el producto, junto con las precauciones recomendadas para evitar la sobreexposición y las medidas de primeros auxilios en caso de una sobreexposición accidental.

Numerosos estudios realizados durante varias décadas indican que, como clase, los nanomateriales no son más o menos peligrosos que otras clases de materiales. En algunos estudios, ciertos nanomateriales han demostrado ser más peligrosos que los materiales de mayor tamaño, pero no hay evidencia de un riesgo único y “nano específico”.

Varios estudios publicados recientemente indican que las nanopartículas no se absorben en cantidad significativa a través de la piel intacta.

Otros estudios demostraron que los nanomateriales agregados a artículos sólidos (películas, plásticos, etc.) no se liberan en cantidades significativas como nanopartículas libres en condiciones normales de uso.

Para los trabajadores, se ha probado la eficacia de las medidas precautorias convencionales tales como una ventilación adecuada y el uso de respiradores para controlar la exposición a los nanomateriales aerotransportados.

[Regulaciones de nanotecnología.](#)

Los nanomateriales y sus aplicaciones están regulados por muchas agencias federales, entre otras la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA), la Comisión de Seguridad de Productos de Consumo y el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. En el marco de la Ley de Control de Sustancias Tóxicas, la EPA solicita informes, pruebas y restricciones sobre el uso de sustancias químicas, incluidos los nanomateriales.

La Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) le otorga a la EPA la autoridad para recolectar información sobre las sustancias en productos pesticidas, incluidos los nanomateriales, y la agencia tiene autoridad para actuar frente al uso de nanomateriales en el marco de varias leyes, como la ley de agua limpia, la ley de aire puro.

En el marco de la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos, la FDA regula muchas aplicaciones de nanotecnología, entre otros dispositivos médicos, farmacéuticos, cosméticos, alimentos y demás productos. Recientemente, la FDA proporcionó lineamientos sobre cómo se abordarán las preguntas sobre nanotecnología en los productos que regula.

El gobierno de los EE. UU. ha impulsado la investigación en nanotecnología para fomentar el crecimiento y asegurar la competitividad económica de los EE. UU. En el 2000, se estableció el primer esfuerzo coordinado gubernamental dedicado a la nanotecnología, ahora se llama Iniciativa Nacional de Nanotecnología. Desde el 2001 hasta el 2013, los 25 departamentos y agencias federales participantes del NNI han invertido más de 18 mil millones de dólares en la investigación y comercialización de nanotecnología.

¿Cómo se usa la nanotecnología en la actualidad?

La nanotecnología ya está beneficiando áreas tales como el cuidado de la salud, el medio ambiente, la industria energética y la seguridad nacional. Estos son solo algunos ejemplos del uso de la nanotecnología para mejorar nuestro mundo: permite apuntar con precisión a las células cancerígenas dentro del organismo; eliminar contaminantes del agua en la tierra y en el suelo; mejorar el desempeño de los paneles solares; mejorar la detección de armas químicas y biológicas y evitar la infección de heridas. Los científicos y las empresas están explorando nuevas maneras en que la nanotecnología puede ayudar a solucionar los problemas de la sociedad y mejorar los productos.

¿Qué están haciendo las empresas para garantizar que la nanotecnología es segura?

Las empresas que desarrollan y utilizan la nanotecnología cumplen con las regulaciones y leyes de los EE. UU., entre otras, la Ley de control de sustancias tóxicas (TSCA), la Ley de aire puro y la ley de agua limpia, así como otras leyes existentes alrededor del mundo relacionadas con la producción y el uso de sustancias química. Los expertos en innovación y líderes en nanotecnología trabajan para asegurar el desarrollo responsable de la nanotecnología. Todos los participantes involucrados en el ciclo de vida útil de un producto (producción, distribución, uso y desecho seguro) cumplen un rol en comprender y comunicar los posibles impactos para la salud humana y para el medio ambiente.

¿Las leyes y regulaciones existentes en los EE. UU. son adecuadas para el manejo seguro de los nanomateriales?

Los nanomateriales y sus aplicaciones están regulados por muchas agencias federales, incluidas la EPA, FDA, la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor (CPSC) y el Instituto para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). En el marco de la TSCA, la EPA ejerce su autoridad para solicitar informes, pruebas y restricciones de uso de sustancias químicas, incluidos los nanomateriales.

La Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) le otorga a la EPA la autoridad para recolectar información sobre las sustancias en productos pesticidas, incluidos los nanomateriales, y la agencia tiene autoridad para actuar frente al uso de nanomateriales en el marco de la ley de agua limpia, la ley de aire puro y otras leyes. En el marco de la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FFDCA), la FDA regula muchas aplicaciones de nanotecnología, entre otros dispositivos médicos, farmacéuticos, cosméticos y demás productos.

El gobierno de los EE. UU. ha impulsado la investigación en nanotecnología para fomentar el crecimiento y asegurar la competitividad económica de los EE. UU. En el año 2000, se estableció el primer esfuerzo coordinado gubernamental dedicado a la nanotecnología, ahora se llama Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI). Desde el 2001 hasta el 2010, los 25 departamentos y agencias federales participantes del NNI han invertido más de 19 mil millones de dólares en la investigación y comercialización de nanotecnología.

¿Qué es la Nanotecnología?



Área de la investigación que estudia la manipulación (diseño y fabricación) de materiales y estructuras a nanoescala (de entre 1 nm a 100 nm), es decir, de lo pequeño, dándoles alguna aplicación práctica. En pocas palabras, busca controlar la materia al acomodar átomo por átomo para construir estructuras, materiales y dispositivos superiores a los actuales, para así aprovechar las propiedades únicas que existen en el mundo a nanoescala. Lo que sí es seguro es que tendrá un impacto directo en todos los aspectos de nuestras vidas: en la salud, en el hogar, en el transporte y hasta en la seguridad.

¿Cómo puedo comprender algo tan pequeño, como lo es la nanotecnología?

Para poder hacerlo, participan varias disciplinas dentro de las nanociencias y la nanotecnología, siendo esa la razón por la que se le considera una carrera multidisciplinaria, abarcando las ciencias exactas en sí: matemáticas, física, química, biología e incluso computación (por los aparatos electrónicos empleados para manipular y visibilizar a los átomos). Asimismo, el hecho de que emplee diversas ciencias, permite al nanotecnólogo especializarse en un inmenso abanico de posibilidades y producir una gran variedad de aplicaciones en sus distintas ramas.

¿Qué espero de este curso?

Estoy consciente de que terminar este curso, no me convertirá mágicamente en un ingeniero en nanotecnología, pero sí espero empalmarme un poco en este vasto mundo de nanociencias e infinitas posibilidades. Comprender su origen, avances, y aunque sea de manera vaga, pero al menos tener una idea de los procesos empleados en ella, así como las diferentes áreas que hay para especializarse.

Clase 19 de Agosto: Nanotecnología; la nueva frontera

Hola a todos, La clase de hoy es sobre los siguientes temas de Nanotecnología.

Revisar estos dos videos:

Entrevista con Gabriela Carballo - Nanotecnóloga.

<https://www.youtube.com/watch?v=ui1oVrPkhc0>

¿Cómo va el Desarrollo de la Nanotecnología en la Industria Mexicana?

<https://www.youtube.com/watch?v=0W5w6U3-PA>

Hacer un resumen de estos dos videos

Por definición, la Nanotecnología, es el estudio y desarrollo de sistemas en escala nanométrica, “nano” es un prefijo del Sistema Internacional de Unidades que viene del griego *vávoç* que significa enano, y corresponde a un factor 10^{-9} , que aplicado a las unidades de longitud, corresponde a una mil millonésima parte de un metro (10^{-9} Metros) es decir 1 Nanómetro.

En esta escala se observan propiedades y fenómenos totalmente nuevos, que se rigen bajo las leyes de la Mecánica Cuántica, estas nuevas propiedades son las que los científicos aprovechan para crear nuevos materiales (nanomateriales) o dispositivos nanotecnológicos.

La Nanotecnología promete soluciones a múltiples problemas que enfrenta actualmente la humanidad, como los ambientales, energéticos, de salud (nanomedicina), y muchos otros, sin embargo estas nuevas tecnologías pueden conllevar a riesgos y peligros si son mal utilizadas.

Historia de la Nanotecnología

Uno de los pioneros en el campo de la Nanotecnología es el Físico estadounidense Richard Feynman, que en el año 1959 en un congreso de la sociedad americana de Física en Caltech, pronunció el discurso “*There’s Plenty of Room at the Bottom*” (Hay mucho espacio ahí abajo) en el que describe un proceso que permitiría manipular átomos y moléculas en forma individual, a través de instrumentos de gran precisión, de esta forma se podrían diseñar y construir sistemas en la nanoescala, átomo por átomo, en este discurso Feynman también advierte que las propiedades de estos sistemas nanométricos, serían distintas a las presentes en la macroescala.

En 1981, el ingeniero norteamericano Eric Drexler, inspirado en el discurso de Feynman, publica en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, el artículo “*Molecular engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation*” en donde describe con más detalle lo avanzado en años anteriores por Feynman. El término “Nanotecnología” fue aplicado por primera vez por Drexler en el año 1986, en su libro “*Motores de la creación : la próxima era de la Nanotecnología*” en la que describe una máquina nanotecnológica con capacidad de autoreplicarse, en este contexto propuso el término de “plaga gris”, para referirse a lo que sucedería si un nanobot autoreplicante fuera liberado en el ambiente.

Además de Drexler, el científico japonés Norio Taniguchi, utilizó por primera vez el término nano-tecnología en el año 1974, en la que define a la nano-tecnología como el procesamiento, separación y manipulación de materiales átomo por átomo.

Borofeno, el nuevo material prodigioso que podría destronar al grafeno

Sintetizado por primera vez en 2015, este material basado en el boro es más fuerte y más flexible que su antecesor, además de ligero y muy reactivo. A pesar de que es difícil de crear y

manejar, químicos, físicos y otros científicos ya están entusiasmados con sus posibles aplicaciones

Hasta hace poco, el grafeno era visto como un material prodigioso. Una lámina súper fuerte de átomos en forma de "rejilla", capaz de formar tubos, bolas y otras formas curiosas. Y como conduce electricidad, los científicos de materiales plantearon la posibilidad de **una nueva era de procesamiento informático basado en el grafeno** así como una nueva y lucrativa industria de chips de grafeno. Bajo esta fiebre, la Unión Europea invirtió 1.000 millones de euros para impulsar la industria basada en este material.

Pero los años pasan y la nueva era del grafeno sigue sin materializarse, lo que ha aumentado el interés por otros materiales bidimensionales. De todos ellos, **el más impresionante es el borofeno**: una única capa de átomos de boro capaz de formar varias estructuras cristalinas.

Lo que sorprende de este material es **la extraordinaria gama de aplicaciones para las que parece adecuado**. Los electroquímicos creen que el borofeno podría convertirse en el material del ánodo en una nueva generación de baterías de iones de litio más potentes. Los químicos están fascinados por sus capacidades catalíticas. Y los físicos están probando sus habilidades como sensor para detectar numerosos tipos de átomos y moléculas.

Ahora, el investigador de la Universidad de Xiamen (China) Zhi-Qiang Wang y varios colegas han revisado **las propiedades más destacadas del borofeno y dónde se podrían aplicar**.

La historia de este material es muy corta. Los físicos predijeron su existencia en la década de 1990 mediante simulaciones de ordenador que mostraban cómo los átomos de boro podían formar una monocapa. Pero **esta exótica sustancia no se sintetizó hasta 2015** gracias a la deposición química de vapor. Se trata de un proceso en el que un gas caliente de átomos de boro se condensa en una superficie fría de plata pura.

La disposición regular de los átomos de plata fuerza a los átomos de boro a adoptar un patrón similar, cada uno de los cuales se une a otros seis átomos para crear una estructura hexagonal plana. Pero, una proporción significativa de átomos de boro se une solo con otros cuatro o cinco átomos dejando huecos en la estructura. **El patrón de esos huecos es lo que da a los cristales de borofeno sus propiedades únicas**.

Desde la síntesis del borofeno, los químicos han defendido sus propiedades con entusiasmo. **El borofeno resulta más fuerte que el grafeno y más flexible**. Es un buen conductor tanto de

electricidad como de calor, y también funciona como superconductor. Estas propiedades varían según la orientación del material y la disposición de los huecos, lo que lo convierte en un compuesto "sintonizable", al menos en principio. Esa es una de las razones por las que los químicos están tan ilusionados.

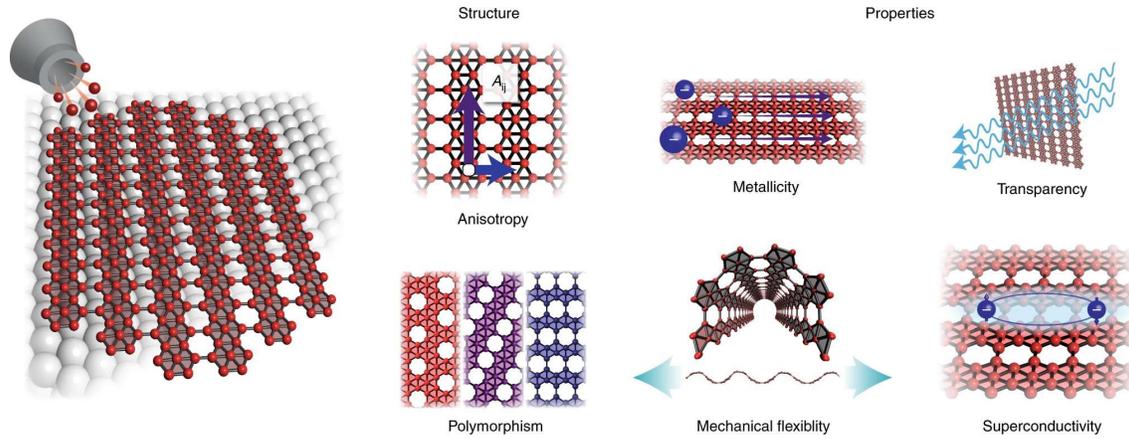
El borofeno también es ligero y bastante reactivo, posicionándolo como **buen candidato para almacenar iones metálicos en baterías**. "El borofeno es un prometedor material de ánodo para las baterías de iones de litio, sodio y magnesio debido a sus altas capacidades teóricas específicas, su excelente conductividad electrónica y sus excelentes propiedades de transporte de iones", afirman Wang y sus compañeros.

Los átomos de hidrógeno también se adhieren fácilmente a su estructura, y esta propiedad de adsorción, combinada con la enorme superficie de las capas atómicas, hace del borofeno un material con potencial para almacenar hidrógeno. Los estudios teóricos sugieren que **el borofeno podría almacenar más del 15 % de su peso en hidrógeno**, superando significativamente a otros materiales.

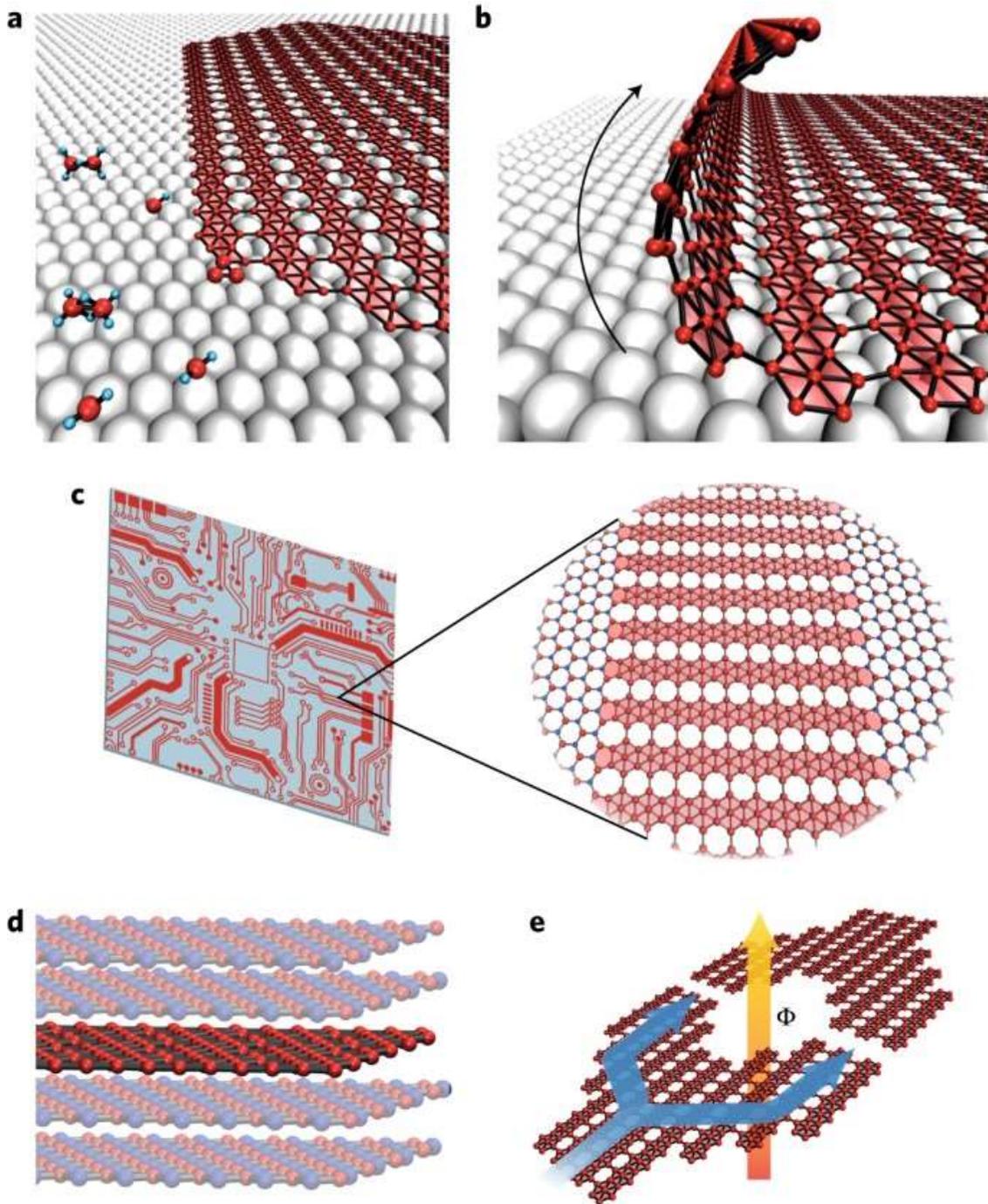
Además se destaca la capacidad del borofeno para **catalizar la descomposición del hidrógeno** molecular en iones de hidrógeno, y del agua en iones de hidrógeno y oxígeno. "Se han encontrado excelentes resultados catalíticos del borofeno en la reacción de evolución de hidrógeno, en la reacción de reducción de oxígeno, en la reacción de evolución de oxígeno y en la reacción de electroreducción de CO₂", explica el equipo. Eso podría marcar el comienzo de una nueva era de ciclos de energía basados en el agua.

No obstante, los químicos tienen mucho trabajo por hacer antes de que el borofeno se masifique. Para empezar, todavía tienen que encontrar una forma de producir borofeno en grandes cantidades. Y la reactividad del material significa que es vulnerable a la oxidación, por lo que debe ser protegido cuidadosamente. Ambos factores hacen que el borofeno **resulte caro de fabricar y difícil de manejar**. Así que queda mucho trabajo por delante. Pero los químicos tienen mucha fe. El borofeno puede convertirse en el próximo material maravilloso que llega a este mundo.

A la oleada de nuevos materiales como el grafeno, fosforeno, siliceno, germaneno ... debemos incorporar el borofeno, un nuevo material bidimensional, más fuerte y flexible que el grafeno, que por su afinidad con el boro, podrá ser utilizado en muchas aplicaciones.



Obtenido por evaporación y deposición de boro en un sustrato de plata, Ag(111), el borofeno tiene una estructura de átomos de boro hexagonal (similar a la de los átomos de carbono en el grafeno), pero con un átomo de boro adicional en el centro de cada hexágono.



Los expertos están emocionados por sus posibles aplicaciones, ya que es un buen conductor de electricidad, calor y también es superconductor. Pero sobre todo, porque estas propiedades son diferentes según la orientación del material y la disposición de las vacantes, lo que le otorga una gran flexibilidad en sus posibles usos.

Los átomos de hidrógeno también se adhieren fácilmente a la estructura de una sola capa del borofeno, y esta propiedad combinada con el enorme área de superficie de las capas atómicas, hace del borofeno un material prometedor para el almacenamiento de hidrógeno. Los estudios teóricos sugieren que el borofeno podría almacenar más del 15% de su peso en hidrógeno, superando significativamente a otros materiales.

Cabe destacar, la capacidad del borofeno para catalizar la descomposición del hidrógeno molecular en iones de hidrógeno, y el agua en iones de hidrógeno y oxígeno. Eso podría marcar el comienzo de una nueva era de ciclos de energía basados en el agua.

¿Qué opinión tienes del video del el Desarrollo de la Nanotecnología en la Industria Mexicana?

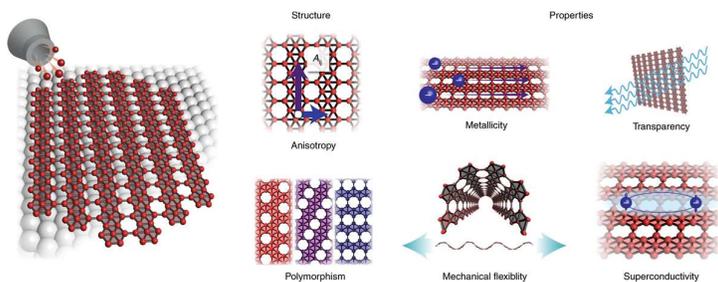
Me pareció interesante porque los temas que se abordan sobre el área de la medicina enfocada en el área de farmacología que desde mi perspectiva es parte del por cual me atrae tanto esta carrera. También hablan de la transformación genética por medio de nanopartículas, imaginar el poder crear alimentos mutables para que estos puedan ser más sanos, pero sin dejar de saló su parte natural, que no sean transgénicos únicamente. Otro punto importante fue la comunicación e integración entre científicos, es decir, no se vale el egocentrismo, antes que nada debe de haber mutua ayuda. Un ejemplo es la fotocatalisis; un proyecto que fue trabajo para varias partes de científicos, mencionan que se tenía un proyecto para purificar el agua con semiconductores en polvo, algo que de verdad será muy importante en un futuro muy cercano pues tenemos mucha contaminación en varios ríos, lagos, mares.

Considero importante el hacer un estudio para poder dar datos sobre qué tantas empresas necesitan ayuda a implementar la nanotecnología en sus productos, cuál es su gran campo ocupacional por países, porque siendo sinceros, México no es la primera opción.

Qué opinión tienes del video: Entrevista con Gabriela Carballo - Nanotecnóloga.

Me fue grato ver este video, puesto que pude entender más a fondo lo que es estudiar una Licenciatura en Ingeniería en nanotecnología. Menciona como la carrera tiene muchos enfoques y cómo puede expandirse como un abanico, es una carrera que puede llegar a abarcar distintas especialidades, es una carrera con gran potencial, lastimosamente en México. menciona la entrevistada Gabriela Carballo que se tiene una idea de que la nanotecnología es algo que se hará presente en el futuro, desde cosas muy simples del hogar, hasta algo tan complicado como un vuelo espacial. En la entrevista también se habla de las herramientas o conocimientos previos que se tiene que tener para iniciar la carrera de nanotecnología, ella comenta que tenerle gusto a las ciencias, gran disciplina, constancia y una muy importante, saber inglés, pues mucha de la información disponible está en habla inglesa, y es una barrera para muchos futuros estudiantes que no lo hablan.

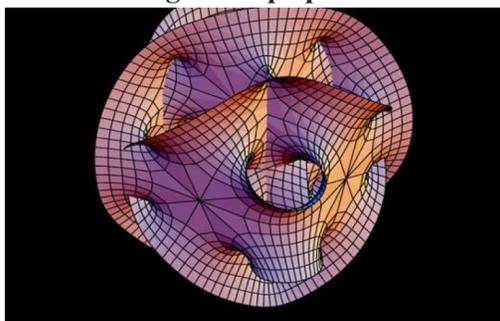
Es una entrevista realista para los estudiantes que están cursando una carrera y los que aún están cursando una carrera, por que aclara en ciertos aspectos el panorama de la carrera.



Clase 24 de Agosto: Ingeniería en nanotecnología

INGENIERIA EN NANOTECNOLOGIA

Nanotecnología: Un pequeño mundo con grandes objetivos



Es imposible hablar de nanotecnología y no imaginarse dentro de una película de ciencia ficción. En una donde todo se torna increíblemente pequeño, algo así como 100.000 veces más delgado que una hoja de papel. Pero que el tamaño no engañe, sus beneficios son gigantes, ofreciendo soluciones a problemáticas de salud, energía, medioambiente, economía y tecnología, entre otros.

Imaginemos edificios que reciclan aire; seres humanos con músculos de polímeros artificiales que reemplazan partes del cuerpo; computadores de bolsillo con almacenamiento superior; o pequeñas partículas metálicas capaces de diagnosticar y tratar con precisión patologías como el Alzheimer y cáncer. No es fantasía, sino más bien la apuesta de la nanotecnología, una ciencia que comprende el estudio, diseño, creación, síntesis y aplicación de materiales a nanoescala, los que al ser manipulados como moléculas y átomos presentan fenómenos y propiedades totalmente nuevos.

En este sentido, las propiedades de los materiales como el oro, hierro o carbono no solo dependen de lo que son, sino que también dependen de sus estructuras y de cómo están

ordenadas. Por ejemplo, hasta antes de la nanotecnología se conocía al carbono como un elemento oscuro y frágil que básicamente podía ser utilizado para la combustión, sin embargo, al analizar su estructura mínima podemos modificar el orden de los átomos para obtener grafeno, un material transparente, flexible y capaz de conducir electricidad.

“Cuando los materiales tienen dimensiones nanométricas, donde 1 nanómetro es una millonésima parte de un metro, sus propiedades cambian sustancialmente. Cambian de color, los aisladores eléctricos se vuelven conductores, los materiales magnéticos dejan de serlo, los opacos se vuelven transparentes”, señala Juan Escrig Murúa, Director del Laboratorio de Nanomagnetismo de la Universidad de Santiago de Chile.

Si bien la nanotecnología es un área relativamente nueva de la ciencia, crece a paso agigantados gracias al desarrollo de equipamiento tecnológico que permite obtener y caracterizar nanomateriales que serán parte de desarrollos de “súper” implementos en áreas como la eficiencia energética, dispositivos electrónicos, optimización de prendas de vestir y, sin dudas, jugará un papel crítico en la medicina del futuro y el cuidado de la salud.

“Hasta ahora, la mayoría de los esfuerzos de la nanotecnología se han enfocado en la biomedicina con el objetivo de ofrecer nuevas y mejores herramientas para el diagnóstico de enfermedades, tratamientos o terapias” complementa Marcelo Kogan, doctor en química y profesor de la Facultad de Química de la Universidad de Chile.

¿Cómo nació el término Nanotecnología?

La primera vez que se habló de nanoescala fue en 1959, año en que el Físico estadounidense Richard Feynman (Premio Nobel de Física 1965) pronunció el discurso “There’s Plenty of Room at the Bottom” (Hay mucho espacio ahí abajo) en el que describió un proceso que permitiría manipular átomos y moléculas en forma individual, gracias a instrumentos de alta precisión. En este discurso, Feynman aseguró que con dicha técnica se podría diseñar y construir sistemas en la nanoescala, átomo por átomo, que exhibirán propiedades distintas a las presentes en la macroescala.

Veinte años después, el ingeniero norteamericano Eric Drexler, publicó en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* una investigación titulada “Molecular engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation” (Ingeniería molecular: un enfoque para el desarrollo de capacidades generales

para la manipulación molecular), donde describe con más detalle lo enunciado por Feynman, acuñando por primera vez el término “nanotecnología”, donde, a grandes rasgos, describe materiales con capacidad de autorreplicarse. Idea que también utilizó el científico Japonés Norio Taniguchi quien, en 1974, habló de la ciencia que procesaba, separaba y manipulaba materiales átomo por átomo.

Nanotecnología hecha en Chile

Han pasado casi 50 años desde que la nanotecnología irrumpió en el quehacer científico, y desde entonces ha modificado a gran escala las posibilidades del desarrollo en todas partes del mundo. Chile no es la excepción y actualmente existen casas de estudios y centros destinados a generar materiales con capacidades nanométricas.

Por ejemplo, el Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (CEDENNA) de la Universidad de Santiago de Chile está trabajando en tres proyectos. El primero busca crear dispositivos electrónicos pequeños con memoria rápida y capaces de almacenar mucha más información que en la actualidad. Otro, generará un nanomaterial de óxidos metálicos capaz de eliminar gérmenes en superficies de pasamanos, envoltorios de alimentos e incluso pinturas. Y el último, apunta a trabajar en la síntesis y caracterización de óxidos nanoestructurados para usarlos en la optimización de baterías de litio.

“Desde Chile podemos participar en la construcción de un futuro lleno de oportunidades, impulsando una economía de innovación y valor agregado. Es por esto que para el país es fundamental contar con un centro como el CEDENNA, que promueve el desarrollo de proyectos y emprendimientos en la nanoescala y que apoya la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en los distintos espacios de la sociedad chilena”, recalca Scrig, quien destaca la importancia de que instituciones nacionales formen a los futuros ingenieros y científicos en esta disciplina “que, junto con el campo de la robótica, inteligencia artificial, computación cuántica y biotecnología forma parte de la llamada Cuarta Revolución Industrial”.

Paralelamente el equipo del departamento de Química de la Universidad de Chile, liderado por el Doctor en química Marcelo Kogan, trabaja en proyectos relacionados a la nanotecnología, centrándose en investigaciones que desarrollan materiales denominados “teranosis”, los que serían capaces de diagnosticar y tratar en nanoescalas enfermedades como el cáncer y el Alzheimer, intentando lograr un diagnóstico temprano y posibilitar el acceso a terapias más efectivas.

“Las proyecciones son interesantes, ya que, por ejemplo, para la enfermedad de Alzheimer se sabe que en la mayoría de los pacientes se inicia a los 30 años con cambios moleculares en el metabolismo del cerebro, es decir, cambios en el funcionamiento de las neuronas. Sin embargo, estos cambios no pueden ser medidos ni detectados. Por lo que los médicos solo pueden diagnosticar la enfermedad cuando se presentan los primeros síntomas clínicos, digamos que en un promedio de edad de los 60 años, es decir, 30 años después de que las células del cerebro empezarán a manifestar los primeros “problemas”. Es difícil arreglar problemas acumulados hace 30 años. Por ello trabajamos para crear herramientas que le permitan a los médicos visualizar directamente en el cerebro estas fallas, así mientras antes se comience con el tratamiento mejores expectativas de vida puede esperar ese paciente” cuenta el académico de la Universidad de Chile, Marcelo Kogan.

El futuro de la Nanotecnología

Por la velocidad con la que se desarrolla la nanotecnología es difícil especular sobre aplicaciones en los próximos años. Eso sí, los científicos prevén que su implementación sostenida contribuirá significativamente al desarrollo social y económico de los países.

Hasta ahora, los especialistas han señalado que esta disciplina tiene cuatro generaciones de desarrollo y que, con suerte, hoy estamos finalizando la primera, donde hemos sido capaces de modificar estructuras de materiales, pero su aplicación aún es acotada.

Acá surge el desafío de la segunda etapa: dejar de modificar para comenzar a generar materiales, especialmente de características livianas y duraderas, para, por ejemplo, generar automóviles de mejor rendimiento o cápsulas que aprovechen de mejor manera las energía liberadas por los fotones.

Las próximas etapas apuntan a ser capaces de diagnosticar y tratar enfermedades con nanopartículas, y luego alcanzar nanosistemas avanzados capaces de controlar y desarrollar órganos artificiales.

Aún quedan grandes dudas sobre los alcances de esta disciplina, pero cada vez son más quienes se suman a la carrera tecnológica de las nanopartículas.

¿Qué entienden como Nanopartículas?

En términos generales, lo considero como una partícula (pequeño objeto al cual pueden ser atribuidas varias propiedades físicas y químicas como masa y volumen) de la escala nanométrica. Sin embargo, por estar a una escala tan pequeña, adquiere propiedades diferentes

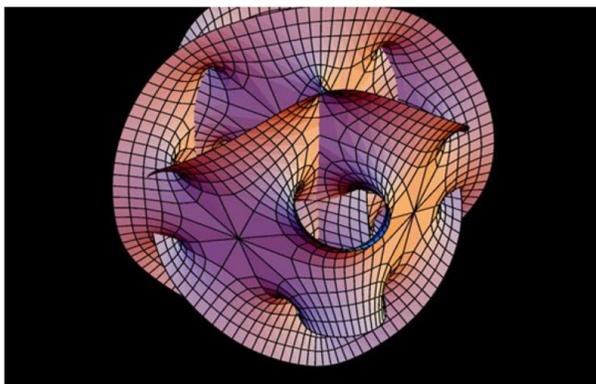
a la que usualmente un pedazo macroscópico presenta. El obtener nanopartículas de distintos tipos abre la oportunidad de experimentar con ellas y aplicarlas para algún beneficio. Por ejemplo, las nanopartículas de plata son utilizadas en el sector médico para evitar mayores infecciones, o las nanopartículas de oro para transporte de fármacos, entre muchos ejemplos más.

¿Qué futuro puedes decir que se vislumbra para la Nanotecnología para la próxima década?

Me imagino que dentro de 10 años, serán más notorios los productos hechos a base de nanotecnología. Apuesto a que la industria le dará más entrada al uso de nanotecnología, por lo que es posible que lleguen al nuevo mercado solamente dispositivos electrónicos tan ligeros y delgados como los "teléfonos flexibles" hechos a base de grafeno. O automóviles igual de ligeros pero con una mayor protección en caso de choques, usando en su estructura nanocompuestos poliméricos o nanoarcillas. Sin duda, pienso que habrá una nueva revolución industrial, de lo nano. En cuanto al tema de la investigación, me imagino que se haya perfeccionado el uso de nanocapsulas en vacunas o cualquier otro tipo de medicamento, y que se esté a nada de lograr que el fármaco llegue solo a la parte que lo requiere, sin ningún efecto adverso en el paciente.

Y por qué no, que con principios de la óptica y los nanomateriales, se creen lentes que no permiten aún más el deterioro de la vista y con una excelente protección para cualquier tipo de radiación.

En cuanto al sector ambiental, espero se pueda limpiar al menos un 40% de nuestros lagos, ríos, océanos con el uso de la nanorremediación o algún nuevo método que se haya creado. Para este caso, considero que las nanopartículas de oro podrían ser un buen aliado para combatir la problemática.



Clase 26 de Agosto: Nanotecnología y futuro

Hola a todos, la clase de hoy 26 de agosto es continuación del tema de Fundamentos de Nanociencia y Nanotecnología, de la Unidad 1.

VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=-LU4kap0vfk>

La Actividad a realizar para el siguiente martes es: hacer un resumen completo del libro de Noboru takeuchi, de todos los temas.

1.- ¿Por qué quiero estudiar nanotecnología?

Los motivos sobran, por lo que son varias las razones y una de ellas es dado todas las repercusiones que tendrá en un futuro en las diversas áreas de la ciencia y tecnología para generar grandes avances, al ser multidisciplinaria con empleos diversos, abarcando física, química, biología y matemáticas, algo relevante en el aspecto laboral de estos días. Creo yo que no me equivoqué al escoger una carrera que me generará pasión y que pueda ser empleada para ayudar lo que me rodea, aunque sea un poco y en la cabida de mis posibilidades, porque cuál es el sentido del conocimiento, si no es para ser del mundo mejor.

2.- ¿Qué es la nanotecnología?

Área de la investigación que estudia la manipulación (diseño y fabricación) de materiales y estructuras a nanoescala (de entre 1 nm a 100 nm), es decir, de lo pequeño, dándoles alguna aplicación práctica. En pocas palabras, busca controlar la materia al acomodar átomo por átomo para construir estructuras, materiales y dispositivos superiores a los actuales, para así aprovechar las propiedades únicas que existen en el mundo a nanoescala. Lo que sí es seguro es que tendrá un impacto directo en todos los aspectos de nuestras vidas: en la salud, en el hogar, en el transporte y hasta en la seguridad.

3.- ¿Cuál es la situación actual de la nanociencia y la nanotecnología?

Debido a su multidisciplinaria, su uso conlleva a diversos avances en los campos de la química, física, ciencias de la vida, medicina e ingeniería. Algunas aplicaciones de está en la ciencia de los materiales, son las nanopartículas que permiten la fabricación de productos con propiedades mecánicas nuevas. Por su parte, en biología y medicina, los nanomateriales se emplean en la mejora del diseño de fármacos y su administración dirigida. En el campo de la ingeniería electrónica, también es aplicada para un mejor rendimiento.

4.- ¿Qué propiedades físicas y químicas tienen las nanopartículas?

Las partículas a escala nanoscópica cuentan propiedades físicas y químicas muy diferentes a las de escala macroscópica. Las propiedades dependen de su forma, tamaño, características de superficie y estructura interna. Algunas sustancias químicas pueden alterar dichas propiedades, y los procesos químicos en su superficie pueden ser complejos.

5.- ¿Cómo se forman las nanopartículas?

Se pueden formar de manera natural, por procesos involuntarios o ser diseñados específicamente en la industria o por investigaciones.

6.- ¿Qué aplicaciones tienen las nanopartículas en los productos de consumo?

Productos de consumo tales como cosméticos, protectores solares, fibras, textiles, tintes y pinturas ya incorporan nanopartículas. Asimismo, tienen aplicaciones en biología y medicina, así como para la creación de materiales más fuertes y ligeros.

7.- ¿Qué efectos perjudiciales podrían tener las nanotecnologías?

Aún no se sabe con certeza el efecto que tienen las nanopartículas en el ser humano, ni el medio ambiente. Esto puede ser un peligro sin regulación ya que permitiría el paso a armas biológicas o contaminación.

8.- ¿Cómo puede medirse la exposición a las nanopartículas?

No existe consenso actualmente sobre los parámetros para medir y evaluar dicha exposición.

9.- ¿Son adecuadas las metodologías actuales para evaluar el riesgo de las nanopartículas?

Es necesario evaluar el riesgo de interacción con el ser humano, otras especies o el medio ambiente. Esto es difícil porque tan sólo un microscopio electrónico permite detectar nanopartículas.

Clase 31 de Agosto: Estructuras de baja dimensionalidad

La clase de hoy es sobre el Grafeno y con ellos terminamos los conceptos de la primera unidad.

Es sobre los siguientes temas:

- 1.- Baja dimensionalidad: conceptos básicos
- 2.- Ejemplos de nanoestructuras de 0, 1, 2 dimensiones.

Revisar este video:

<https://www.youtube.com/watch?v=hEKxG1PzDIY>

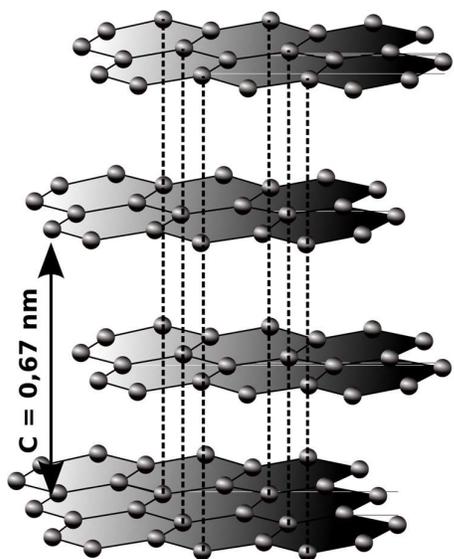
GRAFENO

El grafeno es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos organizados en un patrón regular hexagonal, parecido al grafito. Es un material casi transparente. Una lámina de un

átomo de espesor es unas 200 veces más resistente que el acero actual más fuerte, siendo su densidad más o menos la misma que la de la fibra de carbono, y unas cinco veces más ligero que el aluminio. Es un alótropo del carbono, un teselado hexagonal plano formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se generan a partir de la superposición de los híbridos sp^2 de los carbonos enlazados.

Los físicos Andréy Gueim y Konstantín Novosiólov recibieron el Premio Nobel de Física en 2010 por sus revolucionarios descubrimientos acerca de este material. Mediante la hibridación sp^2 se explican mejor los ángulos de enlace, a 120° , de la estructura hexagonal del grafeno. Como cada uno de los carbonos contiene cuatro electrones de valencia en el estado hibridado, tres de esos electrones se alojan en los híbridos sp^2 , y forman el esqueleto de enlaces covalentes simples de la estructura.

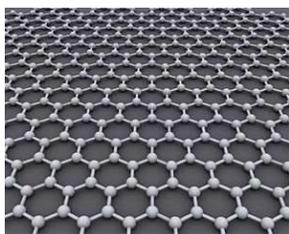
El electrón sobrante se aloja en un orbital atómico tipo p perpendicular al plano de los híbridos. El solapamiento lateral de dichos orbitales da lugar a formación de orbitales de tipo π . Algunas de estas combinaciones propician un gigantesco orbital molecular deslocalizado entre todos los átomos de carbono que constituyen la capa de grafeno. El nombre proviene de intercambio – en el vocablo grafito– de sufijos: «ito» por «eno»: propio de los carbonos con enlaces dobles. En realidad, la estructura del grafito puede considerarse una pila de gran cantidad de láminas de grafeno superpuestas.⁴ Los enlaces entre las distintas capas de grafeno apiladas se deben a fuerzas de Van der Waals e interacciones de los orbitales π de los átomos de carbono.



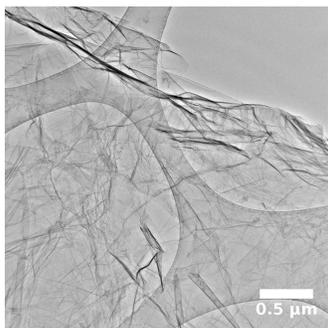
Estructura cristalina del grafito. Se ilustran las interacciones de las diversas capas de anillos aromáticos condensados.

En el grafeno la longitud de los enlaces carbono-carbono es de aproximadamente 142 pm (picómetros). Es el componente estructural básico de todos los demás elementos grafiticos, incluidos el propio grafito, los nanotubos de carbono y los fullerenos. A esta estructura también se le puede considerar una molécula aromática extremadamente extensa en las dos direcciones espaciales. Es decir, sería el caso límite de una familia de moléculas planas de hidrocarburos aromáticos policíclicos denominada grafenos.

El grafeno se utiliza como blindaje antibalas, también se utiliza para los coches irrompibles y más seguros del mundo gracias a sus componentes altamente resistentes.



Representación gráfica del grafeno.



Micrografía HRTEM (High Resolution Transmission Electron Microscopy) de Grafeno (IDNano).

Descripción

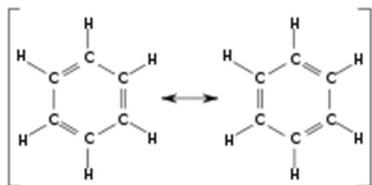
Anteriormente, se han utilizado para el término grafeno descripciones como capas de grafito, capas de carbono u hojas de carbono. [...] No es correcto utilizar, para una sola capa, un término que incluya el término grafito, que implica una estructura tridimensional. El término grafeno

debe ser usado solo cuando se trata de las reacciones, las relaciones estructurales u otras propiedades de capas individuales.

En este sentido, al grafeno se le ha definido como hidrocarburo aromático policíclico infinitamente alternante de anillos de solo seis átomos de carbono. La molécula más grande de este tipo contiene 222 átomos de carbono o 37 «unidades de benceno» separadas.

Las cifras de la oración anterior son las contenidas en el resumen de la cita. Debería ser: 111 átomos de carbono y 111 átomos de hidrógeno o, más simple, 222 átomos, lo cual resulta de 37×6 (átomos de carbono –o de hidrógeno– del benceno, de fórmula C_6H_6) = 222, o bien: 18,5 anillos de benceno: $18,5 \times 12$ (átomos del benceno) = 222.

La opción de «unidades» fue para obtener una cifra redonda (37), y por consiguiente evitar la expresión fraccionaria (18,5).



La ilustración anterior, relativa a la estructura molecular de dos mesómeros de benceno, permite mejor comprensión de lo enunciado previamente.

Propiedades destacadas

Entre las propiedades destacadas de este material se incluyen:

Es extremadamente resistente: 200 veces más resistente que una hipotética lámina de acero del mismo espesor

Es muy flexible y elástico.

Es transparente.

Auto enfriamiento (según algunos científicos de la Universidad de Illinois).

Conductividad térmica y eléctrica altas.

Hace reacción química con otras sustancias para producir compuestos de diferentes propiedades. Esto lo dota de gran potencial de desarrollo.

Sirve de soporte de radiación ionizante.

Tiene gran ligereza, como la fibra de carbono, pero más flexible.

Menor efecto Joule: se calienta menos al conducir los electrones.

Para una misma tarea que el silicio, tiene un menor consumo de electricidad.

Genera electricidad al ser alcanzado por la luz.

Razón superficie/volumen muy alta que le otorga un buen futuro en el mercado de los supercondensadores.

Se puede dopar introduciendo impurezas para cambiar su comportamiento primigenio de manera que, por ejemplo, no repela el agua o que incluso cobre mayor conductividad.

Se autorrepara; cuando una lámina de grafeno sufre daño y se quiebra su estructura, se genera un 'agujero' que 'atrae' átomos de carbono vecinos para así tapar los huecos.

En su forma óxida absorbe residuos radiactivos.

Otras propiedades interesantes desde el punto de vista teórico

Comportamiento como cuasipartículas sin masa de los electrones que se trasladan sobre el grafeno. Son los denominados fermiones de Dirac, que se mueven a velocidad constante, de manera independiente de su energía (como ocurre con la luz), en este caso a unos 10⁶ m/s. A este respecto, la importancia del grafeno consiste en que propicia el estudio experimental de este comportamiento, predicho teóricamente hace más de cincuenta años.

Efecto Hall cuántico, por el cual la conductividad perpendicular a la corriente toma valores discretos, o cuantizados. Esto permite medirla con suma precisión. La cuantización implica que la conductividad del grafeno nunca puede ser nula (su valor mínimo depende de la constante de Planck y de la carga del electrón).

Efecto Hall cuántico fraccionario.

(Debido a las propiedades anteriores) Movilización libre de los electrones por toda la lámina del grafeno: no quedan aislados en zonas de las que no puedan salir. Es el efecto conocido como localización de Anderson, que representa un problema en sistemas bidimensionales con impurezas.

Transparencia casi completa y densidad tal que ni siquiera las moléculas de helio, que son las más pequeñas que existen, podrían atravesarlo.

Aunque no deja pasar el helio, sí permite paso al agua: en un recipiente de grafeno cerrado se evapora prácticamente a la misma velocidad que si estuviese abierto.

Propiedades mecánicas

El grafeno es de los materiales más duros y fuertes existentes, incluso supera la dureza del diamante y es doscientas veces más resistente que el acero. Es altamente rígido, de hecho, tiene un módulo de Young de 1 TPa. Por lo tanto soporta grandes fuerzas sin apenas deformarse. Se trata de un material ligero con una densidad de tan solo 0,77 miligramos por metro cuadrado (densidad indicada en unidades de superficie como causa de su estructura laminar). También cabe destacar que soporta grandes fuerzas de flexión, es decir, se puede doblar sin que se rompa. Para hacerse una idea de la capacidad de estas propiedades mecánicas, el premio Nobel hizo una comparación con una hamaca de grafeno de un metro cuadrado de superficie y un solo átomo de espesor. Esta hamaca de grafeno podría soportar hasta 4 kg antes de romperse (equivalente al peso de un gato). En total esta hamaca pesaría lo mismo que uno de los pelos del bigote del gato, menos de un miligramo.

Formas

Grafeno reforzado

Esta forma de grafeno cuenta con barras de refuerzo de nanotubos de carbono incrustadas (o "varillas") es más fácil de manipular, al tiempo que mejora las cualidades eléctricas y mecánicas de ambos materiales.

Los nanotubos de carbono funcionalizados de una o varias paredes se recubren por rotación sobre láminas de cobre y luego se calientan y enfrían, utilizando los propios nanotubos como fuente de carbono. Al calentarse, los grupos funcionales de carbono se descomponen en grafeno, mientras que los nanotubos se dividen parcialmente y forman enlaces covalentes en el plano con el grafeno, lo que agrega fuerza. Los dominios de apilamiento $\pi - \pi$ añaden más fuerza. Los nanotubos pueden superponerse, lo que hace que el material sea un mejor conductor que el grafeno estándar cultivado por CVD. Los nanotubos unen eficazmente los límites de los granos que se encuentran en el grafeno convencional. La técnica elimina los rastros de sustrato sobre el que se depositaron láminas separadas posteriormente mediante epitaxia.

Se han propuesto pilas de unas pocas capas como un sustituto rentable y físicamente flexible del óxido de indio y estaño (ITO) utilizado en pantallas y células fotovoltaicas.

Grafeno moldeado

En 2015, investigadores de la Universidad de Illinois (UIUC) desarrollaron un nuevo enfoque para generar formas 3D a partir de láminas de grafeno 2D planas. Una película de grafeno que se había empapado en disolvente para que se hinchara y se volviera maleable se superpuso sobre un sustrato subyacente "formador". El solvente se evaporó con el tiempo, dejando una capa de grafeno que había tomado la forma de la estructura subyacente. De esta manera, pudieron producir una gama de formas microestructuradas relativamente intrincadas. Las características varían de 3,5 a 50 μm . El grafeno puro y el grafeno decorado con oro se integraron con éxito en el sustrato.

Aerogel de grafeno

Se trata de un aerogel hecho de capas de grafeno separadas por nanotubos de carbono que ha llegado a medirse a 0,16 miligramos por centímetro cúbico. Se liofiliza una solución de grafeno y nanotubos de carbono en un molde para deshidratar la solución, dejando el aerogel. El material tiene una elasticidad y absorción superiores. Puede recuperarse completamente después de una compresión superior al 90% y absorber hasta 900 veces su peso en aceite, a una velocidad de 68,8 gramos por segundo.

Descubrimiento

El repentino aumento del interés científico por el grafeno puede dar la impresión de que se trata de un material nuevo. En realidad se conoce y se ha descrito desde hace más de medio siglo. El enlace químico y su estructura se describieron durante los años 1930. Philip Russell Wallace calculó por primera vez (en 1949) la estructura electrónica de bandas. Al grafeno se le prestó poca atención durante décadas al pensarse que era un material inestable termodinámicamente ya que se pensaba que las fluctuaciones térmicas destruirían el orden del cristal dando lugar a que el cristal 2D se fundiese. Bajo esta premisa se entiende la revolución que significó que Gueim y Novosiólov consiguiesen aislar el grafeno a temperatura ambiente. La palabra grafeno se adoptó oficialmente en 1994, después de haber sido designada de manera indistinta –en el campo de la ciencia de superficies– «monocapa de grafito».

Además, muchas nanoestructuras recientemente descubiertas, como los nanotubos de carbono, están relacionadas con el grafeno. Tradicionalmente, a estos nanotubos se les ha descrito como «hojas de grafeno enrolladas sobre sí mismas». De hecho las propiedades de los nanotubos de carbono se explican y entienden fácilmente a partir de las inherentes al grafeno. Se ha descrito

también la preparación de nanotiras de grafeno mediante nanolitografía, haciendo uso de un microscopio de efecto túnel.

Grafeno

Superrejilla

El grafeno apilado periódicamente y su isomorfo aislante proporcionan un elemento estructural fascinante en la implementación de superredes altamente funcionales a escala atómica, lo que ofrece posibilidades en el diseño de dispositivos nanoelectrónicos y fotónicos. Se pueden obtener varios tipos de superredes apilando grafeno y sus formas relacionadas. La banda de energía en las superredes apiladas en capas es más sensible al ancho de la barrera que en las superredes de semiconductores III-V convencionales. Cuando se agrega más de una capa atómica a la barrera en cada período, el acoplamiento de las funciones de onda electrónicas en los pozos potenciales vecinos se puede reducir significativamente, lo que conduce a la degeneración de subbandas continuas en niveles de energía cuantificados. Al variar el ancho del pozo, los niveles de energía en los pozos potenciales a lo largo de la dirección L-M se comportan de manera distinta a los de la dirección K-H.

Una superrejilla corresponde a una disposición periódica o cuasiperiódica de diferentes materiales, y puede ser descrita por un período de superrejilla que confiere una nueva simetría de traslación al sistema, impactando sus dispersiones fonónicas y posteriormente sus propiedades de transporte térmico. Recientemente, se han sintetizado con éxito estructuras uniformes de grafeno-hBN monocapa mediante patrones de litografía junto con deposición química de vapor (CVD). Además, las superredes de grafeno-hBN son sistemas de modelos ideales para la realización y comprensión del transporte térmico de fonones coherente (en forma de onda) e incoherente (en forma de partículas) .

Aplicaciones en electrónica

Las propiedades del grafeno son ideales para utilizarlo como componente de circuitos integrados. Está dotado de alta movilidad de portadores, así como de bajo nivel de «ruido». Ello permite que se le utilice como canal en transistores de efecto campo (FET). La dificultad de utilizar grafeno estriba en la producción del mismo material en el sustrato adecuado. Investigadores están indagando métodos tales como transferencia de hojas de grafeno desde

grafito (exfoliación) o crecimiento epitaxial (como la grafitización térmica de la superficie del carburo de silicio: SiC).

En diciembre de 2008, IBM anunció que habían fabricado y caracterizado transistores que operaban a frecuencias de 26 gigahercios (GHz). En febrero de 2010, la misma empresa anunció que la velocidad de estos nuevos transistores alcanzó los 100 GHz. En septiembre de 2010 se alcanzaron los 300 GHz.

Las publicaciones especializadas rebosan de artículos en los que se atribuye a esta estructura de carbono cualidad de «panacea universal» en la tecnología para reemplazo de dispositivos de silicio por grafeno. Pero no toda la comunidad científica comparte este optimismo. El célebre físico holandés Walter de Heer afirma:

El grafeno nunca reemplazará al silicio. Nadie que conozca el mundillo puede decir esto seriamente. Simplemente, hará algunas cosas que el silicio no puede hacer. Es como con los barcos y los aviones. Los aviones nunca han reemplazado a los barcos.

Además, el grafeno carece de una banda de resistividad, propiedad esencial que le es inherente al silicio. Eso implica que el grafeno no puede dejar de conducir electricidad: no se puede apagar.

Cables de alta velocidad

Investigadores de la Universidad de Cambridge lograron que el grafeno fuera capaz de captar una gran cantidad de luz, lo que se puede utilizar en la creación de cables de fibra óptica muy veloces que se benefician de otra de las propiedades del material: los electrones se desplazan rápidamente en él. Así, se prometen cables de grafeno que podrían mover información cientos de veces más rápido que uno actual, lo que podría implementarse en el área de las telecomunicaciones para la instalación de redes más veloces, aumentando así la capacidad y rapidez de internet, la telefonía móvil y en definitiva, todas las comunicaciones que se llevan a cabo sobre nuestro planeta.

Superbaterías eléctricas

Quizás uno de los descubrimientos más emocionantes es el relacionado al campo de los acumuladores eléctricos, donde hoy en día la tecnología permite dispositivos que funcionan durante pocas horas hasta requerir de una carga eléctrica que puede durar otras varias horas, degradando la experiencia de uso en teléfonos móviles, tabletas y computadoras portátiles.

Pantallas táctiles flexibles

Al ser capaz de conducir electrones de muy buena forma casi sin calentarse en el proceso, investigadores de la Universidad de Texas y la Universidad de Corea del Sur descubrieron que una lámina de grafeno puede usarse en el desarrollo de pantallas táctiles, aprovechando el hecho de que una lámina de grafeno puede ser totalmente transparente, ideal para colocar por sobre un panel de píxeles sin disminuir el brillo de su retroiluminado. Además, esa delgada lámina de grafeno sensible a la conducción eléctrica y que captaría nuestros toques puede ser muy flexible, aportando a lo que podrían ser futuras pantallas táctiles flexibles, lo que bien podría acompañarse de la tecnología OLED flexible para el desarrollo de esta clase de tecnología.

Auriculares y altavoces más que profesionales

Qin Zhou y Alex Zettl son dos científicos de la Universidad de California que quieren revolucionar el mercado del audio gracias a sus auriculares y altavoces de grafeno. La idea es crear un diafragma hecho de grafeno que se coloque en medio de dos electrodos, tras lo cual el grafeno vibra y produce sonido. Según los investigadores, sin mucho trabajo posterior para "afinar" los auriculares y darles un tratamiento especial, se consiguió un sonido a la par de productos actuales de alta calidad. Y como el diafragma de grafeno utiliza una lámina que es muy delgada, el tamaño y peso del producto también puede ser muy reducido, por lo que podrían crearse auriculares de alta calidad que al mismo tiempo sean muy pequeños y livianos.

Cámaras fotográficas mil veces más sensibles

Una cámara fotográfica actual está compuesta, básicamente, de un lente por el que pasa la luz y que luego llega a un sensor, captándola y transformándola en información digital. Lo que investigadores de la Universidad Tecnológica de Nanyang en Singapur lograron fue crear un sensor hecho de grafeno, aumentando la sensibilidad del dispositivo unas mil veces en relación a las tecnologías actuales CMOS o CCD. Estamos hablando de una mejora escandalosamente alta para lo que son sensores utilizados en cámaras profesionales y compactas, permitiendo mejores capturas en condiciones de poca luz y en general para cualquier ocasión. Además, estos nuevos sensores de grafeno consumen diez veces menos energía y son cinco veces más económicos de producir en masa que los convencionales.

Aplicación en medicina

Un equipo de científicos de la Universidad de Mánchester han demostrado que el óxido de grafeno, una forma modificada del grafeno, actúa como agente anticancerígeno que se dirige directamente a las células cancerosas. Gracias a esto el grafeno podría ser usado para disminuir tumores y prevenir la propagación del cáncer. Este descubrimiento sigue siendo estudiado.

Esto es muy importante, ya que al día de hoy el tratamiento actual consiste en eliminar las células de la zona afectada, tanto las cancerígenas como las que no lo son. Con la ayuda del grafeno se podrían eliminar solo las células malignas, causando menos efectos secundarios en el paciente.

Aplicación en desalinización del agua

Está en fase de investigación el uso de una lámina de grafeno con poros de 1,8 nm para sustituir las membranas en el proceso de ósmosis inversa para la desalinización del agua. Sus agujeros son tan pequeños que las moléculas de agua pueden pasar, pero no las de la sal. Según las investigaciones actuales se obtendrían eficiencias mucho mayores que con las membranas actuales, y se tendrían requerimientos menores de energía. En el estado actual, el inconveniente es el costo de las membranas de grafeno, pero se espera que en el futuro estos costos podrán ser reducidos.

Técnicas de producción del grafeno

El problema principal que impide la explotación del grafeno es que la producción de grandes cantidades es limitada. Las diferentes técnicas tradicionales de fabricación por orden ascendente de escalabilidad son:

Exfoliación con cinta adhesiva: "Scotch Tape"

Deposición química de vapor (CVD, Chemical Vapor Deposition)

Exfoliación con disolventes: "Liquid Phase Exfoliation"

Mediante descarga de arco eléctrico y generación de plasma

Oxidación-Reducción

La calidad de las muestras va en sentido contrario al de la escalabilidad: a más escalabilidad del proceso, menor calidad de las muestras.

Recientemente, investigadores de la Universidad de Rice han conseguido sintetizar grafeno a partir del azúcar común a 800° C siendo el grafeno resultante de alta calidad. Otra nueva técnica

procede del IPCPAS-Instituto de Química Física de la Academia Polaca de Ciencias, conjuntamente con el IRI-Instituto de Investigación Interdisciplinaria de Lille. La técnica de fabricación que utilizaron fue la oxidación del grafito, obteniéndose un polvo llamado óxido de grafito. Posteriormente se suspende en agua y se coloca en un limpiador ultrasónico. Los ultrasonidos separan las láminas oxidadas de grafeno y permiten la obtención de escamas de grafeno de 300 nm de espesor.

Grafeno en el espacio

En 2011 el telescopio espacial Spitzer de la Nasa descubrió grafeno en el espacio además de otras moléculas de la familia de los fullerenos, en concreto las moléculas C60 y C70.

Riesgos para la salud provocados por el grafeno

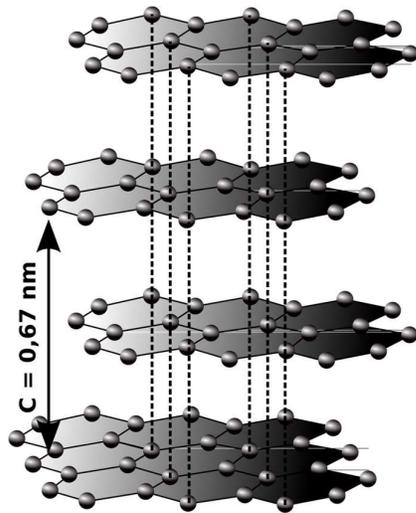
La exposición a nanotubos de carbono (grafeno) reproduce en ratones de laboratorio los síntomas provocados por el asbesto, desde inflamación crónica, pérdida de las rutas supresoras de tumores, hasta desarrollo eventual y esporádico de mesotelioma maligno. La exposición en humanos supone por tanto un riesgo alto para la salud.

1.- Qué opinas sobre las Nanoestructuras de 0, 1, 2 dimensiones?

Las nanoestructuras tienen múltiples aplicaciones sin embargo las nanoestructuras se clasifican en cuatro categorías, la primera es 0D, la cual se centra en los fullerenos y estas tienen el potencial para transportar y liberar fármacos lo cual puede ser una gran aplicación para la nanomedicina, esto es debido a la biocompatibilidad que poseen así como el tamaño es ideal para poder ser difundidos. La segunda es 1D aquí se encuentran los nanotubos y las nanofibras de carbono, y estos poseen propiedades para ser buenos conductores de electricidad, lo cual puede ayudar a la construcción de circuitos electrónicos flexibles. La tercera es 2D aquí se encuentran materiales que tienen forma de láminas, aquí se encuentran materiales como el grafeno, material que posee propiedades que permiten que tenga en aplicaciones en distintos sectores, como por ejemplo en la salud donde se está investigando la forma para utilizarlos como un sistema de transporte y liberación de fármacos o como biosensores. Por último se tiene las 3D aquí se encuentran los materiales que no tienen ninguna dimensión en la nanoescala

2.- ¿Qué es el Grafeno?

El grafeno es un sustancia que se compone de carbono puro, donde los átomos que la conforman se organizan entorno a un patrón hexagonal, el cual se parece al grafito, estos enlaces son extremadamente fuertes, este material es casi transparente, este material presenta una resistencia hasta 200 veces mayor que el acero, así mismo es ligero y flexible, sin embargo, todavía no se posee la tecnología para producirlo en escalas industriales, no obstante en el futuro este material podría ser la clave para generar tecnología más duradera y eficiente



Clase 2 de Septiembre: Estado sólido, pozos, alambres y puntos cuánticos

La clase de hoy es sobre la nueva Unidad, NANOFISICA , comenzaremos por estado sólido:

Pozos, Alambres y puntos cuánticos;

Revisaremos los siguientes videos:

Efecto Túnel:

<https://www.youtube.com/watch?v=vvG0fwyFeb8>

Hoy si entenderas la mecanica cuantica:

<https://www.youtube.com/watch?v=7-TuaLHCZfM>

De qué estamos hechos?

<https://www.youtube.com/watch?v=Tsnyq-3k7Bg>

Revisar este video como fin de la clase:

<https://www.youtube.com/watch?v=zn4B5nBAhJA>

1.-¿Qué es un pozo cuántico?

Los pozos cuánticos consisten en un semiconductor extremadamente delgado con un pequeño espacio de banda, que descansa entre el material con un espacio de banda más grande. Son extremadamente pequeños, generalmente entre 1 y 20 nanómetros. Se usan con mayor frecuencia en diodos láser e imágenes infrarrojas.

2.- ¿Que es un alambre cuántico?

Un alambre cuántico es un cable o un alambre, a menudo similar en función al alambre de cobre, pero hecho con nanotubos de un elemento específico, generalmente carbono. Los cables cuánticos suelen ser conductores, pero también se pueden fabricar como aislantes o semiconductores. Estos cables son ideales para funciones de cableado eléctrico y para uso en naves espaciales porque son más pequeños y livianos que sus contrapartes de metal. Sin embargo, su producción es cara.

3.- ¿Qué es un punto cuántico?

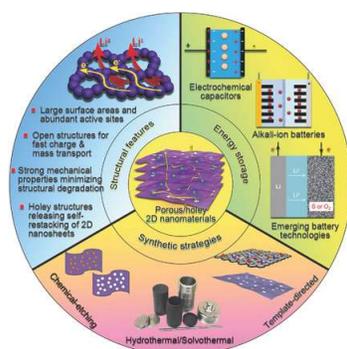
Los puntos cuánticos son cristales nanométricos hechos de materiales semiconductores. Un nanómetro (nm) equivale a una mil millonésima parte de un metro, lo que significa que estas partículas diminutas son inferiores a 1/10,000 de una hebra de cabello humano. Los puntos cuánticos pueden formarse a partir de distintos elementos, pero cuando se reducen para alcanzar un tamaño lo suficientemente pequeño, poseen propiedades físicas que los hacen adecuados para diversas funciones. Por ejemplo, los puntos cuánticos son muy eficientes para absorber luz y después emitirla. Con base en esta cualidad, se están investigando los puntos cuánticos en campos como paneles solares, bioimágenes.

Clase 7 de Septiembre: Estado sólido: baja dimensionalidad

Nuevos Materiales que pueden cambiar el mundo. Hay una razón por la que hablamos de la Edad del Bronce y la Edad del Hierro. El hormigón, el acero inoxidable y el silicio hicieron posible la era moderna. Ahora, una nueva clase de materiales, cada uno formado por una sola capa de átomos, está surgiendo con un potencial de largo alcance. Conocidos como materiales de dos dimensiones, en los últimos años esta clase ha crecido hasta incluir celosías de capas de carbono (grafeno), boro (borofeno), nitruro de boro hexagonal (grafeno blanco), germanio (germaneno), silicio (siliceno), fósforo (fosforeno) y estaño (estaneno). Más materiales de dos dimensiones han demostrado ser teóricamente posibles, pero aún no se han sintetizado, como el grafino de carbono. Cada uno tiene propiedades emocionantes, y las diversas sustancias de

dos dimensiones pueden combinarse como piezas de Lego para construir materiales aún más nuevos.

Esta revolución en monocapas comenzó en 2004, cuando dos científicos famosos crearon grafeno de dos dimensiones utilizando cinta adhesiva –probablemente la primera vez en que se ha hecho ciencia ganadora de un premio Nobel usando una herramienta que se encuentra en aulas de Educación Infantil–. El grafeno es más fuerte que el acero, más duro que el diamante, más ligero que casi cualquier cosa, transparente, flexible y un conductor eléctrico ultrarrápido. También es impermeable a la mayoría de sustancias, excepto al vapor de agua, que fluye libremente a través de su malla molecular.



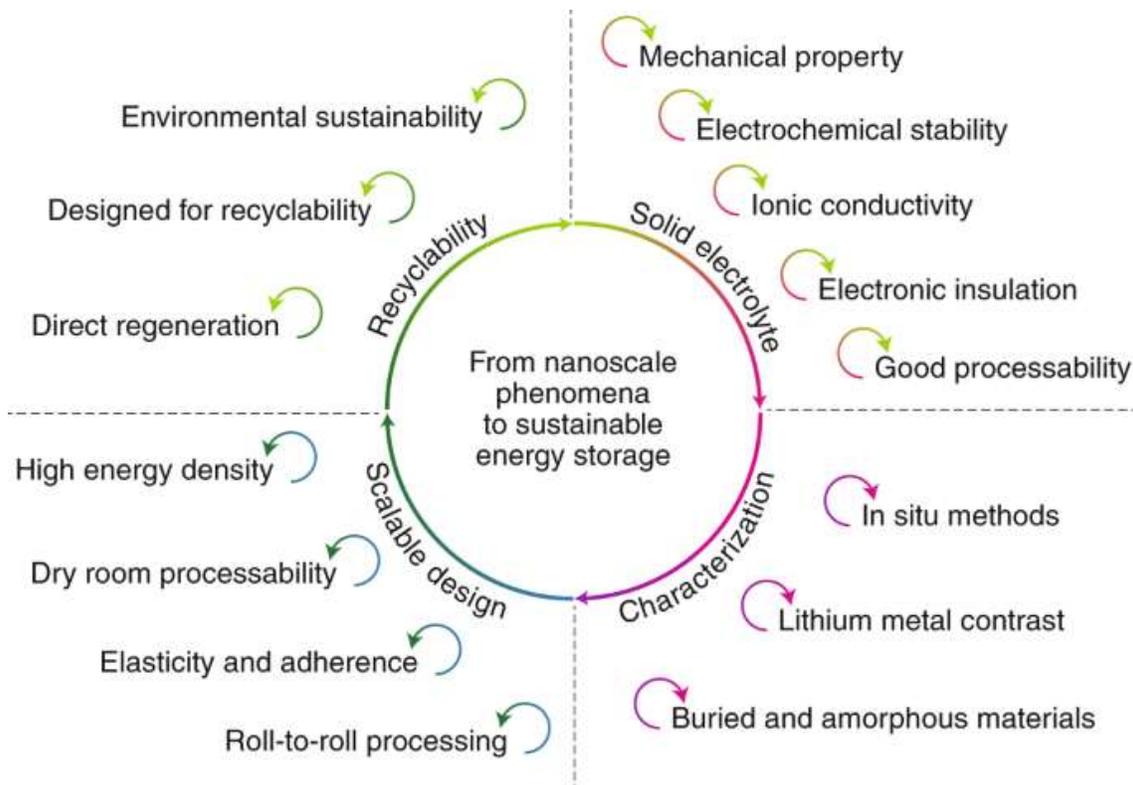
Inicialmente más costoso que el oro, el precio del grafeno ha caído gracias a la mejora de las tecnologías de producción. Ahora, el nitruro de boro hexagonal también está disponible comercialmente y listo para seguir una trayectoria similar. El grafeno se ha vuelto lo suficientemente barato como para incorporarlo en filtros de agua, lo que podría hacer la desalinización y el tratamiento de aguas residuales mucho más asequible. A medida que el costo siga cayendo, el grafeno podría añadirse a las mezclas de pavimento de carreteras o de hormigón para limpiar el aire urbano, ya que, a parte de sus otros puntos fuertes, el material absorbe monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de la atmósfera.

Otros materiales de dos dimensiones probablemente sigan la trayectoria del grafeno, hallando usos en aplicaciones de gran volumen a medida que el costo cae, y en productos de alto valor como electrónica a medida que los tecnólogos encuentran maneras de explotar sus propiedades únicas. El grafeno, por ejemplo, se ha utilizado para fabricar sensores flexibles que se han cosido a prendas –o ahora en realidad impresos en 3D directamente en telas que utilizan nuevas técnicas de fabricación por adición–. Cuando añadido a polímeros, el grafeno puede proporcionar alas de aviones y neumáticos de bicicleta más fuertes y ligeros.

El nitruro de boro hexagonal se ha combinado con el grafeno y el nitruro de boro para mejorar las baterías de iones de litio y los supercondensadores. Al comprimir más energía en volúmenes más pequeños, se puede reducir los tiempos de carga de los materiales, prolongar la vida útil de la batería y reducir el peso y los residuos de todo, desde teléfonos inteligentes a vehículos eléctricos.

Siempre que entran nuevos materiales en el medio ambiente, la toxicidad es una preocupación. Es inteligente tener cuidado y estar alerta por si aparecen problemas. Hasta ahora, diez años de investigación sobre la toxicología del grafeno no ha arrojado nada de que genere inquietud sobre sus efectos sobre la salud o el medio ambiente. Sin embargo, los estudios continúan.

La invención de materiales de dos dimensiones ha creado una nueva caja de herramientas de gran alcance para los tecnólogos. Los científicos y los ingenieros están mezclando y combinando con entusiasmo estos compuestos –cada uno con propiedades ópticas, mecánicas y eléctricas únicas– para producir materiales a medida optimizados para una amplia gama de funciones. Acero y silicio, las bases de la industrialización del siglo XX, se ven torpes y toscos en comparación.



1.- ¿Qué opinas sobre las Nanoestructuras de 0, 1, 2 dimensiones?

Me parece algo bastante irreal puesto que estoy acostumbrado a conocer todo en 3 dimensiones que, aunque existan materiales que comúnmente decimos que son bidimensionales (por su reducido grosor), realmente no lo son. Creo que son materiales que en general tienen muchas aplicaciones, sin embargo, para que estén perfeccionados, deben de ser tridimensionales, ya que es una forma muy estable en nuestro universo.

2.- ¿Qué opinión tienes del video de Modelización de nanomateriales y estructuras de baja dimensionalidad?

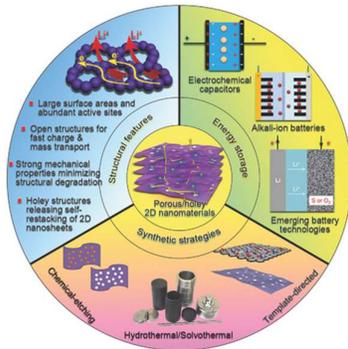
Me provocó una gran emoción escuchar todas las posibles aplicaciones del grafeno, además del posible alcance que tiene la nanotecnología y los descubrimientos referentes a la nanociencia. Me aumentan las ganas de ser un ingeniero de esta área. Emocionarme por todas las posibles aplicaciones que tiene el grafeno, y como a su vez, los avances diarios y descubrimientos en la nanociencia, nos permiten a nosotros como futuros nano ingenieros poder contar una mayor posibilidad de modelización y manipulación de nanomateriales como estructura. Asimismo, dado todas las posibles formas de combinar las estructuras de baja dimensionalidad, faltará bastante tiempo para poder decir que se descubrió todo; siendo la innovación una piedra angular en nuestra postura en unos años.

3.- ¿Qué piensas del grafeno como biosensor?

El grafeno, en general, es un material muy útil, tiene grandes capacidades y, si se aprovecha bien, puede ser vital para ciertos procesos. Como biosensor me parece sorprendente, ya que, por su reducido peso, flexibilidad y altas capacidades de conducción eléctrica, puede ser utilizado sin ningún problema en aplicaciones relacionadas a la medicina.

4.- ¿Cómo se comporta la materia en estado Sólido en la Nanotecnología?

Las propiedades cambian al reducirse a la escala nano, ya que se hacen más notorios los efectos de la mecánica cuántica y resulta difícil predecir el comportamiento de los cuerpos.



Clase 9 de Septiembre: Nanofísica, dislocaciones

¿Qué es una dislocación en un Sólido?

Es cuando una estructura atómica (de un sólido) sufre alguna deformación lineal, ya que se hablan de materiales de una dimensión la mayor parte del tiempo. Se suele demostrar usando el vector de Burgers que indica la magnitud y la dirección de las distorsiones de red. Otro factor que afecta aun mas al material es el deslizamiento de una dislocación, ya que las partículas que están sufriendo ese efecto, terminan orientándose hacia otro lado paralelo. Existen al menos tres tipos de dislocaciones: cuña o de borde, helicoidal o de tornillo y mixta.

¿Qué ventajas tiene la física a escala Nano?

La física aplicada a escala atómica, ha traído múltiples aportaciones al mundo cuántico. Gracias a conceptos físicos, ahora es posible hacer uso de herramientas como los microscopios de barrido, fuerza atómica, fluorescentes, etc., debido a que su funcionamiento utiliza conocimientos de óptica, electrónica, espintrónica, por mencionar algunos. Otro caso se da en los recubrimientos de materiales con nanopartículas, nanopartículas magnéticas y se siguen estudiando amplias aplicaciones en el tratamiento contra el cáncer con nanopartículas magnéticas, o el uso de nanohilos de oro u otros materiales y nanotubos de carbono para los circuitos electrónicos.

¿Qué ventajas tiene los defectos en los nuevos materiales?

Debido a estos errores de la naturaleza o de materiales artificiales, se pueden crear materiales con nuevas y mejores propiedades físicas y químicas. Un caso de ello, es el rubí, que podría haber sido una perfecta piedra de aluminio, pero al entrar el oxígeno, adquiere ese coloración rojiza bastante peculiar. Además, el nuevo compuesto hace que el material adquiera propiedades como una dureza bastante alta, llegando a ser casi igual que el del diamante.

¿El grafeno debe ser sustituido? ¿cual crees que será el siguiente material para aplicaciones tecnológicas y porque?

Considero que el grafeno no será sustituido en su totalidad, sino al contrario, se implementara en muchas áreas mas debido a que el costo de fabricación esta siendo cada vez mas accesible. Sin embargo, la aparición de otros materiales de una dimensión derivados del grafeno como el grafano, fosforeno o el antimoneno, tienen propiedades que no han sido estudiadas en su totalidad, pero las que ya lo han sido, podrían aplicarse también a nivel industrial en un futuro no muy lejano.



Clase 14 de Septiembre: Nanomecánica, revisión de defectos y phonos en sólidos

Nanomecánica, estudia las moléculas a escalas pequeñas, así como los equipos y dispositivos para poder medirlas. Con la construcción del primer microscopio de efecto túnel y el posterior desarrollo del microscopio de fuerzas atómicas, que dieron lugar al estudio de las micropalanca, lo que supuso el nacimiento formal de esta rama de la nanotecnología. Partiendo de la idea de sensor y sus diferentes tipos (sensores ópticos, eléctricos, mecánicos y biosensores). Como podemos observar el mundo nanométrico e interactuar con él a través de ejemplos y experimentos, estudiar y hacer una revisión de conceptos esenciales de la física como la resonancia, el oscilador armónico o la precisión, entre otros. Desde los fotodetectores que regulan el brillo de las pantallas de nuestros móviles a los interferómetros para la detección de ondas gravitacionales, la nanomecánica, pese a lo que su nombre indica, no se queda solo en las pequeñas cosas.

La mecánica (en griego, Μηχανική y en latín, mēchanica) o arte de construir una máquina es la rama de la física que estudia y analiza el movimiento y reposo de los cuerpos, y su evolución en el tiempo, bajo la acción de fuerzas. Modernamente la mecánica incluye la evolución de sistemas físicos más generales que los cuerpos másicos. En ese enfoque la mecánica estudia también las ecuaciones de evolución temporal de sistemas físicos como los campos electromagnéticos o los sistemas cuánticos donde propiamente no es correcto hablar de cuerpos físicos. El conjunto de disciplinas que abarca la mecánica convencional es muy amplio y es posible agruparlas en cuatro bloques principales

Nanomaterial

Los nanomateriales son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que $1 \mu\text{m}$ 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 ($1 \mu\text{m}$) y la escala atómica/molecular (alrededor de 0.2 nm).

Conceptos fundamentales

Un aspecto único de la nanotecnología es la enorme razón de superficie a volumen presente en muchos materiales en nanoescala que propicia la aparición de nuevos efectos mecánico cuánticos, por ejemplo, el "efecto de tamaño de cuanto" en el que las propiedades electrónicas de los sólidos se ve alterada con una gran reducción en el tamaño de las partículas. Este efecto no tiene importancia al ir de macro a micro dimensiones. Sin embargo, se vuelve dominante cuando la nanoescala es alcanzada. Además, varias propiedades físicas cambian cuando se compara con sistemas macroscópicos. Las nuevas propiedades de los nanomateriales es el sujeto de la investigación nanomecánica. Sus actividades catalíticas revelan novedosas propiedades en la interacción con biomateriales.

La nanotecnología puede ser imaginada como la extensión de las disciplinas tradicionales hacia la consideración explícita de las mencionadas propiedades. Además, las disciplinas tradicionales pueden ser reinterpretadas como aplicaciones específicas de nanotecnología. Esta reciprocidad dinámica de ideas y conceptos contribuye a la comprensión moderna del campo. Ampliamente hablando, la nanotecnología es la síntesis y aplicación de ideas provenientes de la ciencia y la ingeniería hacia la comprensión y producción de materiales y dispositivos novedosos.

Los materiales reducidos a la nanoescala pueden súbitamente mostrar propiedades muy diferentes a las que exhiben en una macroescala, posibilitando aplicaciones únicas. Por ejemplo, sustancias opacas se vuelven transparentes (cobre); materiales inertes se transforman en catalizadores (platino); materiales estables se transforman en combustibles (aluminio); sólidos se vuelven líquidos a temperatura ambiente (oro); aislantes se vuelven conductores (silicona). Materiales como el oro, que es químicamente inerte en escalas normales, pueden servir como catalizadores a nanoescalas. Mucha de la fascinación que produce la nanotecnología proviene de estos peculiares fenómenos cuánticos y de superficie que la materia exhibe en nanoescala.

Partículas de polvo de tamaño nanométrico (también llamadas nanopartículas) son potencialmente importantes en la cerámica y la pulvimetalurgia, el logro de nanoporosidad uniforme y otras aplicaciones similares. La fuerte tendencia de pequeñas partículas de formar grupos es un serio problema tecnológico que impide tales aplicaciones. Sin embargo, algunos dispersores como el citrato de amoníaco (acuoso) y el alcohol oleico (no acuoso) son aditivos

prometedores para la desaglomeración. Son materiales a nanoescala. Materiales con características estructurales de una dimensión entre 1-100 nanómetros.

Los nanomateriales pueden ser subdivididos en nanopartículas, nanocapas y nanocompuestos. El enfoque de los nanomateriales es una aproximación desde abajo hacia arriba a las estructuras y efectos funcionales de forma que la construcción de bloques de materiales son diseñados y ensamblados de forma controlada.

Un reciente informe de Small Times predice un fuerte crecimiento de los denominados nanomateriales. En el mismo se comentan los diferentes tipos existentes en la actualidad (tales como las nanoarcillas para reforzar plásticos) o los nanotubos de carbono para agregar conductividad a varios materiales.

Muchos de estos avances los están llevando a cabo empresas norteamericanas pequeñas y medianas en colaboración con empresas líderes.

Existen tres categorías básicas de nanomateriales desde el punto de vista comercial y desarrollo: óxidos metálicos, nanoarcillas y nanotubos de carbono. Los que más han avanzado desde el punto de vista comercial son las nanopartículas de óxido metálico.

1.- Qué es nanomecánica?

La mecánica estudia el movimiento y reposos de los cuerpos es decir, de las fuerzas, ahora si aplicamos este concepto a la nanoescala estamos hablando de que la nanomecánica estudia las moléculas a escalas pequeñas, así como los equipos y dispositivos para poder medirlas, como el microscopio de efecto túnel y el AFM.

2.- Qué nos dice la relación de Hall-Petch a escala nanométrica?

El refuerzo de Hall-Petch es un método de refuerzo de materiales mediante el cambio de su tamaño medio de cristalita (grano). El fortalecimiento de Hall-Petch está limitado por el tamaño de las dislocaciones. Una vez que el tamaño del grano alcanza unos 10 nanómetros los límites del grano comienzan a deslizarse.

La relación que se haya es que al incrementarse el tamaño de grano, la dureza disminuye y un tamaño de grano más fino hace comportarse a una aleación como un material con mayor potencial de endurecimiento, disminuyendo su plasticidad.

3.- Qué es nanomagnetismo?

En el amplio y complejo campo de estudios que ofrece el nanomagnetismo, área que investiga las propiedades, efectos y comportamientos de objetos a escala nano al ser sometidos a un campo magnético y sus aplicaciones van desde la medicina hasta la tecnología, por ejemplo, la memoria de estado sólido basada en el magnetismo, como la memoria magnética de acceso aleatorio (MRAM).

4.- ¿Cómo explicamos como se agrupa la materia a escala nanométrica?

Los átomos no son estables por sí solos, no son perfectos porque necesitan completarse su capa de valencia por lo que se forman uniones entre los átomos formando moléculas y formando patrones en su estructura y dependiendo de esta estructura serán las propiedades que se le atribuyen al material.

Clase 21 de Septiembre: Nanomagnetismo

MAGNETISMO

El **magnetismo** es el conjunto de fenómenos físicos mediados por campos magnéticos. Estos pueden ser generados por las corrientes eléctricas o por los momentos de las partículas constituyentes de los materiales. Es parte de un fenómeno más general: el electromagnetismo. También denomina a la rama de la física que estudia dichos fenómenos.

El níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones se encuentran entre algunos de los materiales que presentan propiedades magnéticas que son fácilmente observables, y comúnmente se llaman imanes. Estos materiales son ferromagnéticos e interactúan fuertemente con los campos magnéticos externos a la vez que generan un campo magnético propio. Esto permite la tan conocida repulsión y atracción entre los polos de los imanes. Sin embargo, todos los materiales son influidos, de mayor o menor forma, por la presencia de un campo magnético

Los fenómenos magnéticos fueron conocidos en la antigua Grecia. Se dice que por primera vez se observaron en la ciudad de Magnesia del Meandro en Asia Menor, de ahí el término magnetismo. Sabían que ciertas piedras atraían el hierro, y que los trozos de hierro atraídos, atraían a su vez a otros. Estas se denominaron imanes naturales.

El primer filósofo que estudió el fenómeno del magnetismo fue Tales de Mileto, filósofo griego que vivió entre 625 a. C. y 545 a. C. En China, la primera referencia a este fenómeno se encuentra en un manuscrito del siglo IV a. C. titulado Libro del amo del valle del diablo: «La magnetita atrae al hierro hacia sí o es atraída por este». La primera mención es sobre la atracción de una aguja que aparece en un trabajo realizado entre los años 20 y 100 de nuestra era: «La magnetita atrae a la aguja».

El científico Shen Kua (1031-1095) escribió sobre la brújula de aguja magnética y mejoró la precisión en la navegación empleando el concepto astronómico del norte absoluto. Hacia el siglo XII los chinos ya habían desarrollado la técnica lo suficiente como para utilizar la brújula

para mejorar la navegación. Alexander Neckam fue el primer europeo en conseguir desarrollar esta técnica en 1187.

Peter Peregrinus de Maricourt, fue un estudioso francés del siglo XIII que realizó experimentos sobre magnetismo y escribió el primer tratado existente para las propiedades de imanes. Su trabajo se destaca por la primera discusión detallada de una brújula. El cosmógrafo español Martín Cortés de Albarca, formado en Zaragoza y en la escuela de pilotos de Cádiz, descubrió y situó el polo magnético en Groenlandia en 1551 para los navegantes españoles e ingleses (su libro fue traducido y muy reimpresso en Inglaterra) facilitando así considerablemente la navegación. Galileo Galilei y su amigo Francesco Sagredo se interesaron en el magnetismo engastando un buen trozo de roca magnética de más de kilo y medio en un bello artilugio de madera; la magnetita se disponía de tal manera que, a modo de imán, atraía una bola de hierro de casi cuatro kilos de peso; pero la falta de aplicaciones prácticas y económicas del invento desalentó más experimentación por parte de estos destacados científicos italianos. En 1600 el médico y físico William Gilbert publicó en Londres su obra *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure; Physiologia noua, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata* ("***Sobre el imán y los cuerpos magnéticos y sobre el gran imán la Tierra***"), que estableció las bases del estudio profundo del magnetismo consignando las características y tipologías de los imanes y realizando todo tipo de experimentos cuidadosamente descritos. Observó que la máxima atracción ejercida por los imanes sobre los trozos de hierro se realizaba siempre en las zonas llamadas "polos" del imán. Clasificó los materiales en conductores y aislantes e ideó el primer electroscopio. Descubrió la imantación por influencia y fue el primero en percibir que la imantación del hierro se pierde al calentarlo al rojo. Estudió la inclinación de una aguja magnética concluyendo que la Tierra se comporta como un gran imán.

El conocimiento del magnetismo se mantuvo limitado a los imanes hasta que en 1820 Hans Christian Ørsted, profesor de la Universidad de Copenhague, descubrió que un hilo conductor sobre el que circulaba una corriente ejercía una perturbación magnética a su alrededor, que llegaba a poder mover una aguja magnética situada en ese entorno. Muchos otros experimentos siguieron con André-Marie Ampère, Carl Friedrich Gauss, Michael Faraday y otros que encontraron vínculos entre el magnetismo y la electricidad. James Clerk Maxwell sintetizó y explicó estas observaciones en sus ecuaciones de Maxwell. Unificó el magnetismo y la

electricidad en un solo campo, el electromagnetismo. En 1905, Einstein usó estas leyes para comprobar su teoría de la relatividad especial, en el proceso mostró que los campos eléctricos y magnéticos son dos caras de la misma moneda, el tensor de campo electromagnético.

La física del magnetismo

Campos y fuerzas magnéticas

El fenómeno del magnetismo es ejercido por un campo magnético, por ejemplo, una corriente eléctrica o un dipolo magnético crea un campo magnético, este al girar imparte una fuerza magnética a otras partículas que están en el campo.

Para una aproximación excelente (pero ignorando algunos efectos cuánticos, véase electrodinámica cuántica) las **ecuaciones de Maxwell** (que simplifican la ley de Biot-Savart en el caso de corriente constante) describen el origen y el comportamiento de los campos que gobiernan esas fuerzas. Por lo tanto, el magnetismo se observa siempre que partículas cargadas eléctricamente están en movimiento. Por ejemplo, del movimiento de electrones en una corriente eléctrica o en casos del movimiento orbital de los electrones alrededor del núcleo atómico. Estas también aparecen de un dipolo magnético intrínseco que aparece de los efectos cuánticos, por ejemplo, del spin de la mecánica cuántica.

Ley de Lorentz

La misma situación que crea campos magnéticos (carga en movimiento en una corriente o en un átomo y dipolos magnéticos intrínsecos) son también situaciones en que el campo magnético causa sus efectos creando una fuerza. Cuando una partícula cargada se mueve a través de un campo magnético B , se ejerce una fuerza F dada por el producto cruz:

donde q es la carga eléctrica de la partícula, \vec{v} es el vector velocidad de la partícula y \vec{B} es el campo magnético. Debido a que esto es un producto cruz, la fuerza es perpendicular al movimiento de la partícula y al campo magnético.

La fuerza magnética no realiza trabajo mecánico en la partícula, cambia la dirección del movimiento de esta, pero esto no causa su aumento o disminución de la velocidad. La magnitud de la fuerza es $F = qvB \sin \theta$ donde θ es el ángulo entre los vectores \vec{v} y \vec{B} . Una herramienta para determinar la dirección del vector velocidad de una carga en movimiento, es siguiendo la ley de la mano derecha (regla de la mano derecha).

El físico alemán Heinrich Lenz formuló lo que ahora se denomina la ley de Lenz, esta da una dirección de la fuerza electromotriz (fem) y la corriente resultante de una inducción electromagnética.

Dipolos magnéticos

Se puede ver una muy común fuente de campo magnético en la naturaleza, un dipolo. Este tiene un "polo sur" y un "polo norte", sus nombres se deben a que antes se usaban los imanes como brújulas, que interactuaban con el campo magnético terrestre para indicar el norte y el sur del globo.

Un campo magnético contiene energía y sistemas físicos que se estabilizan con configuraciones de menor energía. Por lo tanto, cuando se encuentra en un campo magnético, un dipolo magnético tiende a alinearse solo con una polaridad diferente a la del campo, lo que cancela al campo lo máximo posible y disminuye la energía recolectada en el campo al mínimo. Por ejemplo, dos barras magnéticas idénticas pueden estar una a lado de otra normalmente alineadas de norte a sur, resultando en un campo magnético más pequeño y resiste cualquier intento de reorientar todos sus puntos en una misma dirección. La energía requerida para reorientarlos en esa configuración es entonces recolectada en el campo magnético resultante, que es el doble de la magnitud del campo de un imán individual (*esto es porque un imán usado como brújula interactúa con el campo magnético terrestre para indicar Norte y Sur*).

Una alternativa formulada, equivalente, *que es fácil de aplicar pero ofrece una menor visión, es que un dipolo magnético en un campo magnético experimenta un momento de un par de fuerzas y una fuerza que pueda ser expresada en términos de un campo y de la magnitud del dipolo (por ejemplo sería el momento magnético dipolar). Para ver estas ecuaciones es importante ver el [dipolo magnético](#).*

Dipolos magnéticos atómicos

La causa física del magnetismo en los cuerpos, distinto a la corriente eléctrica, es por los dipolos atómicos magnéticos. Dipolos magnéticos o momentos magnéticos, en escala atómica, resultan de dos tipos diferentes del movimiento de electrones. El primero es el movimiento orbital del electrón sobre su núcleo atómico; este movimiento puede ser considerado como una corriente de bucles, resultando en el momento dipolar magnético del orbital. La segunda, más fuerte, fuente de momento electrónico magnético, es debido a las propiedades cuánticas

llamadas momento de spin del dipolo magnético (aunque la teoría mecánica cuántica actual dice que los electrones no giran físicamente, ni orbitan el núcleo).

El momento magnético general de un átomo es la suma neta de todos los momentos magnéticos de los electrones individuales. Por la tendencia de los dipolos magnéticos a oponerse entre ellos se reduce la energía neta. En un átomo los momentos magnéticos opuestos de algunos pares de electrones se cancelan entre ellos, ambos en un movimiento orbital y en momentos magnéticos de espín. Así, en el caso de un átomo con orbitales electrónicos o suborbitales electrónicos completamente llenos, el momento magnético normalmente se cancela completamente y solo los átomos con orbitales electrónicos semillenos tienen un momento magnético. Su fuerza depende del número de electrones impares.

La diferencia en la configuración de los electrones en varios elementos determina la naturaleza y magnitud de los momentos atómicos magnéticos, lo que a su vez determina la diferencia entre las propiedades magnéticas de varios materiales. **Existen muchas formas de comportamiento magnético o tipos de magnetismo: el ferromagnetismo, el diamagnetismo y el paramagnetismo;** esto se debe precisamente a las propiedades magnéticas de los materiales, por eso se ha estipulado una clasificación respectiva de estos, según su comportamiento ante un campo magnético inducido, como sigue:

Unidades del SI relacionadas con el magnetismo

Tesla [T] = unidad de campo magnético.

Weber [Wb] = unidad de flujo magnético.

Amperio [A] = unidad de corriente eléctrica, que genera campos magnéticos.

Gauss, abreviado como G, es la unidad CGS de inducción magnética (B).

Oersted, es la unidad CGS de campo magnético.

Maxwell, es la unidad CGS de flujo magnético.

ESPIN

El espín (del inglés spin 'giro, girar') es una propiedad física de las partículas elementales por el cual tienen un momento angular intrínseco de valor fijo. El espín fue introducido

en 1925 por Ralph Kronig e, independientemente, por George Uhlenbeck y Samuel Goudsmit. La otra propiedad intrínseca de las partículas elementales es la carga eléctrica.

Si bien la teoría cuántica de la época no podía explicar algunas propiedades de los espectros atómicos, los físicos Goudsmit y Uhlenbeck descubrieron que, añadiendo un número cuántico adicional —el «número cuántico de espín»— se lograba dar una explicación más completa de los espectros atómicos. La primera evidencia experimental de la existencia del espín se produjo con el experimento realizado en 1922 por Otto Stern y Walther Gerlach, aunque su interpretación no llegara sino hasta 1927. Pronto, el concepto de espín se amplió a todas las partículas subatómicas, incluidos los protones, los neutrones y las antipartículas. El espín proporciona una medida del momento angular intrínseco de toda partícula. En contraste con la mecánica clásica, donde el momento angular se asocia a la rotación de un objeto extenso, el espín es un fenómeno exclusivamente cuántico, que no se puede relacionar de forma directa con una rotación en el espacio. La intuición de que el espín corresponde al momento angular debido a la rotación de la partícula en torno a su propio eje solo debe tenerse como una imagen mental útil, puesto que, tal como se deduce de la teoría cuántica relativista, el espín no tiene una representación en términos de coordenadas espaciales, de modo que no se puede referir ningún tipo de movimiento. Eso implica que cualquier observador al hacer una medida del momento angular detectará inevitablemente que la partícula posee un momento angular intrínseco total, difiriendo observadores diferentes solo sobre la dirección de dicho momento, y no sobre su valor (este último hecho no tiene análogo en mecánica clásica). Existe una relación directa entre el espín de una partícula y la estadística que obedece en un sistema colectivo de muchas de ellas. Esta relación, conocida empíricamente, es demostrable en teoría cuántica de campos relativista.

Propiedades del espín

Representación del espín electrónico, donde se aprecia que la magnitud total del espín es muy diferente a su proyección sobre el eje z. La proyección sobre los ejes "x" e "y" está indeterminada; una imagen clásica que resulta evocadora es la precesión de un trompo.

Como propiedad mecanocuántica, el espín presenta una serie de cualidades que lo distinguen del momento angular clásico:

El valor de espín está cuantizado, por tanto no se pueden encontrar partículas con espín de cualquier valor.

El espín de una partícula siempre es un múltiplo entero de (donde \hbar es igual a h la constante de Planck dividida entre, también llamada *constante reducida de Planck*). Esto está relacionado con las diferentes representaciones irreducibles del grupo de rotaciones SO(3), cada una de ellas caracterizada por un número entero m . (El **grupo especial ortogonal** (o **grupo ortonormal especial**), abreviado usualmente, es un grupo de Lie que puede ser representado como un subgrupo del grupo ortogonal. El grupo real SO(n) se puede identificar con el grupo de rotaciones del espacio.

El grupo especial ortogonal ordinariamente se toma como real, es decir, aunque también se han definido generalizaciones complejas .)

Cuando se mide el espín en diferentes direcciones, solo se obtienen una serie de valores posibles, que son sus posibles proyecciones sobre esa dirección. Por ejemplo, la proyección del momento angular de espín de un electrón, si se mide en una dirección particular dada por un campo magnético externo, puede resultar únicamente en los valores $\pm \hbar/2$ o bien.

Además, la magnitud total del espín es única para cada tipo de partícula elemental. Para los electrones, los protones y los neutrones, esta magnitud es, en unidades de \hbar . Esto contrasta con el caso clásico donde el momento angular de un cuerpo alrededor de su eje puede asumir diferentes valores según la rotación sea más o menos rápida.

NANOMAGNETISMO

Nanomagnetismo de metales

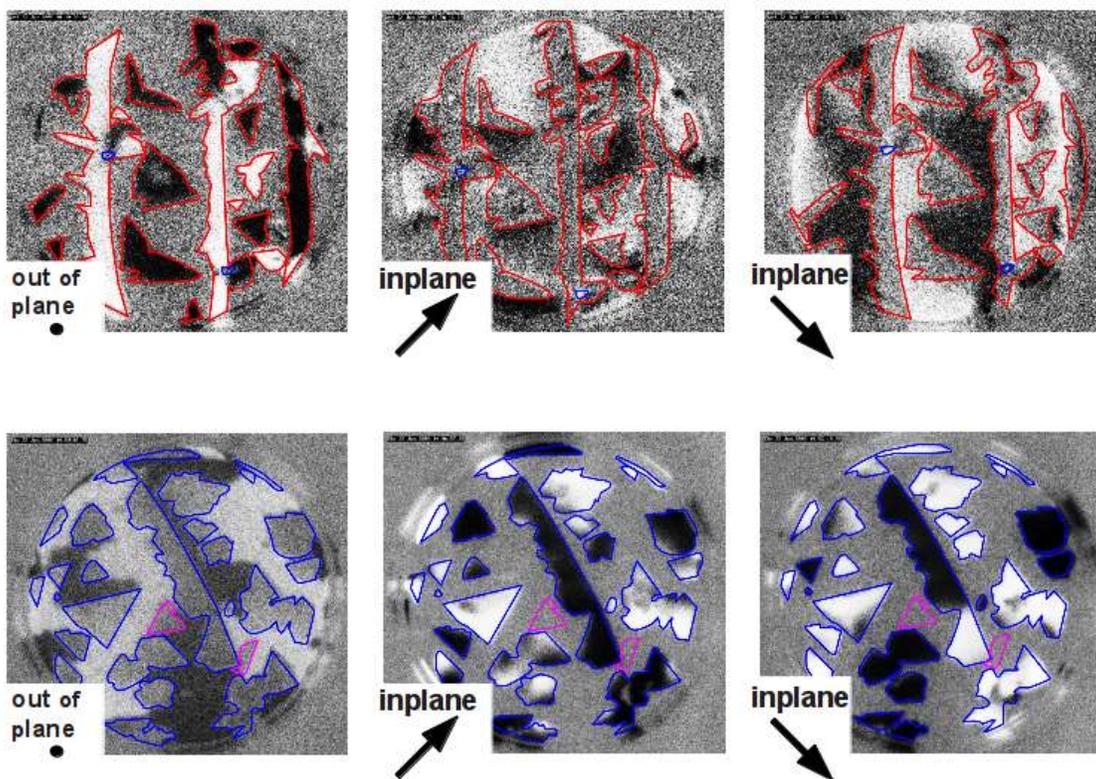
Magnetismo en el límite de la capa atómica

Trabajamos en películas magnéticas, y sus propiedades cuando su grosor es del orden de unas pocas capas atómicas. Cuando se desciende a tal nivel de detalle, se pueden encontrar nuevos fenómenos. **¿Es una sola capa ferromagnética ? . ¿Cómo cambian sus propiedades con el grosor?. ¿Qué pasa con una sola capa de un material antiferromagnético?.** Estos problemas han sido objeto de estudio durante los últimos 50 años. Sorprendentemente, todavía hay mucho que aprender con la correcta combinación de técnicas.

Como ejemplo, el reciente premio Nobel de Física por el descubrimiento de la magnetoresistencia gigante que usamos en nuestros discos duros. La combinación original de materiales en la que se descubrió el efecto era cromo y hierro. Sorprendentemente, aún no sabíamos si una sola capa de cromo por sí misma es magnética o no. Recientemente usamos

una serie de técnicas para averiguar que incluso una sola capa de hecho presenta orden antiferromagnético.

Otro ejemplo, consideremos el eje de fácil magnetización de un material ferromagnético: la dirección a lo largo de la que está orientada la magnetización en una muestra en ausencia de un campo magnético aplicado. La dirección de magnetización de la película puede depender del grosor de la película. Encontramos recientemente que las películas atómicas de una sola capa de grosor de cobalto sobre un substrato de rutenio tienen el eje de magnetización fácil en el plano de la película. Lo que de hecho se espera de una película delgada. Pero sorprendentemente, una película -o islas- de dos capas atómicas cambia la magnetización (es decir, tiene una transición de reorientación de spin) a una orientación fuera del plano.



Y las películas de tres capas atómicas (y más gruesas) cambian de nuevo su dirección de magnetización (la figura muestra islas de 3 capas atómicas encima de una película de dos capas atómicas). Por supuesto, el único modo de ver este tipo de comportamiento es mirar lo suficientemente cerca. El cobalto sobre rutenio, como muchos otros materiales, es muy difícil de hacer crecer en capas perfectas, de modo que podamos observar este efecto. De hecho, solo mirando en terrazas del substrato de varios micrómetros de ancho podríamos encontrar islas lo suficientemente perfectas para efectuar nuestro experimento.

La técnica que usamos para obtener imágenes localmente de los dominios magnéticos en una dirección dada es microscopía de electrones de baja energía polarizados en spin. Esta es una microscopía de electrones de baja energía que emplea un haz de electrones que está polarizado en spin. La reflexión del haz en una muestra ferromagnética produce algún contraste debido dispersión por intercambio entre la muestra y el haz de electrones. Substrayendo las imágenes con polarizaciones en spin opuestas, se puede mapear los dominios magnéticos de la muestra. Hay unos pocos sistemas en el mundo. Hicimos este trabajo en colaboración con Andreas Schmid en el laboratorio de Berkeley.

And schematic overlaid on a topographic image can be show here. Este trabajo fue seleccionado como Physics Review Focus story, y se puede ver ahí.

También hemos intentado cubrir las películas de Co con diferentes materiales, tales como Cu, Ag, y Au. Y hemos encontrado que también el crecimiento de una capa cobertora no magnética produce transiciones de reorientación de spin. Como ejemplo, cubriendo las películas de cobalto con plata encontramos los siguientes cambios en el eje fácil magnético, las flechas indican la dirección de magnetización de las películas de Co con un recubrimiento dado de cada uno de los metales moneda. Como se puede ver, hemos encontrado unas pocas combinaciones que presentan magnetización fuera del plano.

Las nanopartículas magnéticas son una clase de nanopartículas que pueden ser manipuladas a través de un campo magnético. Tales partículas comúnmente constan de elementos magnéticos tales como hierro, níquel y cobalto y sus compuestos químicos. Mientras que las nanopartículas son más pequeñas que 1 micrómetro de [[diámetro (típicamente 5-500 nanómetros), las microperlas más grandes son 0,5-500 micrómetros de diámetro.

Las nanopartículas magnéticas han sido el foco de numerosos estudios recientemente debido a que poseen propiedades atractivas que podrían ver su posible aplicación en catálisis, incluyendo catalizadores basados en nanomateriales, biomedicina, resonancia magnética, almacenamiento de datos, remediación ambiental, nanofluidos, y filtros ópticos, Sensor defecto y sensores de cationes.

1.- ¿Qué es el SPIN?

Se considera la propiedad física de las partículas subatómicas, como electrones, protones y neutrones. El espín puede estar relacionado con el momento angular en la física clásica, aunque la diferencia entre ellos es que el espín, además de ser cuántico, no es un espín per se. Este

concepto se puede representar simplemente con las palabras arriba y abajo (flecha arriba, flecha abajo), porque no se puede predecir el movimiento exacto de las partículas. Para ello, solo se puede tener en cuenta un valor positivo / negativo de $1/2$, lo que significa el número de revoluciones posibles para que el cordón vuelva a su posición original.

2.- Cómo ocurre el magnetismo a nivel Molecular?

Los electrones continúan interactuando colectivamente para formar alfileres grandes. La mayoría de los momentos magnéticos de cada átomo están asociados con antiferromagnetos.

3.- ¿Qué es el Nanomagnetismo?

El magnetismo es un fenómeno natural por el cual los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Y estudiarlo en escala nano significa trabajar con dimensiones un millón de veces inferiores al milímetro, o sea, escala atómica.

4.- ¿Es una sola capa ferromagnética ?.

El ferromagnetismo es un fenómeno físico en el que se produce una disposición magnética de todos los momentos magnéticos de una muestra, en la misma dirección y en la misma dirección. Un ferromagnet es un material que puede exhibir ferromagnetismo. La interacción magnética es una interacción magnética que hace que los polos magnéticos tiendan a estar dispuestos en la misma dirección y en la misma dirección. Debe difundirse en un sólido para lograr el ferromagnetismo.

5.- ¿Cómo cambian sus propiedades con el grosor?

La dirección de magnetización de la película puede depender del grosor de la película. Se encuentra una película atómica de cobalto monocapa gruesa sobre una base de rutenio que tiene un eje fácilmente magnetizado en el plano de la película. Lo que realmente espera de una película fina

6.- ¿Qué pasa con una sola capa de un material antiferromagnético?.

Los momentos magnéticos se mantienen alineados a la misma dirección y en sentido inverso.

Clase 23 de Septiembre: Interacciones magnéticas: Superparamagnetismo y magnetorresistencia

Competencia: Aplicar los fundamentos de la física a escala nanométrica, entendiendo, analizando e interpretando la información con la que se cuenta y las fronteras actuales de la óptica de los nanomateriales para la resolución de problemas propios de la nanotecnología, mostrando una actitud proactiva y de curiosidad científica.

Interacciones magnéticas:

Superparamagnetismo y magnetoresistencia:

El superparamagnetismo es un comportamiento magnético con algunas características del ferromagnetismo y otras del paramagnetismo. Su origen se debe a partículas mesoscópicas, con interacciones ferromagnéticas lo bastante intensas en su interior como para lograr un ordenamiento magnético por debajo de cierta temperatura crítica, pero con interacciones muy débiles entre ellas, con lo que el ordenamiento magnético no puede extenderse a todo el

sistema. Así, se comportan como paramagnetos de momento magnético muy grande. A semejanza de los ferromagnetos, pueden exhibir ciclos de histéresis magnéticos o señal ac en la susceptibilidad, pero solo por encima de cierta frecuencia crítica a partir de la cual el momento magnético inducido no es capaz de seguir la dirección del campo aplicado.

En nanopartículas suficientemente pequeñas la magnetización puede cambiar aleatoriamente debido a la temperatura. El tiempo medio típico para que se produzca este cambio se llama tiempo de relajación de Néel. En ausencia de campo magnético externo, cuando el tiempo de medida de la magnetización de las partículas es mucho mayor que el tiempo de relajación, se observa que la magnetización media de la partícula aparenta ser cero; En ese caso se dice que la partícula está en un estado superparamagnético. En este estado un campo magnético externo es capaz de magnetizar las nanopartículas, de forma similar a como ocurre en un paramagnético. Sin embargo, la susceptibilidad magnética es mucho más elevada que en los paramagnéticos.

La magnetorresistencia colosal (en inglés, Colossal magnetoresistance o CMR) es la propiedad de algunos materiales, principalmente óxidos con estructura de perovskita basados en el manganeso, que les permite cambiar considerablemente su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético

La magnetoresistencia de los materiales convencionales permite cambios en la resistencia de hasta un 5%, pero los materiales que tienen como rasgo el CMR pueden demostrar cambios en la magnetorresistencia superiores a la convencional en órdenes de magnitud.

Aun no hay una explicación plausible para esta propiedad que se base en las teorías físicas actuales, incluyendo la magnetoresistencia convencional o el mecanismo de doble intercambio, siendo por ello el foco de una intensa actividad de investigación. La comprensión y la aplicación de CMR ofrecerá tremendas oportunidades para el desarrollo de nuevas tecnologías como las cabezas de lectura/escritura de disco para almacenamiento magnético de alta capacidad, y de la espintrónica.

Historia

Inicialmente descubierto en las manganitas de perovskita de valencia mixta en los años cincuenta por G. H. Jonker y J. H. van Santen, se dio una primera descripción teórica en términos del mecanismo de doble intercambio. En este modelo, la orientación del spin de

momentos de los Mn adyacentes se asocia con el intercambio cinético de electrones eg. En consecuencia, la alineación de los spins de Mn por un campo magnético externo produce mayor conductividad. El trabajo experimental pertinente fue realizado por Volger, Wollan y Koehler, y posteriormente por Jirak et al. y Pollert et al.

Sin embargo, el modelo de doble intercambio no explicó adecuadamente la elevada resistividad aislante por encima de la temperatura de transición. En los años noventa, el trabajo de R. von Helmolt y et al. y Jin et al. inició un gran número de estudios adicionales. Aunque todavía no se entiende completamente el fenómeno, hay una variedad de trabajos teóricos y experimentales que proporcionan una comprensión más profunda de los efectos relevantes.

Descubrimiento

Este efecto fue descubierto de forma independiente en 1988 por un equipo liderado por Peter Grünberg del Jülich Research Centre en capas cristalinas de Fe/Cr/Fe, los cuales poseen la patente y en capas de Fe/Cr por el grupo de Albert Fert de la Universidad de París-Sur, quienes por primera vez observaron el fenómeno en las multicapas que dio lugar al nombre y que primeramente explicaron la física subyacente.

Un equipo de IBM liderado por Stuart Parkin reconoció rápidamente las posibilidades de utilización del efecto para un sensor de campo magnético y, por consiguiente, para la cabeza de lectura en un disco duro de ordenador y replicó el efecto en capas policristalinas en 1989. En diciembre de 1997 IBM liberó al mercado el primer dispositivo comercial basado en este efecto. El descubrimiento de esta tecnología supuso para Peter Grünberg y Albert Fert el Premio Nobel de Física del año 2007.

Magnetorresistencia gigante

La magnetorresistencia gigante (en inglés, Giant Magnetoresistance Effect o GMR) es un efecto mecánico cuántico que se observa en estructuras de película delgada compuestas de capas alternadas ferromagnéticas y no magnéticas. Se manifiesta en forma de una bajada significativa de la resistencia eléctrica observada bajo la aplicación de un campo magnético externo: cuando el campo es nulo, las dos capas ferromagnéticas adyacentes tienen una magnetización antiparalela puesto que están sometidas a un acoplamiento ferromagnético débil entre las capas. Bajo efecto de un campo magnético externo, las magnetizaciones respectivas de las dos capas se alinean y la resistencia de la multicapa cae de manera súbita. Los spins de

los electrones de la sustancia no magnética se alinean en igual número de manera paralela y antiparalela al campo magnético aplicado, y por tanto sufren un cambio de difusión magnética en una menor medida respecto a las capas ferromagnéticas que se magnetizan de forma paralela.

Tipos de fenómenos GMR

Magnetorresistencia gigante en las multicapas

En este caso, al menos dos capas ferromagnéticas están separadas por una película ultradelgada (cerca de 1 nanómetro) de metal no ferromagnético (por ejemplo, dos capas de hierro separadas por el cromo: Fe / Cr / Fe). Para ciertos espesores, el acoplamiento RKKY entre las capas ferromagnéticas adyacentes, se hace un acoplamiento antiferromagnético: a nivel energético, se hace preferible para las capas adyacentes que sus magnetizaciones respectivas se alineen de manera antiparalela. La resistencia eléctrica del dispositivo normalmente es más grande en el caso antiparalelo, y la diferencia puede alcanzar varias decenas de porcentuales a temperatura ambiente. En estos dispositivos, la capa intermediaria corresponde al segundo pico antiferromagnético en la oscilación antiferromagnético-ferromagnético del acoplamiento RKKY.

La magnetoresistencia gigante fue observada por primera vez en una configuración multicapa, trabajándose con apilamientos de 10 o más capas.

Magnetorresistencia gigante de válvula de spin

GMR de válvula de spin.

En el GMR de válvula de spin dos capas ferromagnéticas están separadas por una capa no magnética (aproximadamente 3 nm), pero sin acoplamiento. Si el campo coercitivo de ambos electrodos ferromagnéticos es diferente, es posible conmutarlos independientemente. Así, podemos realizar una alineación paralela o antiparalela, y la resistencia debe ser más grande en el caso antiparalelo. Este sistema es a veces llamado válvula de espín puesto que permite controlar el espín de los electrones que circulan.

Esta es la que presenta mayor interés comercial puesto que es la configuración usada en la mayoría de los discos duros.

Magnetorresistencia gigante granular

El magnetoresistencia gigante granular es un fenómeno que se produce en precipitados sólidos de materiales magnéticos en una matriz no magnética. En la práctica, el GMR granular es observado únicamente en matrices de cobre que contienen gránulos de cobalto. La razón de ello es que el cobalto y el cobre no son miscibles, y por tanto es posible crear precipitado sólido enfriando rápidamente una mezcla en fusión de cobre y cobalto. La talla de los gránulos depende de la velocidad de enfriamiento y del recocido posterior. Los materiales que muestran una magnetoresistencia gigante granular no parecen en el 2005 capaces de reproducir los efectos tan importantes como los presentados por los formados a partir de multicapas.

Aplicaciones

Otra aplicación es la memoria de acceso aleatorio magnética no volátil. Actualmente, su uso como en sensores está muy extendido.

Nanotransporte. Revisión de conceptos básicos de transporte: conductividad, difusividad, Relación de Einstein (teoría cinética)

En física (específicamente en teoría cinética), la **relación de Einstein** (también conocida como **relación de Einstein-Smoluchowski**) determina la Constante de Difusión de una partícula en el estudio del movimiento Browniano, mediante la siguiente ecuación:

Donde D , es la constante de difusión; μ , la movilidad de la partícula, es decir el cociente de la velocidad terminal y la fuerza aplicada; k_b , la constante de Boltzmann y T , la temperatura absoluta del fluido. Otros dos casos significativos de esta relación son donde la constante está relacionada, en la primera ecuación, con la carga eléctrica de la partícula (q) y la movilidad eléctrica (μq). En la segunda ecuación, la constante depende inversamente de la viscosidad (η) del fluido y del radio circular de la partícula (r).

El formalismo de Landauer.

Rolf Landauer William (4 de febrero de 1927 a 28 de abril de 1999) fue un físico alemán-americano que hizo contribuciones importantes en diversas áreas de la termodinámica de procesamiento de la información, la física de la materia condensada, y la conductividad de medios desordenados En 1961. **descubrió principio de Landauer, que en cualquier operación lógicamente irreversible que manipula la información, tales como borrar un**

poco de memoria, la entropía se incrementa y una cantidad asociada de la energía se disipa como calor. Este principio es pertinente a la computación reversible, la información cuántica y computación cuántica. También es responsable de la fórmula Landauer en relación a la resistencia eléctrica de un conductor a sus propiedades de dispersión.

Formalismo de Landauer y la relación con la función de Green

Un parámetro importante para tomar en cuenta en el diseño de dispositivos es la conductancia: ella caracteriza la conducción eléctrica a través del conductor. En esta sección revisaremos de manera general un método para obtener la conductancia en sistemas mesoscópicos lo que se conoce como transporte coherente o balístico. En particular el enfoque de Landauer en donde la corriente que fluye en un conductor es proporcional a la probabilidad de que un electrón se transmita a través de él. Además, revisaremos la conexión de este formalismo con la matriz de dispersión y la función de Green del sistema.

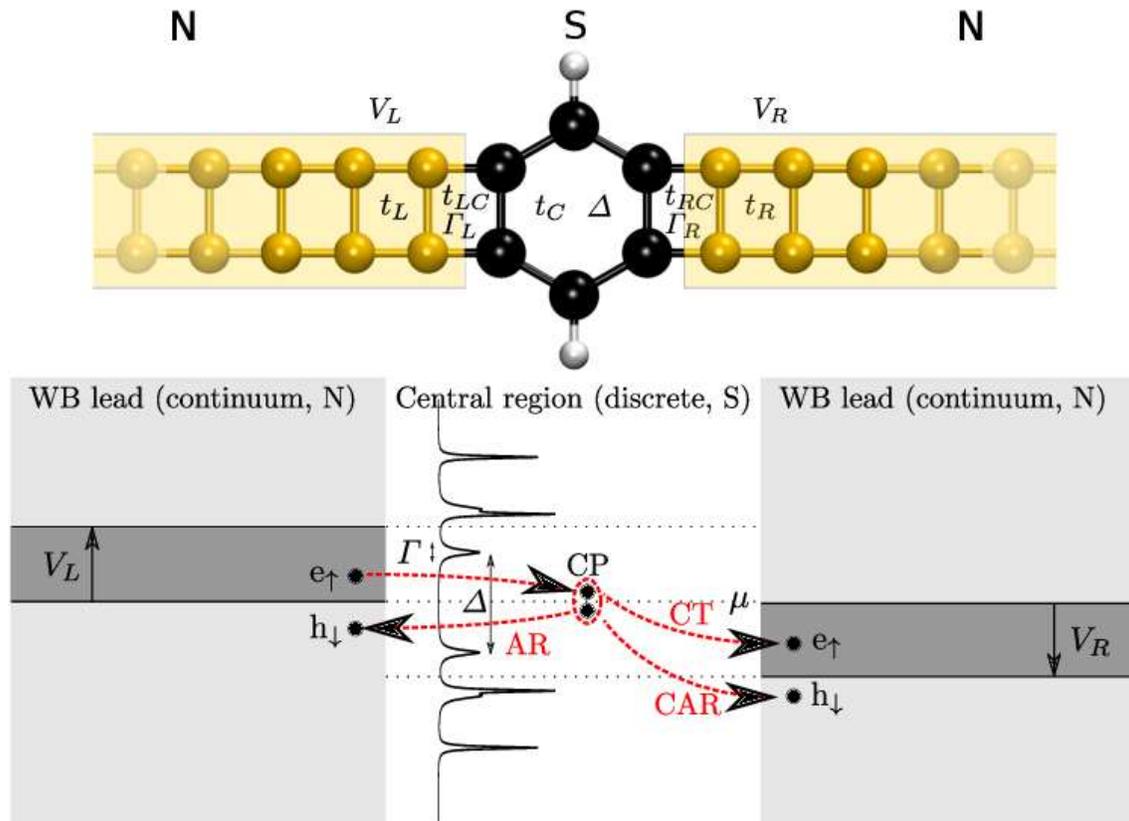


Figura: Configuración de transporte en un union NSN. Los metales normales conducen a estados continuos sufren un cambio de nivel

debido al voltaje de polarización V_L / R con respecto al potencial químico $\mu = E_F$ (nivel de Fermi). La estructura de nivel discreto de la región central está determinada por los parámetros de unión estrecha y brecha Δ , y también se amplía debido al acoplamiento (Γ). Los posibles mecanismos de transición se muestran como CT, AR y CAR..

Figure 4: (Color online) Transport setup in an NSN junction. Normal metal leads of continuum states undergo a level shift due to the bias voltage V_L/R with respect to the chemical potential $\mu = E_F$ (Fermi level). The discrete level structure of the central region is determined by the tight-binding and gap Δ parameters, and it is also broadened due to the coupling (Γ). Possible transition mechanisms are shown as CT, AR and CAR; see text for description.

La **conductividad eléctrica** (símbolo σ) es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material. Los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles, y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material, y de la temperatura.

La conductividad es la inversa de la Resistividad (símbolo ρ); por tanto su unidad es el **S/m (siemens por metro)** o $\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$. Usualmente, la magnitud de la conductividad es la proporcionalidad entre el campo eléctrico y la densidad de corriente de conducción.

Cuantización de conductancia.

No debe confundirse con conductancia eléctrica.

Como ya se mencionó, la relación entre la conductancia y la resistencia está dada por:

donde:

***G* es la conductancia (viene del inglés *gate*),**

R es la resistencia en ohmios,

I es la corriente en amperios,

V es el voltaje en voltios.

(Nota: esta relación solo es aplicable en el caso de circuitos puramente resistivos.)

Para el caso reactivo, **la conductancia** se puede relacionar con **la susceptancia y la admitancia** mediante la siguiente ecuación:

Y es la Admitancia,

j es la unidad imaginaria,

B es la susceptancia.

a) Nanotransporte en estructuras

El transporte en nanoestructuras es un proceso que se consigue a través de la magnetorresistencia colosal, que es característica única de las nanoestructuras. Consiste en varias propiedades, como la conductividad y leyes o teoría como la cinética y formalismo de Landauer.

b) Conceptos básicos de transporte describir conductividad y difusividad.

La conductividad o conductividad eléctrica es la propiedad de todo elemento que tiene la facultad de conducir la electricidad. La difusividad térmica representa la rapidez con la que el calor se difunde a través de un material.

2.- ¿Qué es Magnetorresistencia Colosal, o Gigante y cómo funciona?

Es la propiedad de algunos materiales, principalmente óxidos con estructura de perovskita basados en el manganeso, que les permite cambiar considerablemente su resistencia eléctrica en presencia de un campo magnético. Los materiales que tienen como rasgo el CMR pueden demostrar cambios en la magnetorresistencia superiores a la convencional en órdenes de magnitud. No hay por el momento una explicación para esta propiedad, razón por la que hay muchas investigaciones al respecto.

3.- ¿Qué es el formalismo de Landauer, y en donde se aplica?

En cualquier operación lógicamente irreversible que manipula la información, tales como borrar un poco de memoria, la entropía se incrementa y una cantidad asociada de la energía se disipa como calor. Este principio es pertinente a la computación reversible, la información cuántica y computación cuántica. También es responsable de la fórmula Landauer en relación a la resistencia eléctrica de un conductor a sus propiedades de dispersión.

4.- ¿Qué establece la relación de Einstein?

Determina la Constante de Difusión de una partícula en el estudio del movimiento Browniano, mediante la siguiente ecuación:

$$D = \mu k_b T$$

5.- ¿Qué es admitancia y susceptancia?

Medida que expresa la facilidad de paso de una corriente alterna en un circuito. En electricidad y electrónica, la susceptancia (B) es la parte imaginaria de la admitancia. En unidades del SI, la susceptancia se mide en Siemens.

Clase 30 de Septiembre: Túnel cuántico, túnel cuántico resonante

Túnel cuántico.

Efecto túnel

Reflexión y "tunelado" de un electrón dirigido hacia una barrera de potencial. El punto resplandeciente moviéndose de derecha a izquierda es la sección reflejada del paquete de onda. Un vislumbre puede observarse a la derecha de la barrera. Esta pequeña fracción del paquete de onda atraviesa el túnel de una forma imposible para los sistemas clásicos. También es notable la interferencia de los contornos entre las ondas de emisión y de reflexión.

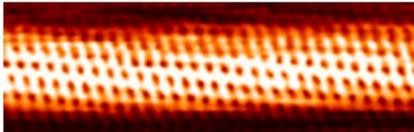
En mecánica cuántica, el efecto túnel es un fenómeno cuántico por el que una partícula viola los principios de la mecánica clásica penetrando una barrera de potencial o impedancia mayor que la energía cinética de la propia partícula. Una barrera, en términos cuánticos aplicados al efecto túnel, se trata de una cualidad del estado energético de la materia análogo a una "colina" o pendiente clásica, compuesta por crestas y flancos alternos, que sugiere que el camino más corto de un móvil entre dos o más flancos debe atravesar su correspondiente cresta intermedia. Si el objeto no dispone de energía mecánica suficiente como para atravesar la barrera, la mecánica clásica afirma que nunca podrá aparecer en un estado perteneciente al otro lado de la barrera.

A escala cuántica, los objetos exhiben un comportamiento ondular; en la teoría cuántica, un cuanto moviéndose en dirección a una "colina" potencialmente energética puede ser descrito por su función de onda, que representa la amplitud probable que tiene la partícula de ser encontrada en la posición allende la estructura de la curva. Si esta función describe la posición de la partícula perteneciente al flanco adyacente al que supuso su punto de partida, existe cierta probabilidad de que se haya desplazado "a través" de la estructura, en vez de superarla por la ruta convencional que atraviesa la cima energética relativa. A esto se conoce como efecto túnel.

El efecto túnel juega un papel esencial en muchos fenómenos físicos como, por ejemplo, en la fusión nuclear que ocurre en la secuencia principal de estrellas como el Sol. La energía que

poseen los **hidrones (catión hidrógeno)** en el núcleo del Sol no es suficiente para superar la barrera de potencial que produce la repulsión electromagnética entre ellos. Gracias al efecto túnel, existe una pequeña probabilidad de que algunos hidrones la sobrepasen, produciendo la fusión de los mismos y liberando energía en forma de radiación electromagnética. Aunque la probabilidad de que se produzca este efecto túnel es muy pequeña, la inmensa cantidad de partículas que componen el Sol hace que este efecto se produzca constantemente. Esto explica por qué cuanto más masiva es una estrella (como una supergigante azul), más corta es su secuencia principal, ya que la energía cinética de los hidrones es mayor y, en consecuencia, la probabilidad del efecto túnel también.

Microscopio de efecto túnel



Una imagen STM de un nanotubo de carbono de pared simple.

Un microscopio de efecto túnel (en inglés, Scanning tunneling microscope o STM) es un instrumento para tomar imágenes de superficies a nivel atómico. Su desarrollo en 1981 hizo ganar a sus inventores, Gerd Binnig y Heinrich Rohrer (de IBM Zürich), el Premio Nobel de Física en 1986. Para un STM, se considera que una buena resolución es 0.1 nm de resolución lateral y 0.01 nm de resolución de profundidad. Con esta resolución, los átomos individuales dentro de los materiales son rutinariamente visualizados y manipulados. El STM puede ser usado no solo en ultra alto vacío, sino que también en aire, agua, y varios otros líquidos o gases del ambiente, y a temperaturas que abarcan un rango desde casi cero Kelvin hasta unos pocos cientos de grados Celsius.

El STM está basado en el concepto de efecto túnel. Cuando una punta conductora es colocada muy cerca de la superficie a ser examinada, una corriente de polarización (diferencia de voltaje) aplicada entre las dos puede permitir a los electrones pasar al otro lado mediante el efecto túnel a través del vacío entre ellas. La resultante corriente de tunelización es una función de la posición de la punta, el voltaje aplicado y la densidad local de estados (LDOS por sus siglas en inglés) de la muestra. La información es adquirida monitorizando la corriente conforme la posición de la punta escanea a través de la superficie, y es usualmente desplegada en forma de

imagen. La microscopía de efecto túnel puede ser una técnica desafiante, ya que requiere superficies extremadamente limpias y estables, puntas afiladas, excelente control de vibraciones, y electrónica sofisticada.



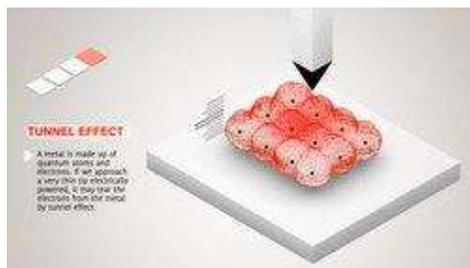
Un acercamiento de una cabeza de microscopio de efecto túnel simple usando una punta de platino-iridio.

Primero, una tensión de voltaje es aplicada y la punta es colocada cerca de la muestra por un burdo control "muestra a punta", que es apagado cuando la punta y la muestra están suficientemente cerca. En un rango cercano, el fino control de la punta en todas las tres dimensiones cuando está cerca de la muestra es típicamente piezoeléctrico, manteniendo la separación punta-muestra, W , típicamente en el rango entre $4-7 \text{ \AA}$, que es la posición de equilibrio entre interacciones atractivas ($3 < W < 10 \text{ \AA}$) y repulsivas ($W < 3 \text{ \AA}$). En esta situación, la tensión de voltaje causará que los electrones realicen el efecto túnel entre la punta y la muestra, creando una corriente que puede ser medida. Una vez que el "tunelamiento" es estabilizado, la tensión de voltaje de la punta y su posición con respecto a la muestra pueden ser variadas (con los detalles de esta variación dependiendo del experimento) y los datos son obtenidos de los resultantes cambios en corriente.

Si la punta es movida a través de la muestra en el plano x-y, los cambios en la altura de la superficie y la densidad de estados causan cambios en la corriente; estos cambios son mapeados en imágenes. El cambio en la corriente con respecto a la posición puede en sí mismo ser medido, o bien, puede ser medida la altura de la punta, z , correspondiente a una corriente constante. Estos dos modos de operación son llamados modo de altura constante y modo de corriente constante, respectivamente. En el modo de corriente constante, la electrónica de retroalimentación ajusta la altura por un voltaje al mecanismo piezoeléctrico de control de

altura. Esto lleva a una variación de altura y así la imagen viene de la topografía de la punta a través de la muestra y da una superficie de densidad de carga constante; esto significa que el contraste en la imagen es debido a variaciones en la densidad de carga.⁶ En el modo de altura constante, el voltaje y la altura se mantienen ambos constantes mientras que la corriente cambia para impedir que el voltaje cambie; esto lleva a una imagen hecha de cambios de corriente sobre la superficie, que pueden ser relacionados con la densidad de carga. El beneficio de usar un modo de altura constante es que es más rápido, debido a que los movimientos del piezoeléctrico requieren más tiempo para registrar el cambio de altura en el modo de corriente constante, que el cambio de voltaje en el modo de altura constante. Todas las imágenes producidas por STM están en escala de grises, con color opcionalmente añadido en post-procesado para enfatizar visualmente características importantes.

Además de escanear a través de la muestra, la información sobre la estructura electrónica a una localización dada en la muestra puede ser obtenida por medio de barrer el voltaje y medir la corriente en un lugar específico. Este tipo de medida es llamada espectroscopia de efecto túnel (STS por sus siglas en inglés) y típicamente resulta en un mapa de la densidad de estados locales como una función de la energía en la muestra. La ventaja de la STM sobre otras medidas de la densidad de estados reside en su habilidad para hacer medidas extremadamente locales: por ejemplo, la densidad de estados en un sitio de impureza puede ser comparada con la densidad de estados lejos de las impurezas.



Frecuencias de imágenes de al menos 1 Hz permiten realizar la llamada Video-STM (es posible más de 50 Hz). Esto puede ser usado para escanear la difusión de superficie.

Instrumentación

Los componentes de un STM incluyen la punta de exploración, un piezoeléctrico de altura controlada, escáner x-y, control muestra-a-punta, sistema de aislamiento de vibraciones y computadora.

La resolución de una imagen está limitada por el radio de curvatura de la punta del STM. Además, si la punta tiene dos puntas en vez de una, pueden observarse irregularidades en la imagen obtenida; esto lleva a "imágenes de doble punta", una situación en la que ambas puntas contribuyen al efecto túnel y en la que se percibe una imagen duplicada. Por tanto ha sido esencial desarrollar procesos para obtener consistentemente puntas afiladas y útiles. Recientemente se han utilizado nanotubos de carbono con este propósito.

La punta puede estar fabricada de tungsteno o platino-iridio, aunque también se utiliza el oro para ello. Las puntas de tungsteno están fabricadas habitualmente por grabado electroquímico, y las puntas de platino-iridio están fabricadas por corte mecánico.

Debido a la extrema sensibilidad de la corriente túnel a la altura, es imperativo un apropiado aislamiento de vibraciones o un cuerpo extremadamente rígido del STM para obtener resultados útiles. En el primer STM de Binnig y Rohrer, se usó levitación magnética para mantener el STM libre de vibraciones; ahora se usan a menudo sistemas de resortes o resortes de gas. Adicionalmente, son implementados a veces mecanismos para reducir las corrientes parásitas.

Manteniendo la posición de la punta con respecto a la muestra, el escaneo de la muestra y la adquisición de los datos son controlados por computadora. La computadora puede ser usada también para mejorar la imagen con la ayuda de procesamiento digital de imágenes así como también para realizar medidas cuantitativas.

Otros estudios STM relacionados

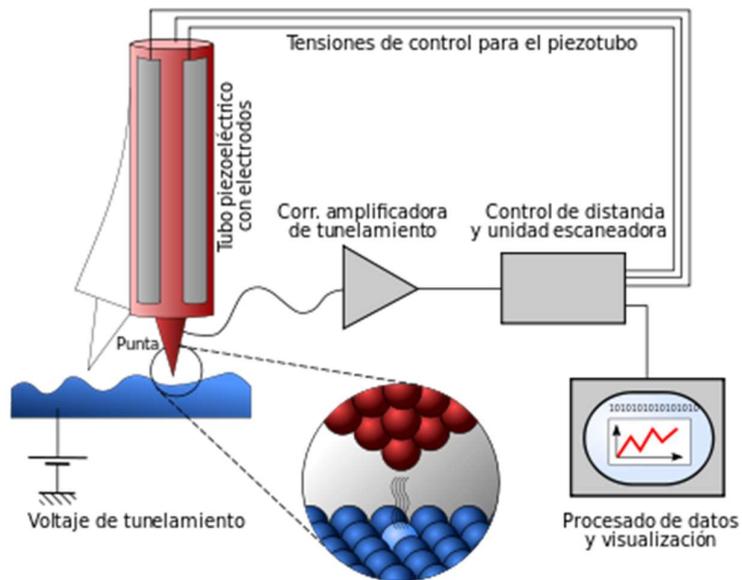
Nanomanipulación por medio de STM de una monocapa autoensamblada de un polímero semiconductor (en este caso, moléculas de PTCDA) en grafito, con las cuales se han escrito las siglas del Center for NanoScience (Centro para la Nanociencia, CeNS), de la Ludwig-Maximilians Universität München (LMU)

Muchas otras técnicas de microscopía han sido desarrolladas basadas en el STM. Estas incluyen la microscopía de escaneo de fotones (PSTM), que usa una punta óptica para hacer efecto túnel

en fotones; potenciometría de escaneo por efecto túnel (STP), que mide el potencial eléctrico a través de una superficie; microscopía por efecto túnel de espín polarizado (SPSTM), que usa una punta ferromagnética para hacer efecto túnel en electrones polarizados de espín en una muestra magnética, y la microscopía de fuerza atómica (AFM), en la cual es medida la fuerza causada por la interacción entre la punta y la muestra.

Otros métodos de la STM envuelven el manipular la punta para cambiar la topografía de la muestra. Esto es atractivo por varias razones. Primero, el STM tiene un sistema de posicionado atómicamente preciso que permite manipulación a una muy precisa escala atómica. Además, después de que la superficie es modificada por la punta, es después una simple cuestión tomar la imagen con la misma punta, sin cambiar el instrumento. Los investigadores de IBM desarrollaron una forma de manipular átomos de xenón absorbidos en una superficie de níquel. Esta técnica ha sido utilizada para crear "corrales" de electrones con un pequeño número de átomos adsorbidos, que permiten que el STM sea usado para observar oscilaciones electrónicas de Friedel en la superficie del material. Aparte de modificar la superficie actual de la muestra, se puede usar también el STM para hacer efecto túnel en electrones dentro de una capa de fotoresistor de haz de electrones en una muestra, para hacer litografía. Esto tiene la ventaja de ofrecer más control de exposición que la tradicional litografía de haz de electrones. Otra aplicación práctica del STM es la deposición atómica de metales (Au, Ag, W, etc.) con cualquier patrón (pre-programado) deseado, que puede ser usada como contactos a nanodispositivos o como los propios nanodispositivos.

Recientemente ciertos grupos han encontrado que pueden usar la punta del STM para rotar enlaces individuales dentro de moléculas individuales. La resistencia eléctrica de la molécula depende de la orientación del enlace, así que la molécula se vuelve efectivamente un interruptor molecular.



Túnel cuántico resonante.

Túnel cuántico resonante.pdf

Efecto tunel magnetico

En la página del Servicio de Información y Noticias Científicas aparece una noticia sobre un gran avance que tuvo lugar en la mecánica cuántica sobre el efecto túnel de magnetización, una propiedad descubierta por el Grupo de Magnetismo del Departamento de Física Fundamental de la Universidad de Barcelona dirigido por el catedrático Javier Tejada en colaboración con diversos grupos de la City University de Nueva York y la empresa Xerox.

Este avance científico, explica como los polos magnéticos de pequeños imanes formados por millones de átomos, a muy bajas temperaturas, pueden cambiar de orientación por el efecto túnel y sin gasto energético. La revista Nature califica este descubrimiento de hito histórico en la ciencia del espín. Este descubrimiento ha sido reconocido como uno de los más grandes del siglo XX en cuanto a ciencia se refiere.

¿Qué aplicaciones tiene este efecto túnel? Ordenadores cuánticos, transformadores eléctricos, plásticos y refrigeradores magnéticos, brújulas mesoscópicas de alta sensibilidad y

catalizadores magnéticos son algunas de las aplicaciones tecnológicas que podría tener el efecto túnel en un futuro. Las expectativas abiertas por el efecto túnel resonante de espín en el campo de la física aplicada y la básica no acaban aquí, sino que abren nuevas fronteras para estudiar nuevos fenómenos cuánticos macroscópicos y verificar teorías.

A parte de lo que en sí conlleva tal descubrimiento, que a lo largo del artículo viene explicado de manera más o menos reducida, cabe resaltarla importancia que para la ciencia de este país supuso. El catedrático a cargo de la investigación es el primer físico español, que en nuestro país, es reconocido como descubridor de un nuevo fenómeno físico en la historia de la Física.

Bloqueo de Coulomb

En la física mesoscópica, un bloqueo de Coulomb (CB), el nombre de Charles-Augustin de Coulomb 's fuerza eléctrica, *es la disminución de la conductancia eléctrica a pequeñas tensiones de polarización de un pequeño dispositivo electrónico que comprende al menos uno de baja capacitancia de unión de túnel*. Debido al CB, la conductancia de un dispositivo puede no ser constante a tensiones de polarización bajas, pero desaparecer para las polarizaciones por debajo de un cierto umbral, es decir, no fluye corriente. El bloqueo de Coulomb se puede observar haciendo un dispositivo muy pequeño, como un punto cuántico. Cuando el dispositivo es lo suficientemente pequeño, los electrones dentro del dispositivo crearán una fuerte repulsión de Coulomb que evitará que fluyan otros electrones. Por lo tanto, el dispositivo ya no seguirá la ley de Ohm y la relación corriente-voltaje del bloqueo de Coulomb parece una escalera. Aunque el bloqueo de Coulomb puede utilizarse para demostrar la cuantificación de la carga eléctrica, sigue siendo un efecto clásico y su descripción principal no requiere mecánica cuántica. Sin embargo, cuando hay pocos electrones involucrados y se aplica un campo magnético estático externo, el bloqueo de Coulomb proporciona la base para un bloqueo de espín (como el bloqueo de espín de Pauli) y un bloqueo de valle, que incluyen efectos de la mecánica cuántica debido a las interacciones de espín y orbital respectivamente entre los electrones. Los dispositivos pueden estar compuestos por electrodos metálicos o superconductores. Si los electrodos son superconductores, los pares de Cooper (con una carga de menos dos cargas elementales) llevan la corriente. En el caso de que los electrodos sean metálicos o de conducción normal, es decir, ni superconductores ni semiconductores, los electrones (con una carga de e) transportan la corriente. Bloqueo de Coulomb

El acoplamiento de partículas mediante efecto túnel cuántico entre un estado cuántico confinado y un reservorio fermiónico de estados deslocalizados ha dado lugar a grandes avances en espintrónica y óptica cuántica del estado sólido. Un ejemplo típico de dicho efecto puede encontrarse en un punto cuántico semiconductor separado de un reservorio fermiónico por medio de una barrera de potencial que es susceptible de ser franqueada cuánticamente por efecto túnel. En esta configuración, el acoplamiento túnel entre ambos sistemas puede controlarse de distintas maneras: (i) ajustando la diferencia entre el nivel energético del punto cuántico y el nivel de Fermi del reservorio de fermiones, o (ii) cambiando la anchura y/o altura de la barrera. (i) hace posible el bloqueo de Coulomb, mecanismo mediante el cual electrones o huecos pueden ser introducidos uno a uno desde el reservorio al punto cuántico. Con una barrera de gran espesor, los portadores introducidos en el punto cuántico se encuentran en el régimen de acoplamiento débil, es decir, prácticamente aislados de las posibles interacciones con el mar fermiónico. Un solo espín aislado de su entorno mesoscópico representa un bit cuántico que puede ser entrelazado con un espín vecino, un fotón, o un espín lejano, con potenciales aplicaciones en computación cuántica o en tecnologías de la comunicación. Por el contrario, una barrera de pequeño espesor da lugar a un acoplamiento fuerte entre el espín localizado y el mar fermiónico. A muy bajas temperaturas y acoplamientos lo suficientemente fuertes, el espín localizado en el punto cuántico forma un estado singlete coherente (Kondo) con el reservorio fermiónico.

Las heteroestructuras van der Waals, que se pueden obtener al combinar capas atómicas de materiales con propiedades bien diferenciadas (semiconductoras, aislantes, semimetálicas, ferromagnéticas...), ofrecen nuevas perspectivas para el diseño y optimización de espines coherentes confinados, dispositivos de efecto túnel de espesor atómico o reservorios fermiónicos más allá de la densidad de estados plana convencional. Para explotar el potencial de dichas estructuras van der Waals en dispositivos cuánticos es necesaria la presencia de puntos cuánticos capaces de retener un único electrón (o hueco), y cuya energía pueda ser controlada a través de un voltaje de puerta. Sin embargo, aunque el mecanismo de bloqueo de Coulomb ya se ha observado en puntos cuánticos electroestáticamente definidos en dicalcogenuros de metales de transición (TMDs) de espesor atómico, no se ha había

conseguido, hasta ahora, controlar el trasvase de un único electrón desde un reservorio fermiónico hasta estos puntos cuánticos bidimensionales (2D).

En el artículo del trimestre, los autores presentan una heteroestructura van der Waals con un acoplamiento túnel fuerte entre un punto cuántico en un semiconductor 2D y un reservorio de Fermiones sintonizable mediante la aplicación de un voltaje de puerta. El dispositivo, representado esquemáticamente en la Figura 1(a), consiste en un punto cuántico en seleniuro de tungsteno (WSe₂) monocapa separado de un reservorio de fermiones en grafeno de pocas capas mediante una barrera túnel formada por una única capa de nitruro de boro hexagonal (hBN). El voltaje de puerta puede ser aplicado entre el electrodo de grafeno y un contacto en la parte inferior del dispositivo. De manera única, mediante bloqueo de Coulomb y como consecuencia del reservorio de fermiones sintonizable en el grafeno, los autores demuestran la introducción determinística de tanto un único electrón como un único hueco en el punto cuántico por medio de medidas de espectroscopía óptica (fotoluminiscencia) a ~ 4 K (Figura 1(b)).

Por otro lado, el espesor subnanométrico de la barrera túnel de hBN da lugar a un acoplamiento túnel muy fuerte en el que los portadores que atraviesan la barrera túnel conservan el espín. Dicho acoplamiento fuerte entre el punto cuántico y el reservorio de fermiones resulta en la formación de excitones híbridos (XH), excitones compuestos por una superposición de estados localizados en el punto cuántico y estados deslocalizados en el mar fermiónico.

Finalmente, la posibilidad de introducir un solo electrón o hueco en el punto cuántico ha permitido a los autores estudiar por primera vez los excitones cargados (negativo (X₁⁻) y positivo (X₁⁺)) de un punto cuántico en WSe₂ monocapa. Los resultados revelan que, de manera similar a los excitones neutros (X₀), los excitones cargados en estos puntos cuánticos presentan valores del factor de Landé (factor g) muy grandes, lo que sugiere que tanto el espín como el valle desempeñan un papel importante en el caso de espines individuales en puntos cuánticos de WSe₂. Estos resultados representan los fundamentos para el diseño y optimización de la próxima generación de dispositivos que permita investigar tanto nuevos regímenes del efecto Kondo como bits cuánticos aislados en heteroestructuras van der Waals.

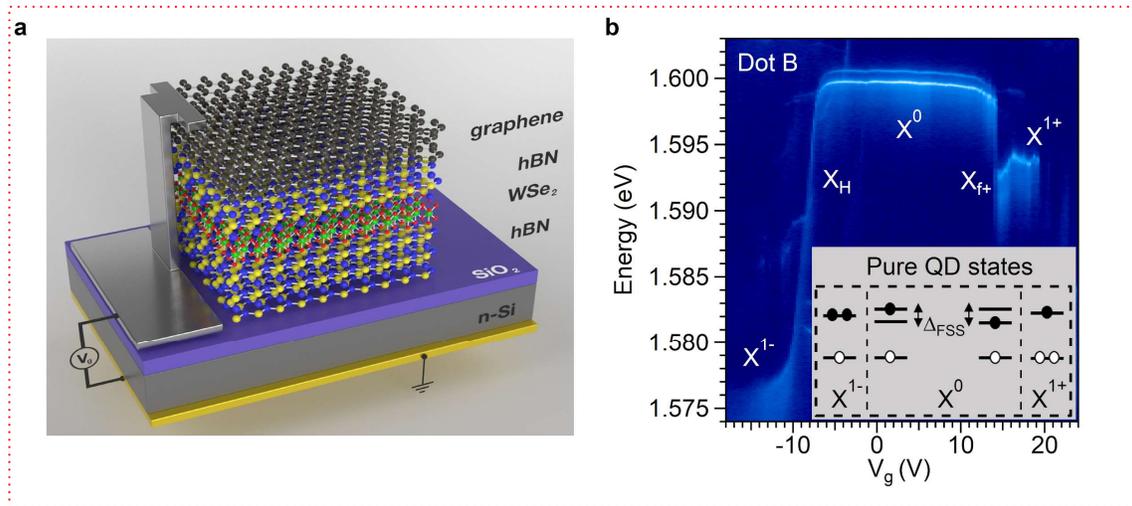


Figura 1. (a) Representación esquemática del dispositivo van der Waals sintonizable en carga utilizado en el trabajo. (b) Evolución de la fotoluminiscencia de un punto cuántico en WSe2 monocapa en función del voltaje aplicado. El recuadro de la parte inferior derecha muestra un diagrama que representa los niveles energéticos de los electrones y la ocupación de los huecos para los estados excitónicos $X1^-$, $X0$ and $X1^+$ puros del punto cuántico. Δ_{FSS} representa la diferencia de energía del doblete observado para el estado $X0$ debido al desdoblamiento de estructura fina.

Referencias

1. R. Hanson, L. P. Kouwenhoven, J. R. Petta, S. Tarucha, L. M. K. Vandersypen, Spins in few-electron quantum dots, *Rev. Mod. Phys.* 79, 1217-1265 (2007).
2. R. J. Warburton, Single spins in self-assembled quantum dots, *Nature Materials* 12, 483-493 (2013).
3. S. De Franceschi, S. Sasaki, J. M. Elzerman, W. G. van der Wiel, S. Tarucha, L. P. Kouwenhoven, Electron cotunneling in a semiconductor quantum dot, *Phys. Rev. Lett.* 86, 878-881 (2001).
4. J. M. Smith, P. A. Dalgarno, R. J. Warburton, A. O. Govorov, K. Karrai, B. D. Gerardot, P. M. Petroff, Voltage control of the spin dynamics of an exciton in a semiconductor quantum dot, *Phys. Rev. Lett.* 94, 197402 (2005).
5. S. M. Cronenwett, T. H. Oosterkamp, L. P. Kouwenhoven, A tunable Kondo effect in quantum dots, *Science* 281, 540-544 (1998).

6. X.-X. Song, D. Liu, V. Mosallanejad, J. You, T.-Y. Han, D.-T. Chen, H.-O. Li, G. Cao, M. Xiao, G.-C. Guoa, G.-P. Guo, A gate defined quantum dot on the two-dimensional transition metal dichalcogenide semiconductor WSe₂, *Nanoscale* 7, 16867-16873 (2015).

7. K. Wang, K. De Greve, L. A. Jauregui, A. Sushko, A. High, Y. Zhou, G. Scuri, T. Taniguchi, K. Watanabe, M. D. Lukin, H. Park, P. Kim, Electrical control of charged carriers and excitons in atomically thin materials, *Nature Nanotechnol.*, 13, 128-132 (2018).

8. M. Brotons-Gisbert, A. Branny, S. Kumar, R. Picard, R. Proux, M. Gray, K. S. Burch, K. Watanabe, T. Taniguchi, B. D. Gerardot, Coulomb blockade in an atomically thin quantum dot coupled to a tunable Fermi reservoir, *Nature Nanotechnol.* 1 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0402-5>

¿Qué es el túnel cuántico?

El efecto túnel es un fenómeno cuántico por el cual una partícula viola los principios intuitivos de la mecánica clásica, y por lo tanto, siendo capaz de penetrar en una barrera de potencial con una energía cinética mayor a la propia partícula.

Describir con tus palabras el túnel cuántico resonante.

El túnel cuántico resonante es una predicción de la física cuántica que establece que, probabilísticamente, una partícula sí es capaz de escapar de un pozo de potencial. Concretamente, los saltos de la partícula están asociados al efecto, que tiene lugar cada vez que el espín de la partícula tiene un cruce entre dos niveles de energía, provocado por un campo magnético.

Describir el llamado "bloqueo de Coulomb".

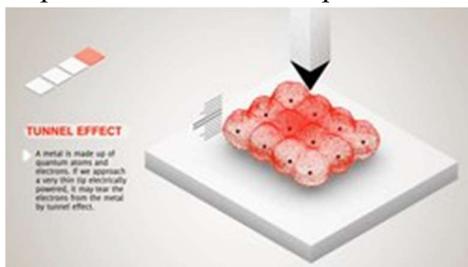
El bloqueo de Coulomb es un mecanismo mediante el cual los electrones son capaces de ser introducidos uno por uno desde un reservorio hasta el punto cuántico.

¿Qué es el efecto Kondo?

El efecto Kondo es el nombre que reciben los efectos particulares que adquieren algunos materiales con respecto a su conductividad al encontrarse ante bajas temperaturas. En él, la resistencia eléctrica de muchos sólidos disminuye conforme lo hace la temperatura.

Describir el dispositivo Van Der Waals sintonizable.

El dispositivo de Van Der Waals sintonizable reside en una serie de nanocapas heteroestructuradas compuestas por distintos elementos con relaciones eléctricas. En sí, el dispositivo consiste en un punto cuántico que se encuentra separado del reservorio.



Clase 5 de Octubre: Nanoóptica: excitones y plasmones; propiedades ópticas - Plasmónica

Recordemos que la materia de Fundamentos de Nanociencias y Nanotecnología es una unidad de aprendizaje cuya finalidad es el estudio de los conceptos básicos de la física a escalas atómicas que permitan la resolución de problemas con aplicaciones nanotecnológicas. Su utilidad reside en que el estudiante aplique esos conceptos en la elaboración de dispositivos nanotecnológicos, con responsabilidad, actitud crítica y trabajo en equipo. La asignatura es obligatoria, se imparte en la etapa básica, que corresponde al área de conocimiento de Ciencias de la Ingeniería del programa de Ingeniería en Nanotecnología.

Nano-óptica/ Nano-Optics

Podríamos definirla como la interacción entre la luz y la materia al nivel de la nanoescala.

La tendencia de la ciencia hacia el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología, donde a escalas más pequeñas las leyes físicas cambian, hace necesario que, para tratar las cuestiones claves de la óptica, nos fijemos en la escala del nanómetro.

La razón para ligar la óptica a la nanociencia y la nanotecnología se basa en que el avance de la óptica a escala del nanómetro representa una multitud de campos de interés. Hay que recordar el hecho de que la energía de la luz descansa en la gama de transiciones electrónicas y vibratorias de la materia. Por lo tanto, la interacción de la luz con la materia rinde una información única sobre las características estructurales y dinámicas de la materia.

Estas capacidades espectroscópicas únicas son de gran importancia para el estudio de nanoestructuras biológicas de estado sólido. Actualmente se aplican técnicas ópticas para sondear nanoestructuras complejas de semiconductores así como de las moléculas individuales de las proteínas. Se prevé la posibilidad de explorar ópticamente para obrar recíprocamente con nanoestructuras de semiconductores a las escalas de la longitud más pequeñas que pueden abrir varias aplicaciones importantes tales como el almacenaje de datos y la conmutación óptica basada en lógica cuántica.

La Nano-óptica trata un amplio espectro de la óptica cubriendo tecnología y ciencia básica. En el lado tecnológico, encontramos temas como la nanolitografía y el almacenaje de datos óptico

de alta densidad. En el lado de las ciencias básicas encontramos temas como las interacciones del átomo- fotón y sus usos potenciales para los experimentos de la interceptación y de la manipulación del átomo.

PLASMON:

La primera idea de nano-atrapamiento fue propuesta en 1997 por Nerkararyan, pero solamente después de una década fue posible demostrar este fenómeno. Esto se puede entender considerando que fue necesario desarrollar primero la fabricación de nanoestructuras metálicas y luego su caracterización óptica. Como el límite de difracción de la luz restringe el tamaño del objeto a observar a ser mayor que la mitad de la longitud de la luz usada. El objeto nanométrico es mucho más pequeño que la mitad de la longitud de onda de la luz visible, luego no podría usarse luz visible. Esto significa que debemos encontrar un mecanismo que permita usar la luz visible y que evite, al mismo tiempo, el límite de difracción. Este mecanismo lo ofrece la misma naturaleza cuando se acoplan nano-partículas metálicas a la luz visible.

El comienzo real de la nanotecnología data de 1959 cuando Richard Feynman inició su conferencia en Caltech con la frase: "There is plenty of room at the bottom!". En este momento comenzó la nano-ciencia. AT THE BOTTOM significa imaginar un mundo mil millones de veces más pequeño que nuestra unidad básica de medida, el metro. Esa frase abrió la puerta al divertido nanomundo con fenómenos que solamente se observan en este rango de tamaños que significan mucho espacio (plenty of room). Se trata de sistemas compuestos de cientos a miles de átomos y que podemos observar con nuestros propios ojos a pesar del límite de difracción. Es como un efecto de ficción pero es la ciencia del siglo XXI. En la segunda mitad del siglo XX se dominó el mundo micro controlando los electrones en las micro-estructuras. Este adelanto alcanzó a ser compartido por Feynman y él pudo predecir el mundo todavía mil veces más pequeño cuando propuso escribir la enciclopedia británica en la cabeza de un alfiler. Cuántas veces habría que disminuir el tamaño de las letras para lograrlo? 25000 veces, pero y cómo? El límite de difracción no permite usar luz visible para leer letras con tamaño menor a 20 micras. Otra manera de lograrlo es controlando los electrones, entonces se propuso y se diseñó el microscopio electrónico que es capaz de aumentar el tamaño de un objeto 10 millones de veces. Así pues, entender y controlar los electrones ha permitido iniciar una era nueva en ciencia y tecnología. Cuando se trata de estudiar un objeto muy pequeño, se propone dividir el

objeto en partes cada vez más pequeñas y más pequeñas hasta lograr los tamaños deseados. Al hacer esto, a medida que se hacen más pequeños se observa que la relación superficie-volumen se hace cada vez más y más grande. Cuando se llega a los nanómetros se puede asegurar que los electrones de la superficie son los responsables de las interacciones con la luz y las propiedades del sistema cambian porque los electrones están confinados en espacios muy pequeños, lo que hace que su energía se cuantice y esas partículas compuestas de miles de átomos (nano-partículas) se comporten como grandes átomos artificiales. Cómo entender y usar estos átomos artificiales?

La luz que cae sobre una nano-partícula puede ser absorbida y los electrones internos hacen transiciones a estados de energía más altos, de la misma manera como lo hacen dentro de los átomos naturales. Por otra parte, si la partícula es metálica todos los electrones de valencia interactúan simultáneamente con la luz creando lo que se conoce como un plasmón.

Un plasmón se crea cuando la luz llega a la superficie del conductor en ciertas condiciones específicas. Un plasmón es una onda del fluido electrónico en un pedazo de metal, como las olas en la superficie del agua de un estanque son los modos colectivos de las moléculas de agua en el líquido. Plasmónica es el estudio de la interacción de la luz con los

electrones libres del metal. ¿Cuándo y cómo comienza la Plasmónica? Cómo se ha desarrollado la Plasmónica moderna? Las contribuciones más importantes de lo que se llama plasmónica vienen de mucho tiempo atrás. Ha pasado más de un siglo desde que Gustav Mie en 1908 se interesó en el tema. El interés se despertó de nuevo hace poco más de dos décadas, pero esta vez a escala nanométrica. En los años noventa hubo nuevos instrumentos como el microscopio óptico de barrido que se basa en los plasmones de superficie para crear campos eléctricos muy fuertes cerca de la superficie del metal y en técnicas como la espectroscopia ultra-rápida de femto-segundos que permitieron controlar las estructuras de tamaño nanométrico e incluso las nano-partículas individuales. Casi toda la Fotónica puede considerarse en términos de Plasmónica y sus posibles aplicaciones están en todas partes.

Todo objeto luminoso muestra además de la emisión de campo lejano, el campo cercano que lo rodea como una capa muy delgada de piel y este es mucho mayor que el campo incidente. Cuando un metal o la punta de una sonda de vidrio se inserta se puede observar el objeto con una resolución mayor que con un microscopio convencional. La información óptica se obtiene a partir de la intensidad de la luz dispersada. Esta microscopía de barrido de campo ha abierto

nuevas áreas de investigación: Espectroscopía de Superficie Raman aumentada (SERS), Plasmónica y

antenas ópticas. En cuanto a la alta localización espacial no se conocen otros sistemas con las mismas cualidades. Las características que permiten cambiar las propiedades de emisión y excitación abren un amplio camino para de explorar su potencial. Pequeños modos volumétricos y alta emisión espontánea cuando los átomos están en una cavidad resonante son las propiedades que incentivan la utilización de los plasmones.

Plasmones de superficie

Los plasmones de superficie son aquellos plasmones que están confinados a las superficies y que forman un polaritón cuando interactúan con la luz. Ocurren en la interfaz entre un dieléctrico y un metal. Permiten explicar las anomalías en la difracción de una red de difracción metálica (Anomalía de Wood) y también son útiles en la espectroscopia Raman de superficie entre otras aplicaciones. La resonancia de plasmones superficiales es utilizado en bioquímica para el estudio de mecanismos y la cinética de los enlaces entre los ligandos y los receptores (i.e. el enlace entre un sustrato y una enzima).

Recientemente, los plasmones de superficie son usados para controlar los colores de los materiales, esto es posible debido a que la forma de la superficie controla el tipo de plasmones superficiales que se pueden acoplar y propagar a través de ella. Esto a su vez controla la interacción de la luz con la superficie. Estos efectos son fáciles de ver en los vitrales que adornan las catedrales medievales. En este caso, el color está dado por nanopartículas metálicas que interactúan con el campo óptico para dar al vidrio su color radiante. Estos efectos han sido manipulados para ser usados tanto en el rango visible como en las microondas.

Muchas investigaciones son adelantadas en el rango de las microondas porque es posible diseñar mecánicamente superficies materiales con patrones del orden de algunos pocos centímetros que son útiles para estas longitudes de ondas. En cambio, para crear plasmones superficiales en el rango óptico implica producir superficies con detalles menores a los 400 nm. Esto es mucho más difícil de construir y sólo ha sido posible de fabricar recientemente gracias a la nanotecnología.

Hueco de electrón

Cuando un electrón abandona un átomo de helio, deja un hueco de electrón en su lugar. Esto hace que el átomo de helio quede cargado positivamente. Una estructura de banda electrónica

de un semiconductor (derecha) incluye la relación de dispersión de cada banda, es decir, la energía de un electrón E como una función del vector de onda del electrón k . La "banda sin relleno" es la banda de conducción del semiconductor; está curvada hacia arriba indicando masa efectiva positiva. La "banda llena" es la banda de valencia del semiconductor; se curva hacia abajo indicando masa efectiva negativa. Un hueco de electrón, o simplemente hueco, es la ausencia de un electrón en la banda de valencia que estaría normalmente completa sin el «hueco». Una banda de valencia completa (o casi completa) es característica de los aislantes y de los semiconductores. La noción de «hueco», desarrollada por Werner Heisenberg en 1931, es esencialmente un modo sencillo y útil para analizar el movimiento de un gran número de electrones, considerando expresamente tal ausencia o hueco de electrones como si fuera una partícula elemental o —más exactamente— una cuasipartícula.

Considerado lo anterior, el hueco de electrón es, junto al electrón, entendido como uno de los portadores de carga que contribuyen al paso de corriente eléctrica en los semiconductores. El hueco de electrón tiene valores absolutos de la misma carga que el electrón pero, contrariamente al electrón, su carga es positiva. Aunque bien corresponde el recalcar que los «huecos» no son partículas como sí lo es —por ejemplo— el electrón, sino la «falta» de un electrón en un semiconductor;² a cada falta de un electrón —entonces— resulta asociada una complementaria carga de signo positivo (+).

Por ejemplo cuando un cristal tetravalente (es decir, de cuatro valencias) como el muy conocido silicio es dopado con átomos específicos que, como el boro, poseen solo tres electrones en estado de valencia atómica, uno de los cuatro enlaces del silicio queda libre. Es entonces que los electrones adyacentes pueden con cierta facilidad desplazarse y ocupar el lugar que ha quedado libre en el enlace; este fenómeno es llamado entonces hueco.

Para un observador externo lo antedicho será percibido como el «desplazamiento de una carga positiva», sin embargo lo real es que se trata del desplazamiento de electrones en sentido opuesto al más frecuente.

La descripción figurada de un hueco de electrón como si se tratara de una partícula equiparable al electrón «aunque con carga eléctrica positiva» es en todo caso didácticamente bastante útil al permitir describir el comportamiento de estos fenómenos.

Otra característica peculiar de los huecos de electrón es que su movilidad resulta ser menor que la de los electrones propiamente dichos; por ejemplo la relación entre la movilidad de los electrones y la de los «huecos» (de electrones) tiene un valor aproximado de 2,5-3.

Permitividad

La **permitividad eléctrica** (llamada también constante dieléctrica para dieléctricos homogéneos) es un parámetro físico de los materiales que describe cuánto son afectados por un campo eléctrico. La información del campo eléctrico está contenida en los vectores **E** y **D**, donde **E** es la intensidad y **D** es el desplazamiento eléctrico o densidad de flujo eléctrico. Es este último el que cuenta la influencia del campo sobre un material (análogo al vector **B** del campo magnético el cual es llamado "densidad de flujo magnético" o "inducción magnética" sobre un material)

La permitividad eléctrica del vacío es constante y está dada por $\epsilon_0 = 8.8541878176 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$.

La permitividad está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico y de esa forma anular parcialmente el campo interno del material. Está directamente relacionada con la susceptibilidad eléctrica. Por ejemplo, en un condensador una alta permitividad hace que la misma cantidad de carga eléctrica se almacene con un campo eléctrico menor y, por ende, a un potencial menor, llevando a una mayor capacidad del mismo.

EXITON:

Un **excitón** es una cuasipartícula (o excitación elemental) de los sólidos formada por un electrón y un hueco ligados a través de la interacción coulombiana. Se da únicamente en semiconductores y aislantes.

Una forma de entender la formación del excitón es la siguiente: un fotón alcanza un semiconductor, excitando un electrón desde la banda de valencia a la banda de conducción. El

hueco que deja tras de sí el electrón en la banda de valencia, al tener carga opuesta, interactúa con él, atrayéndolo a través de la fuerza de Coulomb, de forma que quedan ligados el uno al otro. El sistema que resulta de dicho vínculo es justamente el excitón, y posee una energía ligeramente menor que la de un electrón y un hueco libres.

Dado que este sistema es similar al que forman, en los átomos hidrogenoides, el electrón y el núcleo, su función de onda también será hidrogenoide. Sin embargo, la energía de ligadura es mucho menor, y su tamaño mucho mayor que los del átomo de hidrógeno, debido a los efectos de apantallamiento (que se traduce en una permitividad dieléctrica mayor que la del vacío) y a la masa efectiva del electrón y el hueco, que son característicos del material.

En un átomo de hidrógeno el núcleo y el electrón pueden tener el espín paralelo o antiparalelo, y lo mismo le sucede al excitón.

El concepto de excitones fue propuesto por primera vez por Yakov Frenkel en 1931, cuando describió la excitación de los átomos en una red de aisladores. Propuso que este estado excitado sería capaz de viajar de una manera similar a las partículas a través de la red sin transferencia neta de carga.

Subtipos

Los excitones pueden clasificarse atendiendo a dos casos límites, que dependen de las propiedades del material en cuestión:

Excitón de Mott-Wannier: En semiconductores, la permitividad dieléctrica es, en general, grande y por tanto el apantallamiento tiende a reducir la interacción coulombiana entre los electrones y los huecos. El resultado es un excitón de Mott-Wannier, que tiene un radio mucho mayor que el parámetro de red del material. Esto hace que el efecto del potencial cristalino deba ser incorporado en el cálculo de las masas efectivas del electrón y el hueco, que serán por tanto menores. Debido a esto y al apantallamiento de la interacción coulombiana, la energía de ligadura de estos excitones suele ser mucho menor que la del átomo de hidrógeno, típicamente del orden de 0,1 eV. Este tipo de excitón le debe su nombre a los físicos Sir Nevill Francis Mott y Gregory Wannier.

Excitón de Frenkel: Cuando la permitividad dieléctrica del material es muy pequeña, entonces la interacción coulombiana entre el electrón y el hueco se vuelve muy fuerte y los excitones tienden a ser mucho menores, del orden del tamaño la celda unidad, por lo que el electrón y el

hueco quedan emplazados en la misma celda. Este excitón de Frenkel, nombrado así por el físico Yakov Frenkel, tiene una energía de ligadura típica del orden de 1,0 eV.

Alternativamente, un excitón puede considerarse como un estado excitado de un átomo o ion que vaga de una celda de la red cristalina a otra.

A menudo hay más de una banda tanto para el electrón como para el hueco, lo que da lugar a diferentes tipos de excitones dentro de un mismo material. Incluso pueden usarse bandas de alta energía para la formación de excitones, como se demuestra en experimentos de absorción de dos fotones de femtosegundos.

Dinámica

La probabilidad de que un par electrón-hueco se recombine (el electrón pase a ocupar el hueco) está limitada por la dificultad que supone para el par la pérdida del exceso de energía que contiene, por lo que los excitones tienen una vida media relativamente larga (se han llegado a observar vidas medias superiores a varios milisegundos en óxido cuproso Cu_2O). Se han propuesto múltiples mecanismos de desexcitación excitónica, entre los cuales hay dos de especial importancia. El primero consiste en la disipación de la energía del excitón a través de su interacción con fonones. El segundo es a través de la desexcitación radiativa, en la que la energía sobrante es cedida en forma de radiación electromagnética. En general actúa una combinación de ambos procesos.

Otro factor limitante en la probabilidad de recombinación es el solapamiento espacial de las funciones de onda del electrón y el hueco. Este solapamiento es menor para los electrones y huecos más ligeros y para estados muy excitados.

Además, los excitones pueden moverse a través del sólido. Con esta energía cinética adicional la energía total del excitón puede superar a la del gap. Los excitones que se propagan a través de cristales moleculares son unos de los de mayor interés.

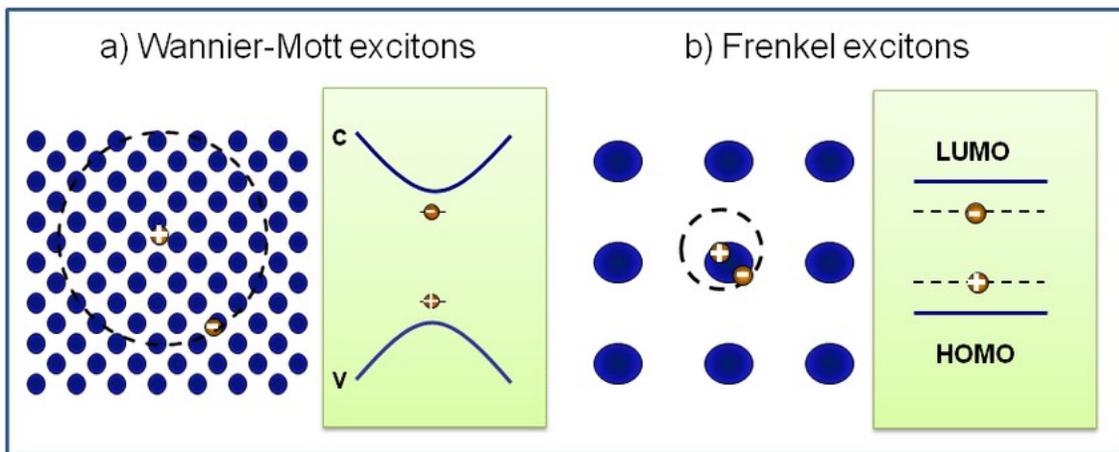
Características

Dado que un excitón es un estado ligado entre un electrón y un hueco, la carga total de esta cuasipartícula es nula, por lo que en su movimiento no transporta carga eléctrica, aunque sí energía.

Interacciones con otras partículas

Los excitones son el principal mecanismo de emisión y absorción de luz (emisión fotónica) en semiconductores a baja temperatura, cuando el producto de la constante de Boltzmann, k , por la temperatura, T , es menor que la energía de ligadura del excitón ($kT < E_{\text{exciton}}$). Este mecanismo deja de ser importante a altas temperaturas, donde predominan otros mecanismos como la recombinación electrónica de pares libres electrón-hueco (que no están ligados formando un excitón), o transiciones entre niveles que se encuentran en el interior del gap (introducidos por defectos de la red cristalina).

Como consecuencia la única forma de estudiar los excitones a partir de medidas de absorción o emisión óptica es reducir la temperatura hasta alcanzar temperaturas del orden de unas decenas de Kelvin (aunque depende de la energía de ligadura de cada excitón). Los excitones también pueden interaccionar con fonones y con distorsiones de la red (producidas por defectos tales como vacantes, o impurezas para formar **polarones**).

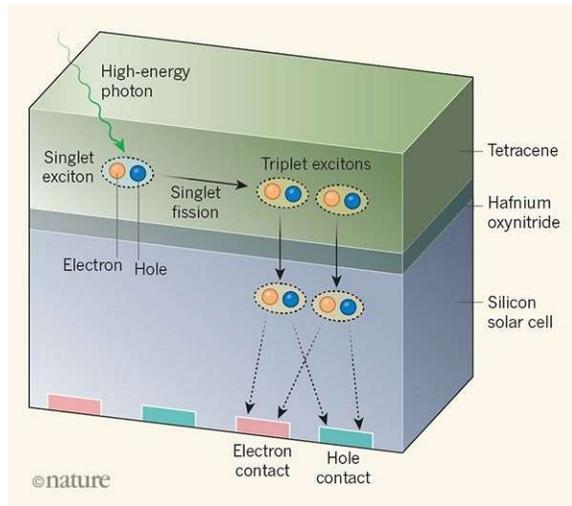


Con otros excitones

Siempre que la interacción sea atractiva, un excitón puede ligarse con otros excitones para formar un 'biexcitón', de forma análoga a lo que sucede con las moléculas de dihidrógeno. Si se forma una alta densidad de excitones, la interacción entre ellos puede formar un "líquido de electrones-huecos", un estado del espacio de momentos en semiconductores indirectos.

Por otro lado, los excitones son partículas de espín entero, que obedecen por tanto a la estadística de Bose-Einstein (en el límite de densidades bajas). Se ha predicho que en algunos sistemas, donde las interacciones entre excitones son repulsivas, pueden aparecer condensados de Bose-Einstein como el estado fundamental del mismo, habiéndose observado dichos condensados en algunos experimentos.² En ellos se enfría una muestra por debajo de los 5

kelvins. Cuando los electrones se recombinan con los huecos producen fotones, que, tras pasar por un montaje óptico, dan lugar a patrones de interferencia muy definidos, lo que es signo de que se trata de luz muy coherente, lo que indica que provienen de desexcitaciones muy coherentes, como las que se darían en un condensado de Bose-Einstein.



Frenkel, J. (1931). «On the Transformation of light into Heat in Solids. I». *Physical Review* **37**: 17. [Bibcode:1931PhRv...37...17F](#). [doi:10.1103/PhysRev.37.17](#).

↑ P. Schewe, B. Stein, D. Castelvocchi. **Coherent Exciton Matter**. (2006) AIP (Physics News Update), 800 (1), <http://www.aip.org/pnu/2006/split/800-1.html> [Archivado](#) el 8 de julio de 2008 en la [Wayback Machine](#). AIP (en Inglés)

POLARITON

En física, el polaritón es una cuasipartícula bosónica resultado del fuerte acoplamiento de ondas electromagnéticas con una onda de polarización eléctrica o magnética. Son una expresión del fenómeno cuántico conocido como cruce evitado. Los polaritones describen el cruce de la dispersión de la luz con cualquier resonancia que esté interactuando. Siempre que la imagen del polaritón sea válida, el modelo de fotones que se propagan libremente en cristales es insuficiente.

1.- ¿Qué es la Nanoóptica?

Es la interacción entre la luz y la materia al nivel de la nanoescala.

2.- ¿Qué estudia la Plasmónica?

La plasmónica o nanoplasmónica se refiere a la generación, detección y manipulación de señales en frecuencias ópticas a lo largo de interfaces metal-dieléctricas en la escala nanométrica.

3.- ¿Qué es un exciton y un plasmon?

Un excitón es una cuasipartícula (o excitación elemental) de los sólidos formada por un electrón y un hueco ligados a través de la interacción coulombiana. Se da únicamente en semiconductores y aislantes.

La luz que cae sobre una nanopartícula puede ser absorbida y los electrones internos hacen transiciones a estados de energía más altos, de la misma manera como lo hacen dentro de los átomos naturales. Por otra parte, si la partícula es metálica todos los electrones de valencia interactúan simultáneamente con la luz creando lo que se conoce como un plasmón.

4.- ¿Qué es un polarón?

Electrón que se mueve a través de los átomos que constituyen un sólido, produciendo en su recorrido una polarización que arrastra consigo.

5.- ¿Qué es el Nivel de Fermi?

En física del estado sólido, la banda de valencia y la banda de conducción son las bandas más cercanas al nivel de Fermi y, por lo tanto, determinan la conductividad eléctrica del sólido.

6.- ¿Qué es una función de onda?

La función de onda es una de las maneras en las que se puede saber el estado en el que se puede encontrar una partícula o sistema de ellas, este tipo de funciones deriva de trabajos de ingeniería y formulas matemáticas que pueden servir en gran forma a la hora de desarrollar proyectos de alta precisión

7.- ¿Qué es un polariton?

En física, el polaritón es una cuasipartícula bosónica resultado del fuerte acoplamiento de ondas electromagnéticas con una onda de polarización eléctrica o magnética. Son una expresión del fenómeno cuántico conocido como cruce evitado.

Clase 7 de Octubre: Plasmónica, microscopía óptica de barrido de campo cercano

Hola a todos

La clase de hoy es sobre Plasmonica y de Microscopia óptica de Campo Cercano

Revisar los siguientes videos y contestar las siguientes preguntas

videos

<https://www.youtube.com/watch?v=BaW5tYkcTZE>

<https://www.youtube.com/watch?v=mf9nt3UuU2k>

microscopios

[https://www.news-medical.net/life-sciences/Types-of-scanning-probe-microscopy-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/Types-of-scanning-probe-microscopy-(Spanish).aspx)

[PLASMÓNICA](#)

https://es.wikipedia.org/wiki/Microscop%C3%ADa_óptica_de_barrido_de_campo_cercano

Una onda evanescente es una onda estacionaria en un campo cercano con una intensidad que muestra un decaimiento exponencial con distancia desde el límite en el cual la onda se produjo. Las ondas evanescentes son una propiedad general de las ecuaciones de ondas, y en principio pueden ocurrir en cualquier contexto en el cual las ecuaciones de una onda apliquen. Estas son formadas en el límite de un medio con diferentes propiedades de movimiento y son más intensas con un tercio de su longitud de onda desde que empieza su formación. En particular las ondas evanescentes pueden ocurrir en procesos ópticos y otras formas de radiación electromagnética, acústica, mecánica cuántica y las “ondas de las cuerdas”

Microscopía óptica de barrido de campo cercano

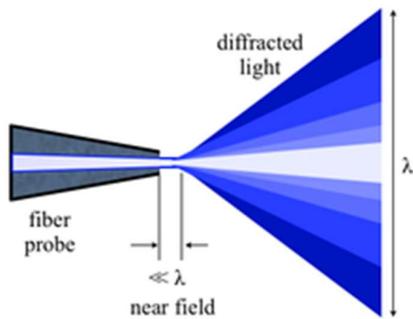
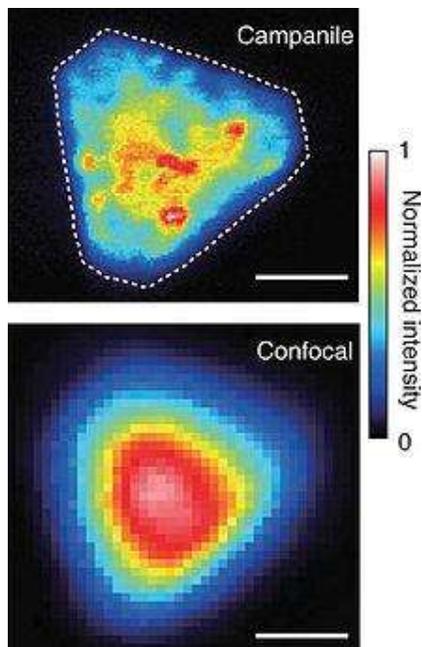


Diagrama que ilustra la óptica de campo cercano, con la difracción de la luz proveniente de la sonda de fibra NSOM, que muestra la longitud de onda de la luz y el campo cercano.



Comparación de los mapas de fotoluminiscencia registrados a partir de una escama de disulfuro de molibdeno utilizando NSOM con una sonda de Campanile (arriba) y microscopía confocal convencional (abajo). Barras de escala: 1 μm .

La microscopía óptica de barrido de campo cercano (NSOM / SNOM) es una técnica de microscopía para la investigación de nanoestructuras que rompe el límite de resolución de campo lejano al explotar las propiedades de las ondas evanescentes. En SNOM, la luz del láser de excitación se enfoca a través de una abertura con un diámetro más pequeño que la longitud de onda de excitación, lo que resulta en un campo evanescente (o campo cercano) en el lado más alejado de la abertura. Cuando la muestra se escanea a una pequeña distancia por debajo de la abertura, la resolución óptica de la luz transmitida o reflejada está limitada solo por el diámetro de la abertura. En particular, la resolución lateral de 20 nm y resolución vertical de 2–5 nm se han demostrado.

Al igual que en la microscopía óptica, el mecanismo de contraste se puede adaptar fácilmente para estudiar diferentes propiedades, como el índice de refracción , la estructura química y el estrés local. Las propiedades dinámicas también pueden estudiarse en una escala de sub-longitud de onda utilizando esta técnica.

NSOM/SNOM es una forma de microscopía de sonda de barrido.

Historia

A Edward Hutchinson Synge se le da crédito por concebir y desarrollar la idea de un instrumento de imagen que pueda captar imágenes mediante la excitación y la recopilación de difracción en el campo cercano. Su idea original, propuesta en 1928, se basaba en el uso de una luz intensa casi plana de un arco bajo presión detrás de una película metálica opaca y delgada con un pequeño orificio de aproximadamente 100 nm. El orificio debía permanecer dentro de los 100 nm de la superficie, y la información se recopilaba mediante escaneo punto por punto. Él previó que la iluminación y el movimiento del detector fueran las mayores dificultades técnicas. John A. O'Keefe también desarrolló teorías similares en 1956. Pensó que el movimiento del agujero de alfiler o del detector cuando está tan cerca de la muestra sería el problema más probable que podría impedir la realización de dicho instrumento. Fueron Ash y Nicholls quienes, en 1972, rompieron el límite de difracción del Abbe utilizando radiación con una longitud de onda de 3 cm. Una retícula de líneas se resolvió con una resolución de $\lambda/60$. Una década más tarde, una patente sobre un microscopio óptico de campo cercano fue presentada por Pohl, seguida en 1984 por el primer documento que usaba radiación visible para la exploración de campo cercano. El microscopio óptico de campo cercano (NFO, por sus siglas en inglés) involucró una apertura de longitud de onda de onda en el vértice de una punta transparente con punta aguda recubierta de metal y un mecanismo de retroalimentación para mantener una distancia constante de unos pocos nanómetros entre la muestra y la sonda. Lewis et al. también eran conscientes del potencial de un microscopio NFO en este momento. Ellos reportaron los primeros resultados en 1986 confirmando la súper resolución. En ambos experimentos, detalles por debajo de 50 nm (aproximadamente $\lambda/10$) de tamaño podrían ser reconocidos.

Teoría

De acuerdo con la teoría de la formación de imágenes de Abbe, desarrollada en 1873, la capacidad de resolución de un componente óptico está limitada en última instancia por la expansión de cada punto de imagen debido a la difracción. A menos que la apertura del componente óptico sea lo suficientemente grande para recoger toda la luz difractada, los aspectos más finos de la imagen no se corresponderán exactamente con el objeto. La resolución mínima (d) para el componente óptico está, por lo tanto, limitada por su tamaño de apertura y expresada por el **criterio de Rayleigh**

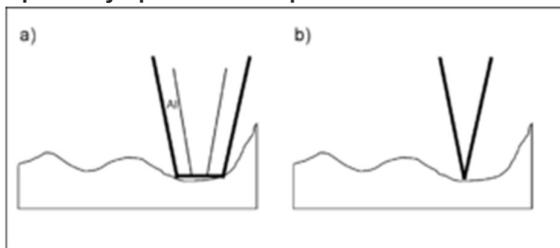
$$d = 0.61 \frac{\lambda_0}{NA}$$

Aquí, λ_0 es la longitud de onda en el vacío; NA es la apertura numérica para el componente óptico (máximo 1.3–1.4 para objetivos modernos con un factor de aumento muy alto). Por lo tanto, el límite de resolución es generalmente alrededor de $\lambda/2$ para la microscopía óptica convencional.

Este tratamiento solo asume la luz difractada en el campo lejano que se propaga sin ninguna restricción. NSOM utiliza campos evanescentes o no propagadores que existen solo cerca de la superficie del objeto. Estos campos llevan la información espacial de alta frecuencia sobre el objeto y tienen intensidades que descienden exponencialmente con la distancia del objeto. Debido a esto, el detector debe colocarse muy cerca de la muestra en la zona de campo cercano, generalmente unos pocos nanómetros. Como resultado, la microscopía de campo cercano sigue siendo principalmente una técnica de inspección de superficie. Luego, el detector se rastrea a través de la muestra utilizando una etapa piezoeléctrica. El escaneo puede realizarse a una altura constante o con una altura regulada mediante un mecanismo de retroalimentación.

Modos de operación

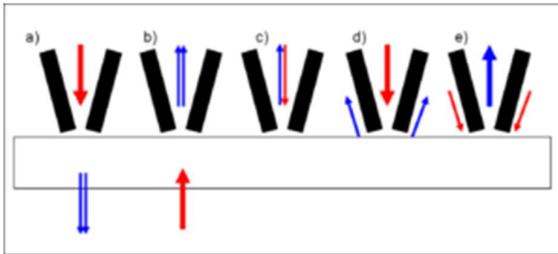
Apertura y operación sin aperturas



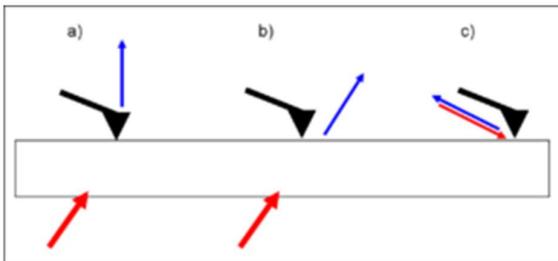
Esquema de a) punta típica recubierta de metal, y b) punta afilada sin recubrimiento.

Existe NSOM que puede operarse en el llamado modo de apertura y NSOM para operar en un modo sin apertura. Como se ilustra, las puntas utilizadas en el modo sin aperturas son muy afiladas y no tienen un revestimiento metálico.

Si bien hay muchos problemas relacionados con las puntas con aberturas (calentamiento, artefactos, contraste, sensibilidad, topología e interferencias entre otros), el modo de apertura sigue siendo más popular. Esto se debe principalmente a que el modo sin aperturas es aún más complejo de configurar y operar, y tampoco se comprende. Hay cinco modos principales de operación NSOM con aberturas y cuatro modos principales de operación NSOM sin apertura. Los principales están ilustrados en la siguiente figura.



Modos de operación en aberturas: a) iluminación, b) colección, c) colección de iluminación, d) reflexión y e) colección de reflexión.



Modos de operación sin aberturas: a) tunelización de fotones (PSTM) mediante una punta transparente afilada, b) PSTM mediante una punta opaca aguda sobre una superficie lisa, y c) escaneo microscópico sin aberturas sin interferómetro con doble modulación.

Algunos tipos de operación NSOM utilizan una sonda Campanile, que tiene una forma de pirámide cuadrada con dos facetas recubiertas con un metal. Tal sonda tiene una alta eficiencia de recolección de señal (> 90%) y no tiene corte de frecuencia. Otra alternativa son los esquemas de "punta activa", donde la punta está funcionalizada con fuentes de luz activas como un tinte fluorescente o incluso un diodo emisor de luz que permite la excitación por fluorescencia.

Mecanismos de retroalimentación

Los mecanismos de retroalimentación se usan generalmente para lograr imágenes de alta resolución y sin artefactos, ya que la punta debe colocarse dentro de unos pocos nanómetros de las superficies. Algunos de estos mecanismos son:

Realimentación de fuerza constante: este modo es muy similar al mecanismo de realimentación utilizado en la microscopía de fuerza atómica (AFM). Los experimentos se pueden realizar en contacto, contacto intermitente y modos sin contacto.

Respuesta de la fuerza de corte: en este modo, una horquilla de sintonía se monta junto a la punta y se hace oscilar a su frecuencia de resonancia. La amplitud está estrechamente relacionada con la distancia entre la punta y la superficie, y por lo tanto se utiliza como un mecanismo de retroalimentación.

Contraste

Es posible aprovechar las diversas técnicas de contraste disponibles para la microscopía óptica a través de NSOM pero con una resolución mucho mayor. Al utilizar el cambio en la polarización de la luz o la intensidad de la luz en función de la longitud de onda incidente, es posible utilizar técnicas de mejora del contraste tales como tinción, fluorescencia, contraste de fase y contraste de interferencia diferencial. También es posible proporcionar contraste utilizando el cambio en el índice de refracción, la reflectividad, el estrés local y las propiedades magnéticas, entre otros.

Instrumentación y configuración estándar

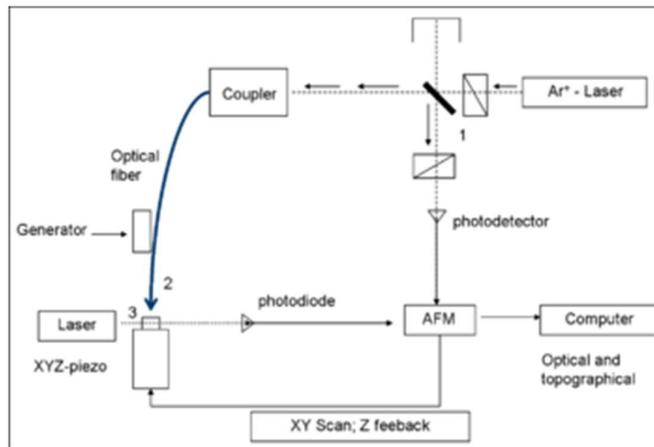


Diagrama de bloques de una configuración NSOM de reflexión hacia atrás a la fibra sin aberturas con control de distancia de fuerza de corte y polarización cruzada; 1: divisor de haz y polarizadores cruzados; 2: arreglo de fuerza de corte; 3: muestra de montaje en un escenario piezoeléctrico.

Los componentes principales de una configuración NSOM son la fuente de luz, el mecanismo de retroalimentación, la punta de exploración, el detector y la etapa de muestra piezoeléctrica. La fuente de luz suele ser un láser enfocado en una fibra óptica a través de un polarizador, un divisor de haz y un acoplador. El polarizador y el divisor de haz servirían para eliminar la luz dispersa de la luz reflejada que regresa. La punta de escaneo, dependiendo del modo de operación, generalmente es una fibra óptica estirada o estirada cubierta con metal, excepto en la punta o simplemente en un voladizo AFM estándar con un orificio en el centro de la punta piramidal. Se pueden usar detectores ópticos estándar, como fotodiodo de avalancha, tubo fotomultiplicador (PMT) o CCD. Las técnicas NSOM altamente especializadas, Raman NSOM, por ejemplo, tienen requisitos de detectores mucho más estrictos.

Espectroscopia de campo cercano

Como su nombre lo indica, la información se recopila por medios espectroscópicos en lugar de imágenes en el régimen de campo cercano. A través de la espectroscopia de campo cercano

(NFS), uno puede sondear espectroscópicamente con resolución de sub-longitud de onda. Raman SNOM y la fluorescencia SNOM son dos de las técnicas NFS más populares, ya que permiten la identificación de características de tamaño nanométrico con contraste químico. Algunas de las técnicas espectroscópicas de campo cercano comunes son:

Raman NSOM local directo: Aperture Raman NSOM está limitado por puntas muy calientes y contundentes, y por largos tiempos de recolección. Sin embargo, NSOM sin aperturas se puede utilizar para lograr factores de alta eficiencia de dispersión Raman (alrededor de 40). Los artefactos topológicos hacen que sea difícil implementar esta técnica para superficies rugosas.

La espectroscopia Raman mejorada en la punta (TERS) es una derivación de la espectroscopia Raman mejorada en la superficie (SERS). Esta técnica se puede utilizar en una configuración NSOM de fuerza de corte sin aberturas, o utilizando una punta de AFM recubierta con oro o plata. La señal Raman se encuentra significativamente mejorada bajo la punta del AFM. Esta técnica se ha utilizado para dar variaciones locales en los espectros de Raman bajo un nanotubo de pared simple. Se debe utilizar un espectrómetro optoacústico altamente sensible para la detección de la señal Raman.

Fluorescencia NSOM: esta técnica altamente popular y sensible hace uso de la fluorescencia para imágenes de campo cercano, y es especialmente adecuada para aplicaciones biológicas. La técnica de elección aquí es la apertura sin apertura a la emisión de fibra en modo de fuerza de corte constante. Esta técnica utiliza tintes a base de merocianina incrustados en una resina apropiada. Los filtros de borde se utilizan para eliminar toda la luz láser primaria. Resolución tan baja como 10 nm se puede lograr usando esta técnica.

Espectrometría infrarroja de campo cercano y microscopía dieléctrica de campo cercano: se pueden usar sondas de campo cercano para combinar la microscopía sub-micrónica con la espectroscopia IR localizada.

nano-FTIR: es una espectroscopía de nanoescala de banda ancha que utiliza iluminación de banda ancha y detección de FTIR para obtener un espectro infrarrojo completo en cada ubicación espacial. Sensibilidad a un único complejo molecular y resolución a nanoescala de hasta 10 nm se ha demostrado con nano-FTIR.

Artefactos

NSOM podría ser vulnerable a artefactos que no son del modo de contraste deseado. La raíz más común para los artefactos en NSOM es la rotura de la punta durante el escaneo, el contraste rayado, el contraste óptico desplazado, la concentración local de luz de campo lejano y los artefactos topográficos.

En el NSOM sin aberturas, también conocido como SNOM de tipo dispersión o s-SNOM, muchos de estos artefactos se eliminan o pueden evitarse mediante la aplicación de la técnica adecuada.

Limitaciones

Muy baja distancia de trabajo y muy poca profundidad de campo.

Normalmente limitado a estudios de superficie, sin embargo, se puede aplicar para investigaciones subsuperficiales dentro de la profundidad de campo correspondiente.

En el modo de fuerza de corte y otras operaciones de contacto no son propicias para el estudio de materiales blandos.

Tiempos de escaneo largos para áreas de muestra grandes para imágenes de alta resolución.

Preguntas

1.- ¿Que es la microscopía óptica de campo cercano?

La microscopía óptica de campo cercano de barrido es una técnica microscópica para la investigación de nanoestructuras que logra una resolución espacial de sub-longitud de onda mediante la explotación de interacciones de corto alcance entre una sonda puntiaguda y la muestra mediada por ondas evanescentes.

2.- ¿Qué es la espectroscopia FTIR?

Es una técnica analítica utilizada para identificar materiales orgánicos, poliméricos y, en algunos casos, inorgánicos. El método de análisis FTIR utiliza luz infrarroja para escanear muestras de prueba y observar las propiedades químicas.

El instrumento FTIR envía radiación infrarroja de aproximadamente $10,000$ a 100 cm^{-1} a través de una muestra, con algo de radiación absorbida y otra pasada. La radiación absorbida es convertida en energía rotacional y / o vibratoria por las moléculas de muestra. La señal resultante en el detector se presenta como un espectro, típicamente de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} , que representa una huella molecular de la muestra. Cada molécula o estructura química producirá una huella digital espectral única, lo que hace que el análisis FTIR sea una gran herramienta para la identificación química.

3.- ¿Qué es plasmónica y cómo puedo medirla?

La plasmónica se ocupa de la interacción de los campos electromagnéticos (es decir, la luz) con estructuras metálicas. Típicamente, estas estructuras metálicas poseen dimensiones de sub-longitud de onda y soportan los llamados resonancias de plasmón de superficie. Estas resonancias ocurren debido a las oscilaciones coherentes colectivas de los electrones libres presentes en el metal. Las resonancias están respaldadas por películas metálicas delgadas. Se pueden medir con sensores de fibra óptica basados en resonancia de plasmón de superficie.

4.- ¿Qué es una onda evanescente ?

Ondas con amplitud que decae rápidamente y sin transporte de energía. "Evanescente" significa "que tiende a desaparecer", lo cual es apropiado porque la intensidad de las ondas evanescentes decae exponencialmente (en lugar de sinusoidalmente) con la distancia desde la interfaz en la que se forman.

Clase 12 de Octubre: Nanofísica, microscopía confocal

Hola a todos, en la clase de hoy veremos el tema de las microscopias.

Microscopias

<https://www.youtube.com/watch?v=ZhjblGmLUhc>

Confocal

<https://www.youtube.com/watch?v=yaSkooz9yCc>

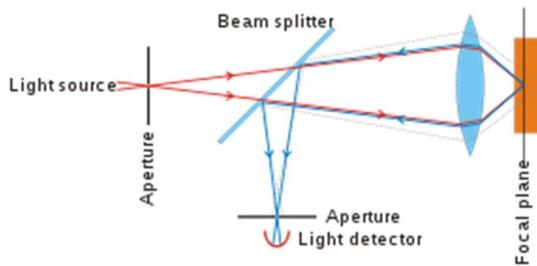
<https://www.youtube.com/watch?v=Ecp-gwqG6MM>

Básicamente debemos de investigar las siguientes;

Ballistic electron emission microscopy (BEEM)
Chemical force microscopy (CFM)
Conductive atomic force microscopy (C-AFM)
Electrochemical scanning tunneling microscopy (ECSTM)
Electrostatic force microscopy (EFM)
Fluidic force microscopy (FluidFM)
Force modulation microscopy (FMM)
Force modulation microscopy (FOSPM)
Kelvin probe force microscopy (KPFM)
Magnetic force microscopy (MFM)
Magnetic resonance force microscope (MRFM)
Near-field scanning optical microscopy (NSOM)
Photon scanning tunneling microscopy (PSTM)
Photothermal microscopy (PTMS)
Piezoresponse force microscopy (PFM)
Scanning capacitance microscopy (SCM)
Scanning electrochemical microscopy (SECM)
Scanning gate microscopy (SGM)
Scanning Hall probe microscopy (SHGM)
Scanning ion-conductance microscopy (SICM)
Scanning SQUID microscopy
Scanning spreading resistance microscopy (SSRM)
Scanning thermal microscopy (SThM)
Scanning tunneling potentiometry (STP)
Scanning voltage microscopy (SVM)
Scanning single-electron transistor microscopy (SSET)
Spin-polarized scanning tunneling microscopy (SPSM)
Synchrotron x-ray scanning tunneling microscopy (SXSTM)

Estaremos trabajando en línea.

Microscopio confocal



Principios en los que se basa la microscopía confocal.

El microscopio confocal es un microscopio que emplea una técnica óptica de imagen para incrementar el contraste y/o reconstruir imágenes tridimensionales utilizando un "pinhole" espacial (colimador de orificio delimitante) para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente en especímenes que son más gruesos que el plano focal.¹ El pinhole es una apertura localizada delante del fotomultiplicador que evita el pasaje de fluorescencia de las regiones de la muestra que no están en foco, la luz que proviene de regiones localizadas por encima o por debajo del plano focal no converge en el pinhole y no es detectada por el fotomultiplicador. Esta técnica ha ido adquiriendo cada vez mayor popularidad entre las comunidades científica e industrial. Se aplica típicamente en las ciencias biológicas y en la inspección.

Conceptos básicos

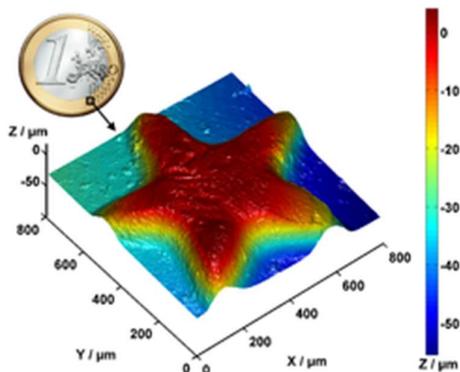
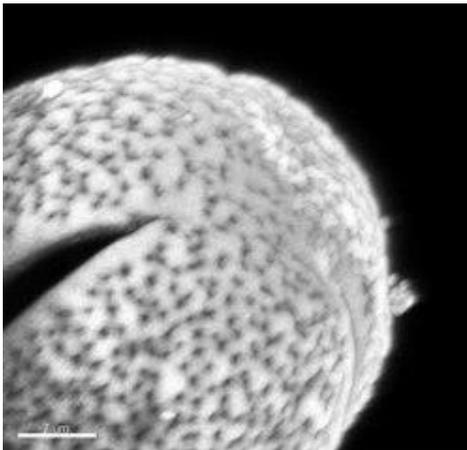


Imagen confocal de un detalle en una moneda. El tamaño del área medida es de 800 µm por 800 µm (0.8 mm por 0.8 mm), el grosor de la estrella es de aproximadamente 60 µm (0.06 mm). Los colores de la superficie fotografiada miden la altura de acuerdo con la escala que aparece en la parte derecha de la imagen.

El concepto de imagen confocal fue patentado por Marvin Minsky en 1957. En un microscopio de fluorescencia convencional (p.ej., de campo amplio), el espécimen entero está sobresaturado de luz a partir de la fuente de iluminación. Debido a la conservación de la intensidad de la luz en su recorrido, todas las partes del espécimen a lo largo de su ruta óptica serán excitadas y la fluorescencia detectada por un fotodetector o una cámara.

Por el contrario, un microscopio confocal utiliza iluminación puntual y un "pinhole" en un plano óptico conjugado en frente del detector para eliminar la información que está fuera del plano focal. Sólo la luz que está dentro de este plano puede ser detectada, de modo que la calidad de imagen es mucho mejor que las de campo amplio. Puesto que sólo se ilumina un punto cada vez en el microscopio confocal, se requiere una exploración (scanning) sobre un raster regular en el espécimen para obtener imágenes bi o tridimensionales. La delgadez del plano focal se define mayormente como el cuadrado de la apertura numérica de la lente del objetivo y también por las propiedades ópticas del espécimen y el índice de refracción del ambiente.

Tipos de confocales



Reconstrucción 3D de un Grano de polen. Se utilizó un Microscopio confocal láser de barrido LCSM.

250px--Capturing-the-Surface-Texture-and-Shape-of-Pollen-A-Comparison-of-Microscopy-Techniques-pone.0039129.s007.ogv.jpg

Existen tres tipos de microscopios confocales disponibles comercialmente: El microscopio confocal láser de barrido, el microscopio confocal de disco giratorio (disco de Nipkow) y microscopios de matriz programable,(Programmable Array Microscope, PAM).

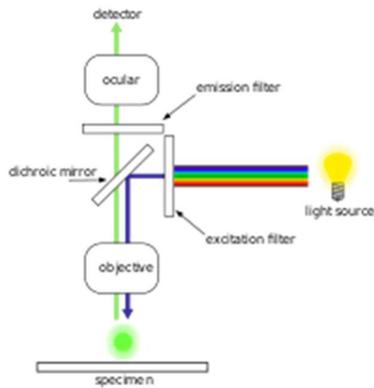
La microscopía confocal de barrido por láser produce un mayor rendimiento en la calidad de la imagen que los de disco o PAM, la tasa de frames actualmente ha sido mejorada para obtener tasas superiores a las del video (60 frames/segundo) utilizando MEMS basados en espejos de barrido.

Los microscopios confocales de disco pueden lograr velocidades compatibles con la creación de videos —un rasgo desable para observaciones dinámicas, como pueden ser las imágenes de células vivas.

Microscopio de fluorescencia

El **microscopio de fluorescencia** es una variación del microscopio de luz ultravioleta en el que los objetos son iluminados por rayos de una determinada longitud de onda. La imagen observada es el resultado de la radiación electromagnética emitida por las moléculas que han absorbido la excitación primaria y reemitido una luz con mayor longitud de onda. Para dejar pasar sólo la emisión secundaria deseada, se deben colocar filtros apropiados debajo del condensador y encima del objetivo.

La microscopía de fluorescencia se utiliza para detectar sustancias con autofluorescencia como la vitamina A o sustancias marcadas con fluorocromos. Además permite determinar la distribución de una solo especie de molécula, su cantidad y ubicación en el interior de la célula. Se pueden realizar estudios de colocalización e interacción, así como observar las concentraciones de iones y procesos intra y extracelulares como la endocitosis y exocitosis.



Estructura de un microscopio de fluorescencia.

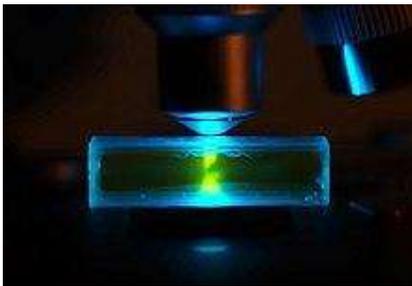
Principio de fluorescencia

La fluorescencia es uno de los fenómenos físicos más utilizados en microscopía biológica y analítica, principalmente por su alta sensibilidad y especificidad. La fluorescencia es un fenómeno de luminescencia de vida corta, y es la propiedad que tienen ciertas moléculas denominadas fluorocromos y fluoróforos.

Fluorocromos: moléculas capaces de absorber fotones y emitir fotones de menor energía (mayor longitud de onda);

Fluoróforos: parte del fluorocromo responsable de la emisión de fluorescencia.

Este fenómeno se produce cuando un electrón de un átomo absorbe toda la energía de una determinada longitud de onda de la luz, saltando a orbitales de un mayor nivel energético (estado excitado). Es una situación inestable durante la cual se emite la mayor parte de la energía que se ha absorbido (con mayor longitud de onda) y vuelve a desplazarse a su orbital.



Una muestra de esperma de arenque teñida con SYBR Green en una cubeta iluminada con luz azul en un microscopio de epifluorescencia. El SYBR Green se liga al ADN del esperma y, una vez ligado, fluoresce emitiendo luz verde cuando se lo ilumina con luz azul.

VARIABLES QUE AFECTAN LA FLUORESCENCIA

Rendimiento cuántico

Estructura

Rigidez estructural

Temperatura y disolvente

Efecto de pH

Efecto de la concentración

Disminución de fluorescencia

Photobleaching (El fotoblanqueo, más conocido por su nombre en inglés, Photobleaching es la destrucción fotoquímica de un fluoróforo. En microscopía, el fotoblanqueo puede complicar la observación de las moléculas fluorescentes, puesto que en algún momento pueden ser destruidas por la exposición de luz necesaria para estimularlos de modo que produzcan fluorescencia. Esto es especialmente problemático en la microscopía que toma imágenes a intervalos de tiempo. Sin embargo, el fotoblanqueo también se puede usar antes de aplicar moléculas fluorescentes (normalmente ligadas a anticuerpos) para eliminar la autofluorescencia. Esto puede contribuir a mejorar la razón señal/ruido. También se puede emplear el fotoblanqueo para estudiar el movimiento y/o difusión de moléculas, por ejemplo mediante las técnicas conocidas como FRAP o FLIP. La pérdida de actividad producida por el fotoblanqueo se puede controlar reduciendo la intensidad o la duración de la exposición a la luz incrementando la concentración de fluoróforos, o empleando fluoróforos más robustos que son menos proclives al blanqueo, por ejemplo, Alexa Flúor o Dylight Flúor. Grosso modo, podría decirse que una molécula dada será destruida tras una exposición constante (dependiendo del producto: $I \cdot T_e \cdot N$, siendo I =intensidad de emisión, T_e = tiempo de emisión y N = número de ciclos) debido a que, en un ambiente constante, cada ciclo de absorción-emisión tiene una probabilidad idéntica de producir el fotoblanqueo.)

Quenching

El término **quenching fluorescente** o desactivación fluorescente hace referencia a cualquier proceso que produzca una disminución en la intensidad de la fluorescencia emitida por una determinada sustancia. Una gran variedad de procesos pueden provocar una desactivación fluorescente, tales como reacciones en estado excitado, transferencia de energía, formación de complejos y quenching por colisiones moleculares. Como consecuencia, la desactivación

fluorescente es altamente dependiente de la presión y la temperatura. El oxígeno molecular y los iones yoduro y cloruro son desactivadores químicos muy frecuentemente utilizados. El ion cloruro es un muy conocido desactivador para la fluorescencia de la quinina. La desactivación de la fluorescencia representa un problema para los métodos espectroscópicos no instantáneos, tales como la fluorescencia inducida por láser. El efecto de desactivación fluorescente se utiliza para construir algunos sensores de tipo óptico; por ejemplo, el efecto de desactivación que provoca el oxígeno en ciertos complejos de rutenio permite la medición de la saturación de oxígeno de una solución. Por otra parte la desactivación de la fluorescencia es el mecanismo básico en el cual se basan los ensayos de tipo de transferencia de energía de resonancia (FRET). Los mecanismos de desactivación y activación de la fluorescencia luego de la interacción con moléculas biológicas diana es la base para el funcionamiento de los agentes de contraste para la generación de imágenes moleculares.

Aprovechando este fenómeno, se han creado los fluorocromos (también conocido como fluoroforos). Para utilizarlos necesitamos una bombilla que emita luz ultravioleta y luz visible. Para excitar el fluorocromo necesitamos un filtro de excitación que seleccione la longitud de onda que excita nuestro fluorocromo. Los más comunes son el DAPI que tiñe el núcleo de las células y el GFP.

Requerimientos para el microscopio de fluorescencia

Fuente de luz

Filtros

Objetivos

Preguntas

1.- ¿Qué significa estudiar un espectro de radiación electromagnética?

Sería justamente estudiar la distribución característica de la radiación electromagnética de los objetos, ya sea que admite o absorbe una sustancia.

2.- ¿Qué es una onda evanescente?

Es una onda estacionaria en un campo cercano con una intensidad que muestra un decaimiento exponencial con distancia desde el límite en el cual la onda se produjo.

3.- ¿Qué es un microscopio confocal?

El microscopio confocal es un microscopio que emplea una técnica óptica de imagen para incrementar el contraste y/o reconstruir imágenes tridimensionales utilizando un "pinhole" espacial (colimador de orificio delimitante) para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente en especímenes que son más gruesos que el plano focal.

4.- ¿Qué es un microscopio de fluorescencia?

Es una variación del microscopio de luz ultravioleta en el que los objetos son iluminados por rayos de una determinada longitud de onda. La imagen observada es el resultado de la radiación electromagnética emitida por las moléculas que han absorbido la excitación primaria y reemitido una luz con mayor longitud de onda. Para dejar pasar sólo la emisión secundaria deseada, se deben colocar filtros apropiados debajo del condensador y encima del objetivo.

Clase 14 de Octubre: Nanoquímica, principios

Hola a todos, la clase de hoy es sobre NANOQUÍMICA, Comenzaremos por las ideas y los principios Fundamentales.

Recordemos que al término de esta unidad debemos de Aplicar los conceptos de la química a escala nanométrica, utilizando los principios y las leyes que gobiernan la nanotecnología, para la resolución de problemas que involucran reacciones químicas, síntesis de nanomateriales, aspectos de química supramolecular y autoensamblaje, y preparación de películas mediante técnicas tradicionales.

revisar este video:

<https://www.youtube.com/watch?v=6P4AJSrVj90>

TEMAS:

- 3.1. Principios de nanoquímica: evolución e interés histórico.
- 3.2. Revisión de nanoestructuras: nanopartículas, nanotubos, nanocables, películas, estructuras 3D.
- 3.3. Métodos de caracterización de nanoestructuras: microscopias y otras herramientas.
- 3.4. Métodos de fabricación de nanoestructuras síntesis de nanopartículas: abrasión, síntesis coloidal, sol-gel, etc.

- 3.5. Nanotubos y síntesis de nanoalambres: química supramolecular.
- 3.6. Química supramolecular y autoensamblaje. Preparación de películas.
- 3.7. Técnicas tradicionales.
- 3.8. Películas nanoestructuradas: SAMs, capa por capa, Langmuir-Blodgett, entre otros.

¿QUÉ ES LA NANOCIENCIA?

Uno de los avances mas espectaculares llevados a cabo en Física e Ingeniería en años recientes es el experimentado por la nanotecnología: la habilidad de diseñar, controlar y modificar materiales a nivel cuasi-microscópico ó “**mesoscópico**”.

En física y química, la escala mesoscópica se refiere a la escala de longitud en la que se puede discutir razonablemente las propiedades de un material o fenómeno, sin tener que discutir el comportamiento de los átomos individuales. Etimológicamente del griego μέσος "en el medio, mitad" y del griego σκοπέω "investigar, observar", es aquella que se encuentra entre la escala macroscópica, del mundo que nos rodea y la escala atómica. Para sólidos y líquidos esto es típicamente unos diez nanómetros, e implica un promedio de un par de miles de átomos o moléculas. Por lo tanto, la escala mesoscópica es más o menos idéntica a la escala nanoscópica para la mayoría de los sólidos.

El meso prefijo proviene del vocablo griego mesos, que significa medio. *La escala mesoscópica se encuentra entre la escala macroscópica del mundo en que vivimos, y la escala microscópica en la que cada átomo se considera por separado resuelto.* Así, la mesoescala llena el terreno intermedio entre elementos discretos únicos y grandes colecciones estadísticas.

Por efectos prácticos, la escala mesoscópica es el tamaño en el que resulta razonable hablar de la densidad media, la carga eléctrica u otras características de un material y, cuando propiedades estadísticas como la temperatura y la entropía tienen sentido. *Debido a que ocuparse de átomos individuales puede convertirse fácilmente en una tarea matemática difícil de manejar, los científicos suelen realizar cálculos promedio de más de una estructura "a escala mesoscópica", es decir, que sustituyen a la estructura discreta de átomos con una distribución continua de masa, carga, etc, cuyos valores se toman como igual a la de un promedio de varios miles de átomos en las cercanías.* Para muchos problemas, tales promedios

mesoscópicos permiten predecir con gran precisión el comportamiento macroscópico y sus propiedades.

Con fines técnicos, la escala mesoscópica es el tamaño en la que las fluctuaciones esperadas de las propiedades promediadas debido al movimiento y el comportamiento de las partículas individuales se pueden reducir por debajo de cierto umbral conveniente (a menudo un pequeño porcentaje), y debe estar rigurosamente establecido dentro del contexto de cualquier problema en particular.

La física mesoscópica trata de los problemas físicos que ocurren al miniaturizar objetos macroscópicos.

La nanotecnología nos promete la posibilidad —largamente soñada— de influir en las propiedades de los materiales con el fin de producir materiales “inteligentes” para todo tipo de aplicaciones.

Es ahora frecuente ver en las más prestigiosas revistas científicas reportes sobre avances en diseño de microcircuitos, microestructuras artificiales y máquinas microscópicas. Ahora es posible el crecimiento sistemático y controlado de pequeñas estructuras artificiales compuestas de varias capas delgadas de materiales diferentes, algunas de unos pocos átomos de ancho mediante técnicas, tales como los “haces moleculares epitaxiales”. A escala comercial, quizás la aplicación más espectacular a la fecha es el uso de la magnetoresistencia gigante, descubierta en 1998, en las cabezas lectoras de la mayoría de los discos duros de los computadores actuales. Estos y otros avances relacionados, han provocado un explosivo interés en el tema y el término nanotecnología se ha convertido en palabra clave de muchas propuestas de investigación en ciencia de materiales e ingeniería.

ORÍGENES:

En 29 de diciembre de 1959, por ejemplo, el físico **Richard Feynman** -uno de los científicos más importantes del siglo XX- miró con determinación a su audiencia en una conferencia en el Instituto de Tecnología de California EE.UU., se aclaró la garganta y dijo: *«Hay mucho lugar allá abajo» y lanzó no uno, sino dos desafíos a los presentes en el auditorio: le daría 1.000 dólares a aquel capaz de hacer un motor más pequeño que 8 mm³ y a quien lograra escribir*

los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler, es decir, reducir unas 25.000 veces un texto.

Casi sin querer (o saberlo), este premio Nobel de física había abierto las puertas de lo desconocido. Había dado a luz un nuevo campo científico, de dominio íntimos, liliputienses, vírgenes: habían nacido las nanociencias.

NANOQUIMICA:

Nanoquímica es una rama de la nanociencia relacionada con la producción y reacciones de nanopartículas y sus compuestos. Está relacionada con las propiedades y características asociadas con ensamblajes de átomos o moléculas sobre una escala que varía de tamaño de los bloques individuales hasta las del material aglomerado.

El profesor **Geoffrey Ozin de la Universidad de Toronto** es considerado como el padre de la nanoquímica. "Su visionario artículo **"Nanochemistry - Synthesis in Diminishing Dimensions"** (*Advanced Materials*, 1992, 4, 612) estimuló a todo un nuevo campo: proponía que los principios de la química podían aplicarse a la síntesis de materiales de "abajo hacia arriba" "sobre cualquier escala de longitud" mediante los "principios de construcción de bloques jerárquicos": esto es, utilizando bloques de construcción de escala nano/molecular "programados" con información química que los auto-ensamblaría espontáneamente, de una manera controlada, en estructuras que abarcan un amplio intervalo de escalas de longitud. La nanoquímica es una de las tantas aproximaciones que la nanociencia tiene hacia el diseño, caracterización y racionalización de las propiedades y estructura de un material nanoestructurado. Esta ciencia emplea metodologías de la síntesis química y la química de materiales para obtener nanomateriales con tamaños, formas, propiedades superficiales, defectos, y propiedades auto-ensamblantes específicos, diseñados para cumplir con usos y funciones específicas.

La nanoquímica es una especialidad que se deriva de la nanotecnología y que se encarga del estudio de los grupos de moléculas o átomos aun nivel donde se toman en cuenta las interacciones de manera individual y donde los resultados cuánticos pueden ser significativos, permitiendo la formación de nuevas reacciones químicas.

Es importante resaltar el hecho de que la ciencia durante este último siglo se ha visto transformada debido a numerosas investigaciones asociadas con la nanotecnología y la nanociencia, todo esto ha permitido el surgimiento de especialidades como la nanoquímica, la cual muestra cómo se construyen materiales a través de partículas de todo lo que existe en el entorno, es decir que se refiere a una construcción átomo por átomo.

Esta rama de la nanotecnología, se encarga de investigar la estructura, síntesis, caracterización y producción de diversos nanomateriales y sus compuestos, a una escala nanométrica.

La nanoquímica representa un campo de vital importancia para la nanotecnología, ya que la mayoría de los procesos y simplificación de nuevos materiales inician, partiendo de los átomos. Muchas de las moléculas y nanopartículas de distintos elementos, suelen presentar insólitas reacciones químicas con inusuales propiedades. Estos son los fenómenos a los cuales la nanoquímica enfoca sus investigaciones.

El creador de esta extraordinaria ciencia es el químico Geoffrey Ozin, quien es catalogado como el padre de la nanoquímica, ya que a través de la publicación de varios artículos relacionados con el tema, *proponía que los fundamentos de la química, muy bien podrían ser aplicados a la síntesis de materiales “de abajo hacia arriba” sobre cualquier grado de longitud, a través de los principios de la elaboración de bloques jerárquicos. Esto consiste en emplear bloque de construcción a un grado nano/molecular, planteado con datos químicos que los auto-ensamblara de forma natural y supervisada, en estructuras que comprenden un extenso intervalo de escalas de longitud.*

La nanoquímica presenta diversas aplicaciones, sobre todo en el área industrial y de la salud.

En el área industrial se encuentran los nanopolímeros. Estos se encargan del nano recubrimiento de los materiales con el propósito de preservar o limpiar las superficies, de manera tal que se pueda proteger las características de los materiales ante la severidad del tiempo, los microorganismos, la suciedad, etc.

Las nanoesponjas, son esponjas de dimensiones nanométricas, que tienen la capacidad de succionar toxinas letales, como las de algunas arañas y serpientes.

Química supramolecular

La química supramolecular es la rama de la química que estudia las interacciones supramoleculares, esto quiere decir entre moléculas. Su estudio está inspirado por la biología y está basada en los mecanismos de la química orgánica e inorgánica sintética.

La química supramolecular estudia el reconocimiento molecular y la formación de agregados supramoleculares lo que nos da paso para comprender e interfasear el mundo biológico, los sistemas complejos y la nanotecnología. La química Supramolecular se define como:

"La química supramolecular es la química de los enlaces intermoleculares, cubriendo las estructuras y funciones de las entidades formadas por asociación de dos o más especies químicas" J-M- Lehn

"La química supramolecular se define como la química más allá de la molecular, una química de interacciones intermoleculares diseñadas" F. Vögtle

Los agregados supramoleculares que son objeto de estudio por la química supramolecular son muy diversos, pudiendo abarcar desde sistemas biológicos donde intervienen un número elevado de moléculas que se organizan espontáneamente formando estructuras más grandes, como monocapas, bicapas, micelas,⁴ complejos enzimáticos y lipoproteínas, hasta conjuntos de pocas moléculas que sufren un fenómeno de autoensamblaje molecular,⁵ como los catenanos, rotaxanos, poliedros moleculares y otras arquitecturas afines.

Bibliografía

- **The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry and Biology meet. 2nd Ed., D. Fennell Evans, H. Wennerström, Wiley-VCH, New York, 1999.**
- **Nanochemistry, G.A. Ozin, A.C. Arsenault. RSC Pub., Cambridge, 2005.**
- **Introduction to Soft Matter. I.W. Hamley, Wiley, Chichester, 2002.**
- **Concepts of Nanochemistry, L. Cademartiri, G.A. Ozin, J. Wiley & Sons, New York, 2009.**
- **Soft Machines. Nanotechnology and Life. R.A.L. Jones, Oxford Univ. Press, Oxford, 2004.**
- **Plenty of Room for Biology at the Bottom. An Introduction to Bionanotechnology. E. Gazit. Imperial College Press, London, 2007.**

- **Toward complex matter: Supramolecular chemistry, Lehn, J.-M . 2002.**
- **Dendrimers II: Architecture, Nanostructure and Supramolecular Chemistry. Vögtle, Fritz. Springer Science & Business Media. 2000**
- **Supramolecular chemistry, fundamentals and applications. Katsuhiko, Ariaga. Springer, 2009.**
- **Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives, J-M. Lehn, J. Wiley & Sons, New York, 1995.**

PREGUNTAS:

1.- ¿Qué es la Nanoquímica?

La nanoquímica es una especialidad que se deriva de la nanotecnología y que se encarga del estudio de los grupos de moléculas o átomos aun nivel donde se toman en cuenta las interacciones de manera individual y donde los resultados cuánticos pueden ser significativos, permitiendo la formación de nuevas reacciones químicas.

2.- ¿Cuál es la diferencia entre Nanociencia y Nanoquímica?

La primera abarca a la física y química en escala mesoscópica, siendo la otra una derivada de la anterior.

3.- ¿Qué estudia la química supramolecular?

La química supramolecular es la rama de la química que estudia las interacciones supramoleculares, esto quiere decir entre moléculas. Su estudio está inspirado por la biología y está basado en los mecanismos de la química orgánica e inorgánica sintética.

4.- Describe los siguientes conceptos:

a) Nanopartículas

Son partículas microscópicas con una dimensión menor a la de 100 nanómetros.

b) Nanotubos

Son nanoestructuras con una forma tubular como indica su nombre. Pueden ser de pared simple o multi-pared.

c) Nanocables

También conocidos como alambres cuánticos, es una estructura de conexión que tiene un diámetro de tamaño nanométrico.

d) Películas nanoestructuradas

Es una película resultante de la ingeniería de características a nanoescala, como dislocaciones, límites de grano, defectos o hermanamiento.

e) Estructuras 3D

Son nanoestructuras, con dimensionalidad que abarca desde 0 a 3 dimensiones; son empleadas para la modificación de estructuras y materiales.

Clase 19 de Octubre: Cinética química, femtoquímica

Hola, la clase de hoy es sobre Cinética Química

Que es la Energía

<https://www.youtube.com/watch?v=KIRLGXbtgAA> 7:10

Introducción CINÉTICA QUÍMICA (Velocidad de las reacciones)

https://www.youtube.com/watch?v=DE3_F5TVX8o 8:10

Ahmed Zewail Femtoquímica

https://www.youtube.com/watch?v=z1a0PWn_igM 9:30

La femtoquímica (en inglés: Femtochemistry) es el área de la química física que estudia las reacciones químicas en escalas de tiempo extremadamente cortas, de aproximadamente 10⁻¹⁵ segundos (un femtosegundo, de ahí el nombre). Los pasos en algunas de las reacciones se producen en esa escala de tiempo de femtosegundos — y a veces en escalas de tiempo aun menores, de attosegundos,— y pueden formarse productos intermedios. Estos productos intermedios no siempre se pueden deducir a partir de la observación de los productos de partida y los finales. La femtoquímica permite la exploración de qué reacciones químicas tienen lugar, y permite investigar por qué se producen algunas reacciones y otras no. Muchas publicaciones han discutido la posibilidad de controlar las reacciones químicas con este método, pero esto sigue siendo polémico. En 1999, Ahmed H. Zewail recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo pionero en este campo. La técnica de Zewail utiliza destellos de luz láser que duran unos pocos femtosegundos.

La cinética química es un área de la fisicoquímica que se encarga del estudio de la rapidez de reacción, cómo cambia la rapidez de reacción bajo condiciones variables y qué eventos moleculares se efectúan mediante la reacción general (difusión, ciencia de superficies,

catálisis). La cinética química es un estudio puramente empírico y experimental; el área química que permite indagar en las mecánicas de reacción se conoce como dinámica química.

Cinética de las reacciones

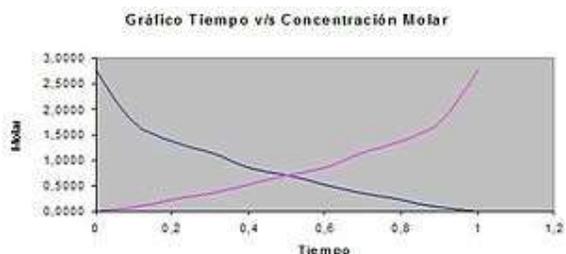
El objetivo de la cinética química es medir la rapidez de las reacciones químicas y encontrar ecuaciones que relacionen la celeridad de una reacción.

Experimentalmente la velocidad de una reacción puede ser descrita a partir de la(s) concentración(es), las especies involucradas en la reacción y una constante, sin embargo esta puede depender de numerosos factores (el solvente utilizado, el uso de catalizadores, fenómenos de transporte, material del reactor, etc.), haciendo muy complejo el proceso de determinación de velocidades de reacción.

Se puede clasificar a las reacciones en simples o complejas dependiendo del número de pasos o de estados de transición que deben producirse para describir la reacción química: si solo un paso es necesario (un estado de transición) se dice que la velocidad de reacción es simple y el orden de la reacción corresponde a la suma de coeficientes estequiométricos de la ecuación, de lo contrario se debe proponer una serie de pasos (cada uno con un estado de transición) denominado mecanismo de la reacción que corresponda a la velocidad de reacción encontrada.

Las reacciones también se pueden clasificar cinéticamente en homogéneas y heterogéneas: la primera ocurre en una fase y la segunda en más de una fase. La reacción heterogénea depende del área de una superficie ya sea la de las paredes del vaso o de un catalizador sólido. En este capítulo se discuten reacciones homogéneas.

Véanse también: teoría de las colisiones y Constante de velocidad.



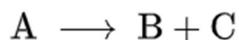
Velocidad de reacción

La velocidad de reacción está conformada por la velocidad de formación y la velocidad de descomposición. Esta velocidad no es constante y depende de varios factores, como la

concentración de los reactivos, la presencia de un catalizador, la temperatura de reacción y el estado físico de los reactivos.

Uno de los factores más importantes es la concentración de los reactivos. Cuanto más partículas existan en un volumen, más colisiones hay entre las partículas por unidad de tiempo. Al principio, cuando la concentración de reactivos es mayor, también es mayor la probabilidad de que se den colisiones entre las moléculas, y la velocidad es mayor. A medida que la reacción avanza, al ir disminuyendo la concentración de los reactivos, disminuye la probabilidad de colisión y con ella la velocidad de la reacción. La medida de la rapidez de reacción implica la medida de la concentración de uno de los reactivos o productos a lo largo del tiempo, esto es, para medir la velocidad de una reacción necesitamos medir, bien la cantidad de reactivo que desaparece por unidad de tiempo, o bien la cantidad de producto que aparece por unidad de tiempo. La velocidad de reacción se mide en unidades de concentración/tiempo, esto es, en (mol/L)/s, es decir, mol/(L·s).

Para una reacción de la forma:



la ley de la velocidad de formación es la siguiente:

$$v_r = -\frac{dc_A}{dt}$$

v_r es la velocidad de la reacción, $(-dc_A)$ la disminución de la concentración del reactivo **A** en un tiempo dt . Esta velocidad es la velocidad media de la reacción, pues todas las moléculas necesitan tiempos distintos para reaccionar.

La velocidad de aparición del producto es igual a la velocidad de desaparición del reactivo. De este modo, la ley de la velocidad se puede escribir de la siguiente forma:

$$v_r = -\frac{dc_A}{dt} = \frac{dc_B}{dt} = \frac{dc_C}{dt}$$

Este modelo necesita otras simplificaciones con respecto a:

- la actividad química, es decir, la "concentración efectiva"
- la cantidad de los reactivos en proporción a la cantidad de los productos y del disolvente
- la temperatura
- la energía de colisión
- presencia de catalizadores

la presión parcial de gases

Orden de reacción

Para cada reacción se puede formular una ecuación, la cual describe cuantas partículas del reactivo reaccionan entre ellas, para formar una cantidad de partículas del producto.

Para una reacción de la forma:



esto significa, que dos partículas **A** colisionan con una partícula **B**, una partícula **C** y una partícula **D** para formar el producto **E**.

Sin embargo, la probabilidad de que cinco partículas colisionen al mismo tiempo y con energía suficiente, es escasa.

Más probable es que dos o tres partículas colisionen y formen un **producto intermedio**, este producto intermedio colisiona con las demás partículas y forma otros productos intermedios hasta formar el producto E, aquí un ejemplo:



La descomposición de la reacción principal en llamadas reacciones elementales y el análisis de estas nos muestra exactamente como ocurre esta reacción.

Por medio de métodos experimentales o por premisas se puede determinar la dependencia de la rapidez de las reacciones elementales con las concentraciones de los componentes **A**, **B**, **C** y **D**.

El **orden de reacción** está definido como el orden en que las partículas de los diferentes reactivos colisionan para producir un producto. Adicionalmente, el **orden total de reacción** es la suma de los exponentes de las concentraciones en la ley de la velocidad de la reacción, pues el orden depende del reactivo que se analice. El orden de las reacciones se determina experimentalmente.

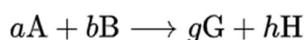
Ejemplo :

Suponiendo que la velocidad de reacción de la primera reacción elemental tiene una dependencia cuadrática con la concentración del reactivo A , esto significa que esta reacción es de segundo orden con respecto al reactivo A . El orden total de esta reacción es también segundo, pues no hay otros reactivos.

Suponiendo que la velocidad de reacción de la segunda reacción elemental tenga una dependencia lineal con la concentración del reactivo A_2 , lineal con la concentración del reactivo B y ninguna dependencia con C . Entonces es la reacción de primer orden en relación a A_2 , de primer orden en relación a B y de cero orden en relación al componente C . El orden total es segundo.

Suponiendo que la velocidad de reacción de la tercera reacción elemental tenga una dependencia lineal con la concentración de A_2BC , pero ninguna con la concentración de D , entonces es la reacción de primer orden en relación a A_2BC y de orden cero en relación a D . El orden total de la reacción es primero.

Para una reacción hipotética de la forma:



La velocidad de reacción se define como la siguiente expresión en caso de que sea una reacción simple molecular, como la del caso anterior:

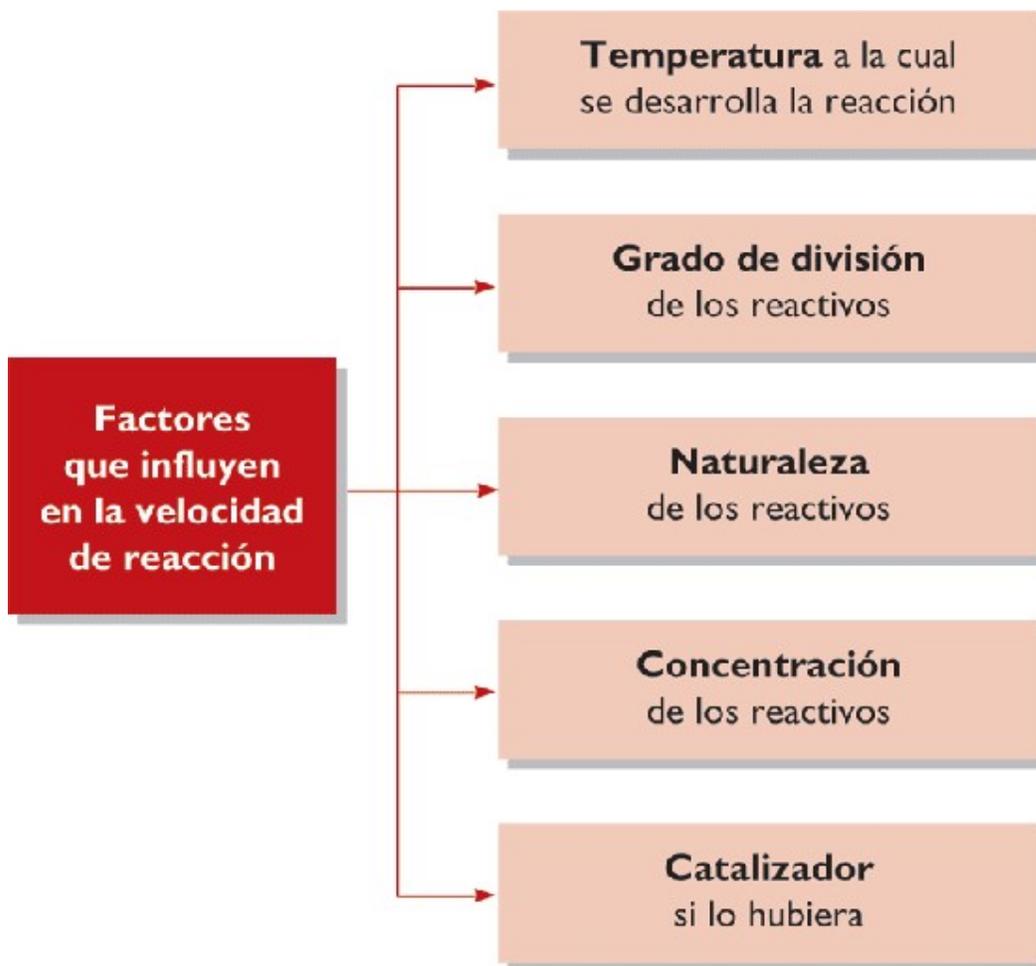
$$v = k[A]^\alpha [B]^\beta$$

las concentraciones de reactivos están elevados a su correspondiente coeficiente cinético sólo en el caso en el que la reacción sea elemental. Donde los corchetes denotan la concentración de cada una de las especies; v denota la velocidad de reacción y k es la constante cinética. La velocidad de las reacciones químicas abarca escalas de tiempo muy amplias. Por ejemplo, una explosión puede ocurrir en menos de un segundo; la cocción de un alimento puede tardar minutos u horas.

Factores que afectan a la velocidad de las reacciones

Existen varios factores que afectan la velocidad de una reacción química: la concentración de los reactivos, la temperatura, la existencia de catalizadores y la superficie de contactos tanto de

los reactivos como del catalizador. Los catalizadores pueden aumentar o disminuir la velocidad de reacción.



Temperatura

Por norma general, la velocidad de reacción aumenta con la temperatura porque al aumentarla incrementa la energía cinética de las moléculas. Con mayor energía cinética, las moléculas se mueven más rápido y chocan con más frecuencia y con más energía. El comportamiento de la

constante de velocidad o coeficiente cinético frente a la temperatura = $\ln[A] \left(\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$

esta ecuación linealizada es muy útil y puede ser descrito a través de la ecuación de Arrhenius:

$$K = Ae^{(-E_a/RT)}$$

donde:

K es la constante de la rapidez

A es el factor de frecuencia

E_a es la energía de activación necesaria

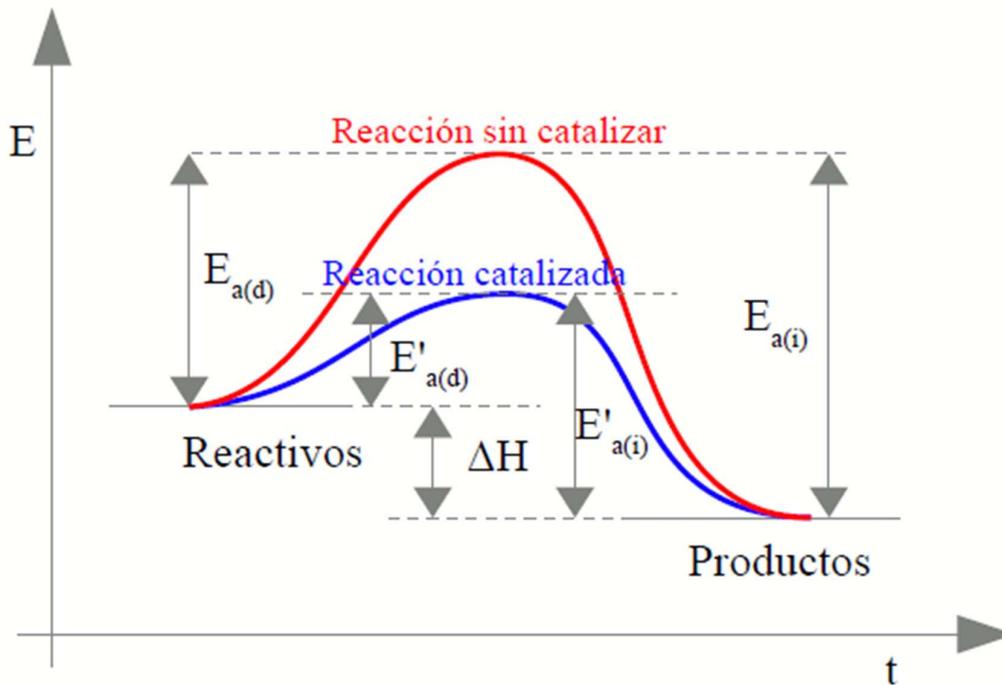
T es la temperatura

Al linealizarla se obtiene que el **logaritmo neperiano** de la constante de rapidez es

inversamente proporcional a la temperatura, como sigue: $\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right)$ la hora de calcular la energía de activación experimentalmente, ya que la pendiente de la recta obtenida al graficar la

mencionada ley es: $-\frac{E_a}{R}$, haciendo un simple despeje se obtiene fácilmente esta energía de activación, tomando en cuenta que el valor de la constante universal de los gases es 1.987 cal/K mol. Para un buen número de reacciones químicas la rapidez se duplica aproximadamente cada diez grados centígrados..

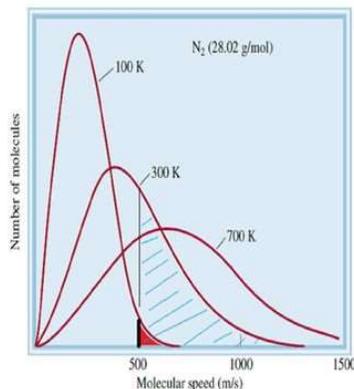
La energía cinética



CINÉTICA QUÍMICA

□ Efecto de la temperatura en la energía cinética

- Al aumentar la temperatura la proporción de partículas que poseen suficiente energía cinética para alcanzar la energía de activación aumenta
- Al aumentar la temperatura la velocidad media de las partículas aumenta y habrá un mayor número de partículas con mayor valor de energía cinética
- La distribución de Maxwell-Boltzmann se hace más plana y ancha a una temperatura mayor
- En general, podemos considerar que un aumento de la temperatura en 10°C duplica la velocidad de reacción



Estado físico de los reactivos

Si en una reacción interactúan reactivos en distintas fases, su área de contacto es menor y su rapidez también es menor. En cambio, si el área de contacto es mayor, la rapidez es mayor.

Al encontrarse los reactivos en distintas fases aparecen nuevos factores cinéticos a analizar. La parte de la reacción química, es decir, hay que estudiar la rapidez de transporte, pues en la mayoría de los casos estas son mucho más lentas que la rapidez intrínseca de la reacción y son las etapas de transporte las que determinan la cinética del proceso.

No cabe duda de que un mayor área de contacto reduce la resistencia al transporte, pero también son muy importantes la difusividad del reactivo en el medio, y su solubilidad, dado que este es el límite de la concentración del reactivo, y viene determinada por el equilibrio entre las fases.

Presencia de un catalizador

Los catalizadores aumentan o disminuyen la rapidez de una reacción sin transformarse. Suelen empeorar la selectividad del proceso, aumentando la obtención de productos no deseados. La forma de acción de los mismos es modificando el mecanismo de reacción, usando pasos elementales con mayor o menor energía de activación.

Existen catalizadores homogéneos, que se encuentran en la misma fase que los reactivos (por ejemplo, el hierro III en la descomposición del peróxido de hidrógeno) y catalizadores heterogéneos, que se encuentran en distinta fase (por ejemplo la malla de platino en las reacciones de hidrogenación).

Los catalizadores también pueden retardar reacciones, no solo acelerarlas, en este caso se suelen conocer como retardantes o inhibidores, los cuales impiden la producción.

Los catalizadores no modifican la entalpía, la entropía o la energía libre de Gibbs de los reactivos. Ya que esto únicamente depende de los reactivos. Positivo: acelera la velocidad
Negativo: disminuye la velocidad.

Concentración de los reactivos

La mayoría de las reacciones son más rápidas en presencia de un catalizador y cuanto más concentrados se encuentren los reactivos, habrá mayor frecuencia de colisión.

Si los reactivos están en disolución o son gases encerrados en un recipiente, cuanto mayor sea su concentración, más alta será la velocidad de la reacción en la que participen, ya que, al haber más partículas en el mismo espacio, aumentará el número de colisiones.

El ataque que los ácidos realizan sobre algunos metales con desprendimiento de hidrógeno es un buen ejemplo, ya que este ataque es mucho más violento cuanto mayor es la concentración del ácido.

La obtención de una ecuación que pueda emplearse para predecir la dependencia de la rapidez de reacción con las concentraciones de reactivos es uno de los objetivos básicos de la cinética química. Esa ecuación, que es determinada de forma empírica, recibe el nombre de **ecuación de velocidad**.

De este modo, si consideramos de nuevo la reacción hipotética, la rapidez de reacción "v" puede expresarse como $v = k[A]^m[I]^n$.

Los términos entre corchetes son las molaridades de los reactivos y los exponentes m y n son coeficientes que, salvo en el caso de una etapa elemental no tienen por qué estar relacionados con el coeficiente estequiométrico de cada uno de los reactivos. Los valores de estos exponentes se conocen como **orden de reacción**.

Hay casos en que la velocidad de reacción no es función de la concentración, en estos casos la cinética de la reacción está condicionada por otros factores del sistema como por ejemplo la

radiación solar, o la superficie específica disponible en una reacción gas-sólido catalítica, donde el exceso de reactivo gas hace que siempre estén ocupados todos los centros activos del catalizador.

Presión

En una reacción química, si existe una mayor presión en el sistema, ésta va a variar la energía cinética de las moléculas. Entonces, si existe una mayor presión, la energía cinética de las partículas va a aumentar y la reacción se va a volver más rápida; al igual que en los gases, que al aumentar su presión aumenta también el movimiento de sus partículas y, por tanto, la rapidez de reacción es mayor. Esto es válido solamente en aquellas reacciones químicas cuyos reactantes sean afectados de manera importante por la presión, como los gases. En reacciones cuyos reactantes sean sólidos o líquidos, los efectos de la presión son ínfimos.

Luz

La luz es una forma de energía. Algunas reacciones, al ser iluminadas, se producen más rápidamente, como ocurre en el caso de la reacción entre el cloro y el hidrógeno. En general, la luz arranca electrones de algunos átomos formando iones, con lo que aumenta considerablemente la rapidez de reacción.

Energía de activación

En 1888, el químico sueco Svante Arrhenius sugirió que las moléculas deben poseer una cantidad mínima de energía para reaccionar. Esa energía proviene de la energía cinética de las moléculas que colisionan. La energía cinética sirve para originar las reacciones, pero si las moléculas se mueven muy lento, las moléculas solo rebotarán al chocar con otras moléculas y la reacción no sucede.

Para que reaccionen las moléculas, éstas deben tener una energía cinética total que sea igual o mayor que cierto valor mínimo de energía llamado **energía de activación** (E_a). Una colisión con energía E_a o mayor, consigue que los átomos de las moléculas alcancen el estado de transición. Pero para que se lleve a cabo la reacción es necesario también que las moléculas estén orientadas correctamente.

La *constante de la rapidez de una reacción* (k) depende también de la temperatura ya que la energía cinética depende de ella. La relación entre k y la temperatura está dada por la *ecuación de Arrhenius*:

$$k = Ae^{(-E_a/RT)}$$

o, también, expresada en forma de logaritmos neperianos:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Donde A es el *factor de frecuencia de la materia prima con la presión*.

PREGUNTAS

1.- ¿Qué es Cinética Química?

Es un área de la fisicoquímica que se encarga del estudio de la rapidez de reacción, cómo cambia la rapidez de reacción bajo condiciones variables y qué eventos moleculares se efectúan mediante la reacción general (difusión, ciencia de superficies, catálisis).

2.- ¿Qué es Femtoquímica?

Es el área de la química física que estudia las reacciones químicas en escalas de tiempo extremadamente cortas, de aproximadamente 10–15 segundos (un femtosegundo, de ahí el nombre). La femtoquímica permite la exploración de qué reacciones químicas tienen lugar, y permite investigar por qué se producen algunas reacciones y otras no.

3.- ¿Qué significa Energía de una reacción?

La energía iónica, también llamada ionización, es la energía obtenida de la separación entre un electrón y un átomo.

4.- Describe la energía de Activación:

Para que reaccionen las moléculas, éstas deben tener una energía cinética total que sea igual o mayor que cierto valor mínimo de energía. Esto consigue que los átomos de las moléculas alcancen el estado de transición. Pero para que se lleve a cabo la reacción es necesario también que las moléculas estén orientadas correctamente.

5.- ¿Qué significa molaridad?

La molaridad o concentración molar es el número de moles de soluto por litro de solución, lo cual se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Molaridad} = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{L de solución}}$$

6.- Describe la ecuación de Arrhenius:

La constante de la rapidez de una reacción (k) depende también de la temperatura ya que la energía cinética depende de ella. La relación entre k y la temperatura está dada por la ecuación de Arrhenius:

$$k = Ae^{(-E_a/RT)}$$

Clase 21 de Octubre: Química supramolecular

Hola a tod@s, la clase de hoy es de Química Supramolecular y Cristalografía.

Revisar este video de mas de una hora:

[J-M Lehn: Perspectives in Chemistry - From Supramolecular Chemistry towards Adaptive Chemistry](https://www.youtube.com/watch?v=jGDYUKCNOdk)

<https://www.youtube.com/watch?v=jGDYUKCNOdk>

Estaremos trabajando en linea

Química supramolecular

La química supramolecular es la rama de la química que estudia las interacciones supramoleculares, esto quiere decir entre moléculas. Su estudio está inspirado por la biología y está basada en los mecanismos de la química orgánica e inorgánica sintética.

La química supramolecular estudia el reconocimiento molecular y la formación de agregados supramoleculares lo que nos da paso para comprender e interfasear el mundo biológico, los sistemas complejos y la nanotecnología. La química Supramolecular se define como:

"La química supramolecular es la química de los enlaces intermoleculares, cubriendo las estructuras y funciones de las entidades formadas por asociación de dos o más especies químicas" J-M- Lehn

"La química supramolecular se define como la química más allá de la molecular, una química de interacciones intermoleculares diseñadas" F. Vögtle.

Los agregados supramoleculares que son objeto de estudio por la química supramolecular son muy diversos, pudiendo abarcar desde sistemas biológicos donde intervienen un número elevado de moléculas que se organizan espontáneamente formando estructuras más grandes, como monocapas, bicapas, micelas, complejos enzimáticos y lipoproteínas, hasta conjuntos de pocas moléculas que sufren un fenómeno de autoensamblaje molecular, como los catenanos, rotaxanos, poliedros moleculares y otras arquitecturas afines.

Historia

El concepto de química supramolecular fue definido por primera vez en 1978 por el Premio Nobel Jean-Marie Lehn, que la define como “la química de los enlaces intermoleculares” pero antes se realizaron diversos trabajos que llevaron al desarrollo de la química supramolecular a como la conocemos hoy día.

En 1810 Humphry Davy demuestra que el cloro es un elemento químico y le da ese nombre debido a su color amarillo verdoso. En 1823 los estudios en cloro continúan y Michael Faraday diseña la fórmula de los hidratos de cloro. En 1891 los científicos Villiers y Hebd desarrollan una investigación donde descubren las ciclodextrinas, las cuales son consideradas como moléculas anfitrionas; estos conceptos dieron paso a las contribuciones más importantes como la que realiza Alfred Werner en 1893 introduciendo el término de química de coordinación, concepto básico para entender la química supramolecular.

En 1894 el premio Nobel Hermann Emil Fischer desarrolló las raíces filosóficas de la química supramolecular, sugirió que las interacciones enzima-sustrato se asemejan a una interacción "cerradura-llave", principio fundamental del reconocimiento molecular y la química hospedador-huésped (del inglés *host-guest*) . A principios del siglo XX los enlaces no covalentes se entendieron con más detalle, como el enlace de hidrógeno que describieron Latimer y Rodebush en 1920.

El uso de estos principios condujo a una mayor comprensión de la estructura de las proteínas y otros procesos biológicos. Por ejemplo, el importante avance que permitió la elucidación de la estructura de doble hélice del ADN se produjo cuando se vio que hay dos cadenas distintas de nucleótidos conectadas a través de enlaces de hidrógeno. El uso de enlaces no covalentes es esencial para la replicación, ya que permiten que las hebras se separen y se utilizan para nueva plantilla de ADN de doble cadena. Al mismo tiempo, los químicos empezaron a reconocer y estudiar estructuras sintéticas sobre la base de interacciones no covalentes, tales como micelas y microemulsiones.

Con el tiempo, los químicos fueron capaces de tomar estos conceptos y aplicarlos a los sistemas sintéticos. El avance se produjo en la década de 1960 con la síntesis de los éteres corona por Charles J. Pedersen. A raíz de este trabajo, otros investigadores como Donald James Cram, Jean-Marie Lehn y Fritz Vögtle continuaron trabajando con esta química a lo largo de la década de 1980, lo que les permitió ganar el Premio Nobel de Química en 1987.

Bottom-Up

Los sistemas supramoleculares funcionan particularmente debido al arreglo de sus componentes usando moléculas como bloques básicos, del mismo modo se pueden crear moléculas independientes con diferentes especies de átomos para crear moléculas complejas de las cuales se usaran para crear un sistema con propiedades sobre la base de las de la moléculas.

Las únicas alternativas que se han encontrado para crear sistemas complejos son por medios bottom-up el cual ofrece una gran diversidad de métodos de los cuales se siguen investigando para crear nano estructuras de las cuales no se podrían comprender si usamos medios top-bottom debido a la dificultad de la manipulación a esa escala.

Las fuentes de las cuales podemos asegurarnos de que la aproximación bottom-up es confiable se encuentran principalmente en sistemas biológicas o que se originan en la naturaleza. Estos sistemas no utilizan interacciones covalentes por lo que sus costos de entropía de formación son prácticamente nulos al ser la mayoría de las interacciones reversibles, la forma de crear nano estructuras sintéticas imitando sistemas biológicos para que puedan reconocer componentes de moléculas es los objetivos que se quieren alcanzar con la aproximación bottom-up.

Reconocimiento Molecular

El reconocimiento molecular explica las uniones que se desarrollan de manera específica en una molécula hacia su receptor molecular. Las moléculas que logran un reconocimiento eficiente y selectivo se llaman moléculas anfitrión (host) las cuales pueden ser compuesto cíclicos llamados macrocilos que tienen cavidades de tamaños específicos en su interior, útiles para albergar a otras moléculas más pequeñas definidas como huéspedes (huest)⁶

Este reconocimiento molecular está relacionado con los procesos catalíticos ya sea mediante el uso de catalizadores sintéticos o naturales como las enzimas que formaran compuestos supramoleculares en conjunto con el sustrato a través de tres pasos esenciales que son:

Reconocimiento molecular entre catalizador y sustrato para formar un complejo, se define la selectividad del catalizador.

La velocidad de reacción se acelera mientras que la energía de activación disminuye con el fin de estabilizar la reacción y definir el estado de transición.

Regeneración del catalizador con la liberación del productor dando inicio a un nuevo ciclo, donde la velocidad definirá el número de ciclos catalíticos a realizar por unida de tiempo.

Un concepto que explica de manera concreta el reconocimiento molecular es el modelo de llave-cerradura propuesto en 1884 por el bioquímico alemán E.Fisher

Auto ensamblaje.

Algunos de los sistemas biológicos que utilizan el autoensamblaje más conocidos es la replicación del ADN en una estructura con doble hélices unida por puentes de hidrógeno donde las interacciones están hechas por 4 moléculas que se unen 2 a 2: Guanina (G) con Citosina (C) formando 3 puentes de hidrógeno y Adenina (A) con Tiamina (T) formando 2 puentes de hidrógeno, creando las interacciones de unión entre las 2 hélices de ADN.

En esta estructura solo depende de la afinidad de las moléculas para que se creen los puentes de hidrógeno siendo nada efectivo las diferentes combinación entre las moléculas para que se unan como lo hacen con la combinación convencional. Los errores que podrían ocurrir en la formación de la estructura del ADN son altamente nulos ya que la entropía de formación impide que las moléculas se acomoden en combinaciones equivocadas, por lo que nos proporcionaría una modalidad mucho más eficiente, óptima y rápida para crear sistemas nano estructurados en el futuro para que no existan costos por error en su fabricación.

Metalosupramolecular

Los compuestos de coordinación son usados en la química inorgánica para poder crear estructuras compuestas de una parte orgánica con algún ion o metal el cual queden a fines sus propiedades para crear nano estructuras, estos sistemas dependen de los factores en los cuales son sintetizados ya que al varias sus dimensiones general grandes cambios en la forma en la cual van a interactuar con moléculas que se les este dispuestas a cambiar.

Estas estructuras son generalmente polígonos en dos dimensiones donde el tamaño y el Ángulo en donde los ligantes hace conexión con otras estructuras que harán al sistema óptimo para las moléculas que tengan afinidad con esta, de esta forma la selectividad tendrá un espectro específico con posibles especies que estén en su entorno.

Rejillas

Involucran una serie de componentes paralelos en una orientación ortogonal en otra serie de iones metálicos ligandos en una sección cruzada creando una red conforme se le va agregando más iones a las rejillas.

Entropía de formación

Los costos de entropía se toman en consideración a la hora de crear nano estructuras para su arreglo y agregación adecuado y no sean inestables del cual dependen sus grados de libertad y se pueden estimar de diferentes formas en diferentes tipos de agregación.

Entropía de traslación

La magnitud de la entropía de traslación refleja la posibilidad de diferentes arreglos en una molécula en un espacio determinado pero en entornos líquidos donde igual se puede aplicar para gases, sin embargo al ser un gas su entropía será mucho mayor a la de un líquido por lo que se dificulta más la predicción de la entropía de formación en dichas estructuras en modelación computacional.

Entropía rotacional

Se define la densidad molecular de una molécula como su masa molecular en KG/molécula dividida por su volumen en compuestos orgánicos compuestos principalmente de carbón, nitrógeno y oxígeno dadas en estructuras esféricas en solución, la agregación de otros componentes dependerá de la inercia en la cual la molécula girara en una solución.

Entropía vibracional

La frecuencia de las vibraciones a las que se puede someter una molécula puede tener efectos en el momento de agregar otras moléculas, algunas de ellas necesitan de vibraciones para poder agregarse correctamente en los sitios adecuados de otras, es por eso que las altas frecuencias aumentaran la entropía y en algunos casos puede ser favorable para la vinculación o agregación, por otro lado las bajas frecuencias igual favorecerán sistemas que necesiten de una vibración tenue.

Interacciones Supramoleculares

Fuerzas de las interacciones no covalentes

Las interacciones supramoleculares nos sirven para entender como es que las especies se mantiene unidas mediante una variedad de interacciones no covalentes donde su fuerza va de 2-300 kJmol⁻¹. Las interacciones no covalentes utilizadas para la formación de sistemas supramoleculares son:

Iónicas

Ión-Ión: Esta interacción se presenta cuando dos especies con cargas opuestas están en contacto, por lo que no presentan dependencia de la direccionalidad. Un aspecto que afecta la estabilidad de la interacción es la fuerza iónica del medio, la cual puede ser analizada empleando la ecuación de DebyeHückel. Para el desarrollo de estas interacción se suele utilizar disolventes con constantes dieléctricas bajas como el cloroformo, acetonitrilo o diclorometano y evitar el agua en el medio ya es altamente competitivo.

ión-dipolo: Estas interacciones se establecen entre una especie neutra y otra que estará cargada por lo que mostraran dependencia a la orientación del dipolo de tal manera que cuando la molécula orienta su dipolo hacia la especie cargada resulta una fuerza de enlace de alrededor de 5-200 kJmol⁻¹

En la química Supramolecular existen sistemas que explican esta interacción como los complejos formados por éteres corona con diferentes derivados de amonio, donde la interacción se establecerá entre los oxígenos del éter y el hidrógeno del huésped que estará cargado positivamente y la complejación de los anfitriones con metales alcalinos y alcalinos-térreos. También se ha observado al formación de rotaxanos a través de ciclodextrinas utilizadas como macrocilos y como ejes los cationes bipyridino.

Dipolares

Dipolo-dipolo: Existen dos tipos de interacciones dipolo-dipolo, una es cuando las dos moléculas adyacentes alinean sus dipolos donde solo es necesario que solo una de las moléculas se oriente adecuadamente, el otro tipo es cuando simultáneamente ambas moléculas se alinean sus dos momentos dipolares, en este caso se es dependiente de la direccionalidad. Los sistemas que más frecuentemente se detectan como formadores de estas interacciones son neutros polares y por lo regular son los que presentan grupos carbonilo, nitro y aminas, como por ejemplo C=O/C=O, C=O/CN,

De Van Der Waals

Dentro de estas interacciones existen tres tipos de asociaciones entre dipolos, las cuales surgen a partir de las fluctuaciones de la distribución de electrones entre dos especies que se encuentran cercanas; estas interacciones van a mostrar dependencia a la polarización de las moléculas, siendo las más polarizables las que forman las interacciones fuertes.

La interacción de Keersom es cuando las moléculas se encuentran interactuando a ciertas distancias poseen dipolos permanentes por lo que se alinean a esos dipolos de manera atractiva, por otro lado cuando una molécula con un dipolo permanente induce un dipolo en otra cercana se conocen como interacción de Debye y por último la interacción entre dos moléculas no polares pero polarizables es conocida como interacción de London. En la química supramolecular, más específicamente en sistemas anfitrión-huésped, estas interacciones juegan roles importantes.

Interacciones π - π de apilamiento

Representación de Puente de Hidrógeno

La química supramolecular se basa en los comportamientos biológicos para imitarlos y desarrollar técnicas de reacción. Los enlaces π - π son de gran importancia pues pueden observarse en el apilamiento de proteínas y la estructura del ADN.

puente de hidrógeno

Esta interacción ocurre entre especies donadoras parcialmente negativas con otrasceptoras de protones y un hidrógeno localizado entre ellas. Se considera que los puentes de hidrógenos con geometría lineal son más fuertes por lo que el requisito de direccionalidad lo hace selectivo al momento de formar complejos por lo que dentro de la química Supramolecular se considera la interacción que será responsable de un ensamble organizado y estable pero es difícil hacerlo en un sistema acuoso dado que el agua es un excelente donador y aceptor de puentes de hidrógeno.

Cristalografía

La cristalografía es la ciencia que estudia los cristales. La mayoría de los minerales, compuestos orgánicos y numerosos materiales, adoptan estructuras cristalinas cuando se han producido las condiciones favorables. Originalmente el estudio de la cristalografía incluía el estudio del crecimiento y la geometría externa de estos cristales, pasando posteriormente al estudio de su estructura interna y de su composición química. Los estudios de la estructura interna se apoyan fuertemente en el análisis de los patrones de difracción que surgen de una muestra cristalina al irradiarla con un haz de rayos X, neutrones o electrones. La estructura cristalina también se puede estudiar por medio de microscopía electrónica. Uno de sus objetivos es conocer la posición relativa de los átomos, iones y moléculas que los constituyen y sus patrones de repetición o empaquetamiento, es decir, su estructura tridimensional.

La disposición de los átomos en un cristal se puede conocer por difracción de rayos X, de neutrones o electrones. La química cristalográfica estudia la relación entre la composición química, la disposición de los átomos y las fuerzas de enlace entre estos. Esta relación determina propiedades físicas y químicas de los minerales.

Cuando las condiciones son favorables, cada elemento o compuesto químico tiende a cristalizarse en una forma definida y característica. Así, la sal común tiende a formar cristales cúbicos, mientras que el granate, que a veces forma también cubos, se encuentra con más frecuencia en dodecaedro triaquisoctaedros. A pesar de sus diferentes formas de cristalización, la sal y el granate cristalizan siempre en la misma clase y sistema.

En teoría son posibles treinta y dos clases cristalinas, pero solo una docena incluye prácticamente a todos los minerales comunes y algunas clases nunca se han observado. Estas treinta y dos clases se agrupan en seis sistemas cristalinos, caracterizados por la longitud y posición de sus ejes. Los minerales de cada sistema comparten algunas características de simetría y forma cristalina, así como muchas propiedades ópticas importantes.

La cristalografía es una técnica importante en varias disciplinas científicas, como la química, física y biología y tiene numerosas aplicaciones prácticas en medicina, mineralogía y desarrollo de nuevos materiales. Por su papel en «hacer frente a desafíos como las enfermedades y los problemas ambientales», la UNESCO declaró el 2014 como el Año Internacional de la Cristalografía.

El primer uso del término cristalografía relativo al estudio de los cristales se debe al médico y yatroquímico suizo Moritz Anton Cappeller (1685-1769), que lo utilizó en 1723 en su obra *Prodromus crystallographiae de crystallis improprie sic dictis commentarium*.

Teoría

Un material cristalino es aquel en el que los átomos se estructuran en redes basadas en la repetición tridimensional de sus componentes. La estructura repetitiva se denomina celda unitaria. Los cristales se clasifican según las propiedades de simetría de la celda unitaria. Estas propiedades de simetría también se manifiestan en ocasiones en simetrías macroscópicas de los cristales, como formas geométricas o planos de fractura. El estudio de la cristalografía requiere un cierto conocimiento del grupo de simetría.

Elementos de simetría

Las celdas fundamentales de un cristal presentan elementos de simetría, que son:

Eje de simetría: es una línea imaginaria que pasa a través del cristal, alrededor de la cual, al realizar este un giro completo, repite dos o más veces el mismo aspecto. Los ejes pueden ser: monarios, si giran el motivo una vez (360°); binarios, si lo giran dos veces (180°); ternarios, si lo giran tres veces (120°); cuaternarios, si lo giran cuatro veces (90°); o senarios, si giran el motivo seis veces (60°).

Plano de simetría: es un plano imaginario que divide el cristal en dos mitades simétricas especulares, como el reflejo en un espejo, dentro de la celda. Puede haber múltiples planos de simetría. Se representa con la letra *m*.

Centro de simetría: es un punto dentro de la celda que, al unirlo con cualquiera de la superficie, repite al otro lado del centro y a la misma distancia un punto similar.

Sistemas cristalinos: todas las redes cristalinas, al igual que los cristales, que son una consecuencia de las redes, presentan elementos de simetría. Si se clasifican los 230 grupos espaciales según los elementos de simetría que poseen, se obtienen 32 clases de simetría (cada una de las cuales reúne todas las formas cristalinas que poseen los mismos elementos de simetría) es decir, regular o cúbico, tetragonal, hexagonal, romboédrico, rómbico, monoclinico y triclinico.

Tipos de hábito cristalino

El hábito es el aspecto externo del cristal, los distintos tipos de hábito dependen de la estructura del mineral y de las condiciones externas en las que se forman, son:

Hábito cristalino: es el aspecto que presenta un cristal como consecuencia del diferente desarrollo de sus caras.

Hábito acicular: cristales con gran desarrollo de caras verticales. Tienen aspecto de agujas.

Hábito hojoso: cristales con aspecto de hojas por el gran desarrollo de las caras horizontales.

Formas cristalográficas

Es el conjunto de caras iguales que están relacionadas por su simetría:

Una sola cara: pedión

Dos caras:

Pinacoide: iguales y paralelas relacionadas por un plano o eje binario.

Domo: no paralelas que se relacionan por un plano.

Esfenoide: no paralelas relacionadas por un eje binario.

Prismas, pirámides, bpirámides, trapezoedros, escalenoedros.

Clases cristalinas.

Las posibles agrupaciones de los elementos de simetría en los cristales son solamente treinta y dos, que, a su vez, se reagrupan en los denominados siete sistemas cristalinos (cúbico, tetragonal, hexagonal, trigonal o romboédrico, ortorrómbico, monoclinico y triclinico).

Propiedades

Sistema triclinico ($a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$): no posee ninguna simetría mínima.

Sistema monoclinico ($a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta > 90^\circ$): Presenta como simetría mínima un eje de rotación binario o un eje de inversión binario (=plano de simetría)

Sistema ortorrómbico ($a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$): Como mínimo posee tres ejes binarios perpendiculares entre sí.

Sistema tetragonal ($a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$): posee como característica fundamental un eje de rotación cuaternario o un eje de inversión cuaternario.

Sistema hexagonal ($a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$): su característica fundamental es la presencia de un eje de rotación senario o un eje de inversión senario (eje ternario + plano de simetría perpendicular). Para mayor precisión, generalmente se introduce un cuarto eje i , coplanario con a y b , que forma un ángulo de 120° con cada uno de ellos, así la cruz axial será ($a = b = i \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$).

Índices de Miller hexagonales: como se trabaja con un cuarto índice, que se sitúa en el plano $a_1 a_2$ y a 120° de cada uno de estos ejes, los planos hexagonales se van a representar por cuatro índices $(hkil)$. El valor de i se determina como $-(h+k)$.

Sistema romboédrico o trigonal ($a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma\neq 90^\circ$): su característica común es la presencia de un eje de rotación ternario o un eje de inversión ternario (eje ternario + centro de simetría).

Sistema cúbico ($a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$): posee como característica fundamental cuatro ejes de rotación ternarios inclinados a $109,47^\circ$.

Métodos

Los métodos cristalográficos se apoyan fuertemente en el análisis de los patrones de difracción que surgen de una muestra cristalina al irradiarla con un haz de rayos X, neutrones o electrones.

La estructura cristalina también puede ser estudiada por medio de microscopía electrónica.

La cristalografía en biología

La cristalografía asistida por rayos X es el principal método de obtención de información estructural en el estudio de proteínas y otras macromoléculas orgánicas (como la doble hélice de ADN, cuya forma se identificó en patrones de difracción de rayos X). El análisis de moléculas tan complejas y, muy especialmente, con poca simetría requiere un análisis muy complejo utilizándose ordenadores para ajustar el patrón de difracción a las posibles estructuras. El Banco de Datos de Proteínas (PDB) contiene información estructural de proteínas y otras macromoléculas biológicas.

La cristalografía en ingeniería de materiales

Las propiedades de los materiales cristalinos dependen en gran medida de su estructura cristalina. Los materiales de ingeniería son por lo general materiales policristalinos. Así como las propiedades del monocristal están dadas por las características de los átomos del material, las propiedades de los policristales son determinadas por las características y la orientación espacial de los cristales que lo componen.

La técnica de difracción de rayos X permite estudiar la estructura del monocristal mediante la identificación de los planos difractantes según la ley de Bragg, lo cual es útil para la determinación de fases. Además, los métodos cristalográficos permiten estudiar también la distribución de orientaciones cristalográficas en un material, conocida también como textura cristalográfica.

PREGUNTAS

1.- ¿Qué es un cristal?

En física del estado sólido y química, un cristal es un sólido que presenta un patrón de difracción no difuso y bien definido. Es decir, que consiste en materia que se forma a partir de una disposición ordenada de átomos, moléculas o iones. La red que se forma se extiende en tres dimensiones.

2.- ¿Qué es la Química Supramolecular?

La química supramolecular es la rama de la química que estudia las interacciones supramoleculares, esto quiere decir entre moléculas. Su estudio está inspirado por la biología y está basada en los mecanismos de la química orgánica e inorgánica sintética.

3.- ¿Cuántos sistemas cristalinos existen y cuáles son?

Aproximadamente son siete y son los siguientes:

Cúbico o isométrico

Tetragonal

Hexagonal

Trigonal

Ortorrómico

Monoclínico

Triclínico

Clase 26 de Octubre: Síntesis de nanopartículas, abrasión, síntesis coloidal, sol-gel

Hola a todos, la clase de hoy es continuación de nanoquímica y es sobre.

revisar estos dos videos:

microscopio

<https://www.youtube.com/watch?v=J8hE0kTSJ0s>

vidrio

<https://www.youtube.com/watch?v=ukvzb8I6PRw>

3.4. Métodos de fabricación de nanoestructuras síntesis de nanopartículas: abrasión, síntesis coloidal, sol-gel, etc.

3.5. Nanotubos y síntesis de nanoalambres: química supramolecular.

3.6. Química supramolecular y autoensamblaje. Preparación de películas.

3.7. Técnicas tradicionales.

Estaremos trabajando en línea

Nanoabrasión:

Se denomina abrasión (*del lat. **abradere**, "raer"*) a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

Sol-gel:

En ciencias de los materiales, el proceso sol-gel es un método de producción de materiales sólidos a partir de moléculas pequeñas. Este método es usado para la fabricación de óxidos metálicos, especialmente de silicio y titanio. El proceso implica la conversión de monómeros

en una solución coloidal (sol) que actúa como precursor de una red integrada (o gel) de partículas discretas o polímeros reticulados. Los precursores típicos son alcóxidos.

Etapas del proceso

En este proceso químico, el "sol" (o solución) gradualmente evoluciona hasta formar un sistema difásico parecido a un gel, que contiene una fase líquida y otra sólida, cuya morfología oscila desde partículas discretas hasta redes poliméricas continuas. En el caso de un coloide, la fracción de volumen de las partículas (o densidad de partículas) puede ser tan baja que una cantidad significativa de fluido debe ser retirada al inicio para que las propiedades del gel puedan reconocerse. Esto se puede lograr de distintas formas. El método más sencillo es esperar a que el líquido sedimente para luego vaciarlo. El proceso separación de fases puede acelerarse mediante centrifugación.

La supresión del líquido restante (solvente) requiere de un proceso de secado; el cual típicamente va acompañado de un proceso de contracción y densificación. El ritmo mediante el cual el solvente puede ser removido está fundamentalmente determinado por la porosidad del gel. La microestructura del componente final estará fuertemente influenciada por cualquier cambio de la plantilla estructural durante esta fase del proceso.

Después, un tratamiento térmico o de cocción, es normalmente requerido para crear mayor policondensación, mejorar características mecánicas y estabilidad estructural. Con esto lograremos sinterización, densificación y por lo tanto aumento de tamaño del grano. Una de las ventajas del uso de este método, a diferencia de otros más tradicionales, es que la densificación normalmente es alcanzada a temperaturas mucho más bajas.

El sol precursor puede ser depositado en un sustrato para formar una película (por ejemplo, mediante recubrimiento por inmersión o por centrifugación); vaciarse en un contenedor con la forma deseada (por ejemplo, para obtener cerámicas monolíticas, cristales, fibras, membranas, aerogeles...); o usada para crear polvos (microesferas, nanoesferas) El enfoque sol-gel es una técnica fría y barata que permite mantener un preciso control de la composición final del producto. Incluso pequeñas cantidades de dopantes, como colorantes orgánicos y tierras raras, pueden insertarse en el sol y al final quedar uniformemente disperso en el producto final. Puede usarse en procesamiento y manufactura de cerámicas como un material de fundición de precisión o como una manera de producir películas muy delgadas de óxidos metálicos. Los materiales derivados de este proceso tienen diversas aplicaciones en campos

como la óptica, electrónica, en la industria espacial, biosensores, medicina (por ejemplo en la liberación controlada de fármacos) y tecnologías de separación de materiales (como la cromatografía).

El interés en este procedimiento puede ser rastreado desde la mitad del siglo XIX, cuando científicos observaron que la hidrólisis del ortosilicado de tetraetilo bajo condiciones ácidas producía dióxido de silicio en forma de fibras y monolitos. El estudio de este procedimiento adquirió tal relevancia que para la década de 1990 se habían publicado más de 35000 artículos científicos a nivel mundial sobre el tema.

Partículas y polímeros

El término coloide es usado principalmente para describir una amplia gama de mezclas sólidas-líquidas, las cuales contienen distintas partículas sólidas (y/o líquidas) que se encuentran dispersas en varios niveles en un medio líquido. El término es claro respecto al tamaño de las partículas individuales, las cuales tienen dimensiones mayores a las atómicas pero son lo suficientemente pequeñas para manifestar el efecto browniano. Si las partículas son lo suficientemente grandes, su comportamiento dinámico en un período de tiempo dado en suspensión viene definido por las fuerzas de la gravedad y sedimentación. Pero si son lo bastante pequeñas para ser coloides, su movimiento irregular en suspensión puede ser atribuido a bombardeo colectivo de un sinfín de moléculas agitadas en el medio líquido, como lo estableció originalmente Einstein en 1905. **Einstein concluyó que este comportamiento errático puede ser descrito usando la teoría del efecto browniano, siendo la sedimentación un resultado posible a largo plazo. Este rango de tamaño crítico (o diámetro de la partícula) usualmente va desde decenas de angstroms (10⁻¹⁰ m) hasta unos pocos micrómetros (10⁻⁶ m)**

Bajo ciertas condiciones químicas (específicamente en *soles catalizados* por bases), las partículas pueden crecer hasta alcanzar el tamaño adecuado para ser coloides, los cuales son afectados tanto por la sedimentación como por la gravedad. Suspensiones estables de esas partículas sub-micrométricas pueden resultar en autoensamblaje de las mismas, produciendo estructuras altamente ordenadas, evocando la estructura del prototipo de un cristal coloidal: el ópalo.

Bajo ciertas condiciones químicas (específicamente en soles catalizados por ácidos) las fuerzas existentes entre las partículas tienen suficiente fuerza para causar acumulación y floculación antes de su crecimiento. La formación de una red continua más abierta de polímeros de baja densidad presenta ciertas ventajas respecto a las propiedades físicas en la formación de cristales de gran dureza y componentes cerámicos/cristalinos en dos y tres dimensiones.

En cualquier caso (partículas discretas o redes poliméricas continuas), el sol evoluciona luego hacia la formación de una red inorgánica que contiene una fase líquida (gel). La formación de un óxido metálico implica conectar los centros metálicos con ligandos coordinantes como lo son los complejos oxo (M-O-M) o hidroxilo (M-OH-M), para luego generar polímeros de la forma metal-oxígeno o metal-hidróxido en solución.

En ambos casos (partículas discretas o redes poliméricas continuas), el proceso de secado ayuda a remover la fase líquida del gel, generando un cristal amorfo y micro-poroso o una cerámica microcristalina. Posteriormente un tratamiento térmico (cocción) debe ser realizado a fin de favorecer la policondensación y mejorar las propiedades mecánicas.

Con la viscosidad de un sol ajustada en un rango adecuado, es posible la extracción de fibra de vidrio y fibra de cerámica, las cuales son usadas para crear sensores de fibra óptica y aislantes térmicos, respectivamente. Además, ciertos polvos cerámicos pueden formarse por precipitación.

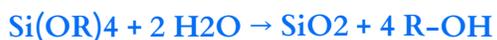
Polimerización

Un alcóxido bien conocido es el tetraetóxido de silicio u ortosilicato de tetraetilo (TEOS por sus siglas en inglés). La fórmula química del TEOS es $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ó $\text{Si}(\text{OR})_4$ donde el **R** corresponde al grupo alquilo C_2H_5 .

Los alcóxidos son precursores químicos ideales para la síntesis sol.gel porque reaccionan fácilmente con el agua. Esta reacción es llamada hidrólisis, porque un ión hidroxilo se une al átomo de silicio, como se muestra a continuación:



Dependiendo de la cantidad de agua y de catalizador presente, la hidrólisis puede llevar a la creación de dióxido de silicio:



A menudo la hidrólisis requiere una gran cantidad de agua y/o un catalizador como ácido acético o ácido clorhídrico. Compuestos intermediarios en la reacción, tales como [(OR)₂-Si(OH)₂] ó [(OR)₃-Si(OH)] pueden surgir como productos de reacciones hidrolíticas parciales. De dos monómeros parcialmente hidrolizados unidos por un siloxano, pueden resultar intermediarios al principio de la reacción:



ó



Por definición, la condensación libera pequeñas moléculas, como agua o alcoholes. Este tipo de reacción puede continuar creando moléculas de silicio más y más grandes por el proceso de polimerización. En consecuencia, un polímero es una gran molécula (o macromolécula) formada a partir de cientos o miles de unidades llamadas monómeros. El número de enlaces que un monómero es capaz de formar es llamado su funcionalidad. La polimerización del alcóxido de silicio, por ejemplo, puede llevar a una compleja ramificación del polímero, esto ya que un monómero completamente hidrolizado, (Si(OH)₄, por ejemplo) es tetrafuncional (puede crear enlaces en cuatro direcciones distintas). Alternativamente, bajo ciertas condiciones (por ejemplo, baja concentración de agua) 4 o menos de los ligandos (grupos OR u OH) podrán condensar, por lo tanto, ocurrirá menor derivación. Los mecanismos de hidrólisis y condensación, y los factores que influyen en la formación de estructuras lineales o ramificadas son los puntos más críticos del estudio del proceso de gelización. Esta reacción ocurre en medios tanto básicos como ácidos.

Preguntas

1.- Describe que es una síntesis de nanopartículas:

Cómo lo indica su nombre, son diversos procesos empleados por los expertos en las áreas de nanociencias y nanotecnologías, para la obtención de partículas a nivel nanoscópico.

2.- ¿Qué entiendes por abrasión?

Ocurre cuando los sedimentos de partículas en movimiento erosionan la superficie de las rocas expuestas. Básicamente, es la acción de quitar o arrancar algo mediante fricción, a través de la erosión.

3.- Describe en qué consiste la síntesis coloidal:

Consiste en la disolución de sal de un precursor metálico, un reductor y un estabilizante dispersante. Es un método para sintetizar nanocristales, incluidos semiconductores y metales. Consiste en disolver una sal del precursor a preparar, un reductor y un estabilizante en una fase continua o dispersante (un líquido). Este último puede jugar el papel de reductor, de estabilizante o ambos.

4.- Describir detalladamente el proceso de sol-gel:

En este proceso químico, el "sol" (o solución) gradualmente evoluciona hasta parecer gel. El método más sencillo es esperar a que el líquido sedimente para luego vaciarlo. El proceso separación de fases puede acelerarse mediante centrifugación.

La supresión del líquido restante (solvente) requiere de un proceso de secado; el cual típicamente va acompañado de un proceso de contracción y densificación.

Después, un tratamiento térmico o de cocción, es normalmente requerido para crear mayor policondensación, mejorar características mecánicas y estabilidad estructural. Con esto se logra sintetizar, densificar y por lo tanto aumentar el tamaño del grano.

5.- ¿Qué es la Polimerización?

Es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional.

Clase 28 de Octubre: Autoensamblaje. Película de Langmuir-Blodgett

Hola, la clase de hoy es sobre: Química supramolecular y autoensamblaje; Preparación de películas.

mediante técnicas tradicionales. Película de Langmuir-Blodgett

Revisar estos videos:

Langmuir Blodgett Films and AFM - Park Systems Webinar series

<https://www.youtube.com/watch?v=RUDFOp0FTHo> 55:50

Monocapa Langmuir Blodgett

<https://www.youtube.com/watch?v=TIslVKenvo0> 14:25

Estaremos trabajando en línea para sus dudas o comentarios

Química supramolecular

La **química supramolecular** es la rama de la química que estudia las interacciones supramoleculares, esto quiere decir entre moléculas. Su estudio está inspirado por la biología y está basada en los mecanismos de la química orgánica e inorgánica sintética.

La química supramolecular estudia el reconocimiento molecular y la formación de agregados supramoleculares lo que nos da paso para comprender e interfasear el mundo biológico, los sistemas complejos y la nanotecnología. La química Supramolecular se define como:

"La química supramolecular es la química de los enlaces intermoleculares, cubriendo las estructuras y funciones de las entidades formadas por asociación de dos o más especies químicas" J-M- Lehn

"La química supramolecular se define como la química más allá de la molecular, una química de interacciones intermoleculares diseñadas" F. Vögtle

Los agregados supramoleculares que son objeto de estudio por la química supramolecular son muy diversos, pudiendo abarcar desde sistemas biológicos donde intervienen un número elevado de moléculas que se organizan espontáneamente formando estructuras más grandes,³ como monocapas, bicapas, micelas,⁴ complejos enzimáticos y lipoproteínas, hasta conjuntos de pocas moléculas que sufren un fenómeno de autoensamblaje molecular,⁵ como los catenanos, rotaxanos, poliedros moleculares y otras arquitecturas afines.

Película de Langmuir-Blodgett

Una **película de Langmuir-Blodgett** contiene una o más monocapas de un material orgánico, depositados en la superficie de un líquido sobre un sólido por inmersión del sustrato sólido sobre el líquido. Una monocapa se adsorbe homogéneamente con cada inmersión o paso de fuga, por lo tanto se pueden obtener películas con un espesor muy preciso.

Las moléculas orgánicas forman monocapas que se adsorben en la superficie de un líquido. Cuando las moléculas tienen cierta solubilidad, las películas que se forman en la superficie se denominan monocapas de Gibbs y en ellas existe un equilibrio dinámico entre la molécula disuelta y la molécula en la superficie. Las monocapas que se forman a partir de moléculas insolubles se denominan monocapas de Langmuir. La capa de moléculas sobre la superficie del líquido es denominada monocapa de Langmuir, y después de la transferencia, es llamada *película de Langmuir-Blodgett*.

Historia

Desde la edad antigua se tenía una idea básica del comportamiento que generaba la interacción entre agua y aceite, sin embargo no fue hasta 1774 que Benjamin Franklin reportó a la Real

Sociedad Inglesa su experimento el cual consistía en verter una cucharada de aceite de oliva en un estanque lleno de agua, lo cual formaba una capa de aceite sobre el agua.

Aproximadamente un siglo después Lord Rayleigh introdujo la idea de que la máxima extensión de una película de aceite sobre agua, representa una capa de una molécula de ancho, utilizando los experimentos de Franklin calculó que el ancho de la capa formada en el estanque era menor a 2 nm. Simultáneamente la alemana Agnes Pockels desarrolló una balanza que determinaba la contaminación superficial del agua en función del área superficial para diferentes aceites. Con la ayuda de Lord Rayleigh, Pockels publicó sus resultados en Nature en el año de 1891.

Esto abrió el camino para las investigaciones que realizaría Irving Langmuir entre los años 1910 y 1920. El trabajo de Langmuir consistía en el estudio sistemático de la formación de monocapas flotantes de ácidos grasos, esterés y alcoholes sobre agua. A principios de 1920 Langmuir reportó la transferencia homogénea de monocapas de ácidos grasos hacia sustratos sólidos. No obstante la primera descripción detallada de la transferencia secuencial de monocapas fue dada años después por la asistente y colaboradora de Langmuir, Katherine Blodgett, debido a sus contribuciones estas monocapas ensambladas son conocidas como películas de Langmuir-Blodgett. Gracias a estas investigaciones en 1932 Langmuir fue galardonado con el Premio Nobel de Química.

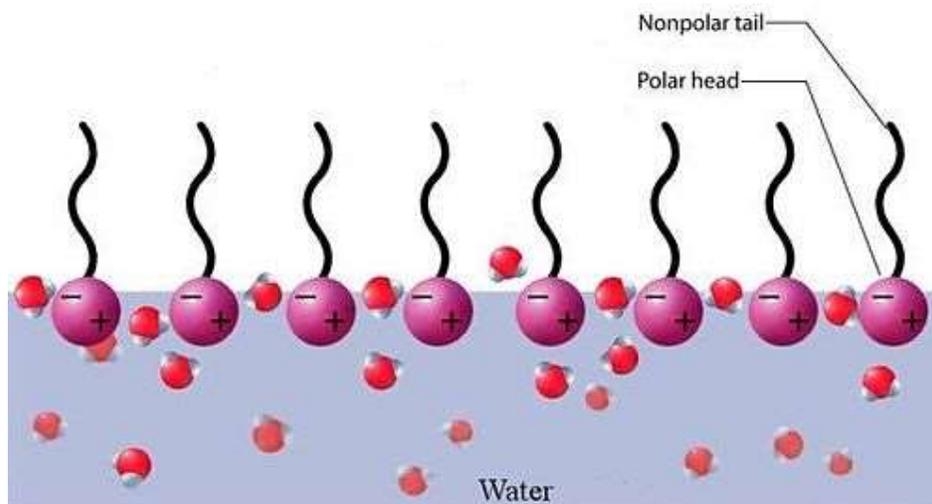
El impacto que tuvieron estas investigaciones se observó casi medio siglo después. La primera conferencia internacional sobre las películas de Langmuir-Blodgett fue realizada en 1979, a partir de esto, esta técnica fue ampliamente utilizada por diversos científicos en diferentes campos de investigación. Actualmente la producción de películas ultradelgadas por medio de esta técnica ha comenzado a tener mayores aplicaciones en más áreas. A pesar de esto, estas películas son utilizadas mayoritariamente como modelos de ciertos sistemas, por ejemplo la investigación de biomembrana y revestimientos con multicapas.

Características

Las sustancias que normalmente se utilizan para construir monocapas poseen un extremo polar y una larga cadena hidrofóbica. Estas moléculas se dispersan sobre un líquido (subfase o sustrato) que normalmente será agua o una disolución acuosa.

- Para la formación de monocapas hay que partir de una disolución muy diluida de la molécula anfifílica en un disolvente orgánico.
- Es importante que la solubilidad en el agua tanto del disolvente orgánico como de la molécula, sean despreciables.
- La volatilidad del disolvente debe ser elevada y la del soluto despreciable.
- El coeficiente de extensión del líquido orgánico sobre el agua debe ser positivo.
- Al evaporarse el disolvente, tras un periodo razonable de tiempo después de la dispersión, lo que queda sobre la superficie es la monocapa de la molécula orgánica sobre el líquido. Esta monocapa se comprime con la ayuda de una barrera móvil.
- La naturaleza de la monocapa que permanece sobre el líquido después de que se haya evaporado el disolvente depende del área de la que puede disponer cada molécula. Si la cantidad de material es tal que la molécula puede extenderse formando una película monomolecular, se habla de monocapa. Si la cantidad de molécula es menor se obtiene una sub-monocapa, y si es mayor se obtiene una multicapa. Cuando la cantidad de molécula es muy grande se puede obtener un sólido 3-D sobre la superficie del agua.
- La monocapa de adsorción disminuirá la tensión superficial (γ) del agua y la presión superficial (π) será la diferencia entre γ_0 que representa la tensión superficial del agua pura (sin la monocapa) y γ que simboliza la tensión superficial del agua recubierta de molécula:

$$\pi = \gamma_0 - \gamma.$$



Esquema de las moléculas surfactantes dispuestas en una interfase aire-agua

Deposición de películas

La deposición de los filmes se logra por la inmersión sucesiva de un sustrato sólido a través de la monocapa. De esta manera se pueden producir estructuras multicapas con cientos de capas. Estas estructuras multicapa son comúnmente denominadas Langmuir-Blodgett o simplemente películas LB.

La deposición de LB se lleva a cabo tradicionalmente en la fase "sólida". La presión superficial es lo suficientemente alta para garantizar la cohesión en la monocapa, por ejemplo, la atracción entre las moléculas en la monocapa es lo suficientemente alta para que la monocapa no se deshaga durante la transferencia al sustrato sólido.

Esto también asegura la acumulación de multicapas homogéneas. El valor de la presión en la superficie que da los mejores resultados depende de la naturaleza de la monocapa y por lo general se establece empíricamente. Sin embargo, rara vez se depositan con éxito a presiones superficiales menores que 10 mN/m. Por otra parte a presiones de superficie por encima de 40 mN/m se plantean problemas de rigidez en la película.

Tipo de arreglos de moléculas en filmes multicapas, en el tipo Y se depositan en ambas direcciones, en el tipo Z se depositan ascendentemente y en el X de forma descendente

Cuando el sustrato sólido es hidrófilico la primera capa se deposita elevando el sustrato sólido desde la subfase a través de la monocapa. De manera inversa, cuando el sustrato sólido es hidrofóbico se deposita la primera capa sumergiendo el sustrato en la subfase a través de la monocapa.

La naturaleza de la película LB está determinada por diversos parámetros. Algunos de estos parámetros son: la naturaleza de la película de propagación, la composición de la subfase y la temperatura, la presión superficial durante la deposición y su velocidad, el tipo y la naturaleza del sustrato sólido y el tiempo que el sustrato sólido se mantiene en el aire o en la subfase entre los ciclos de deposición.¹

La cantidad y la calidad de la monocapa depositada sobre el soporte sólido se mide comparando la disminución de la superficie de la monocapa durante la deposición y el área del sustrato. Dependiendo del comportamiento de la molécula, el sustrato sólido puede ser sumergido a través de la película repetidas veces hasta que se alcanza el espesor deseado de la película.

Diferentes tipos de filmes LB multicapas pueden ser producidos y/u obtenidos por la deposición sucesiva de monocapas sobre el mismo sustrato. El tipo de filme multicapa más común es el tipo Y, que se produce cuando las monocapas se depositan al sustrato sólido tanto en la dirección ascendente y como en la descendente. Cuando las monocapa se depositan solo en una dirección, la estructura resultante es tipo Z en el caso ascendente o X cuando es descendente.

Aplicaciones

Las principales características que generan un mayor interés en las películas de Langmuir-Blodgett son el control preciso que se tiene para crear películas de hasta unos cuantos nanómetros de ancho, el alto grado de orden estructural que se puede obtener y la capacidad de autoensamble. Gracias a esto se pueden crear materiales con distintas propiedades ópticas, eléctricas o biológicas, lo cual ha encontrado utilidad en diversas aplicaciones en distintas áreas, tal es el caso de:

- Creación de estructuras mesoscópicas las cuales son compatibles con biomateriales como ADN, proteínas y polisacáridos . Al ser creadas mediante la técnica de LB, estas son autoensambladas y forman patrones determinados que dependen del sustrato, la tensión superficial y la velocidad de transferencia. Así mismo estas estructuras han sido utilizadas para la síntesis de nanopartículas, se ha reportado la creación de nanocristales de CdSe, Au y ciertos semiconductores.
- La separación de mezclas de gases como H₂/CO₂ o CO₂/N₂ mediante la creación de películas de polielectrolitos, estas deben tener un ancho menor a los 100 nm y estar libre de defectos estructurales. Se reporta que el cloruro poliadialildimetilamonio (PDADMAC) y el sulfonato de poliestireno (PSS) tienen alta selectividad hacia la separación de CO₂/N₂.
- Síntesis de alambres moleculares, diodos de tunelamiento resonante y memorias moleculares, elementos básicos en el desarrollo de la electrónica molecular.
- Soportes para tintes basados en compuestos azoicos, los cuales tienen gran aplicación en el área de la fotónica. La mayoría de los discos DVD y CD-R usan un azoderivado como la capa en donde se graba la información.
- En dispositivos como transistores se han utilizado las películas LB como aislantes orgánicos formando sistemas MIS (Metal-Aislante-Semiconductor), la calidad de estos dispositivos es medida por medio de las capacitancias generadas.

- Generación de membranas biológicas a partir de la técnica LB, estas membranas son puestas a prueba para ver la reacción química que llevan a cabo cuando interactúan con determinados fármacos. En general sirven para el estudio de sistemas biológicos.
- Formación de guías de onda con películas LB de ácidos grasos, éstas permiten controlar con gran precisión el índice de refracción.
- Diseño de estructuras supramoleculares.

Preguntas

1.- ¿Qué es una película de Langmuir-Blodgett?

Contiene una o más monocapas de un material orgánico, depositados en la superficie de un líquido sobre un sólido por inmersión del sustrato sólido sobre el líquido.

2.- ¿Qué son las interacciones supramoleculares y cómo se clasifican?

Sirven para entender cómo es que las especies se mantienen unidas mediante una variedad de interacciones no covalentes donde su fuerza va de 2-300 kJmol⁻¹.

Se clasifican como:

Iónicas

Dipolares

De Van Der Waals

De apilamiento

Puente de hidrógeno

3.- ¿Qué es la entropía?

El grado de equilibrio de un sistema termodinámico o su tendencia al desorden, es decir, su variación.

Clase 4 de Noviembre: Nanotubos, nanocables, películas nanoestructuradas

Hola a todos, la clase de hoy es sobre Nanoquímica, Nanotubos, películas nanoestructuradas.

Revisión de nanoestructuras: nanopartículas, nanotubos, nanocables, películas, estructuras 3D.

Estaremos trabajando en línea

[Revisaremos este video](#)

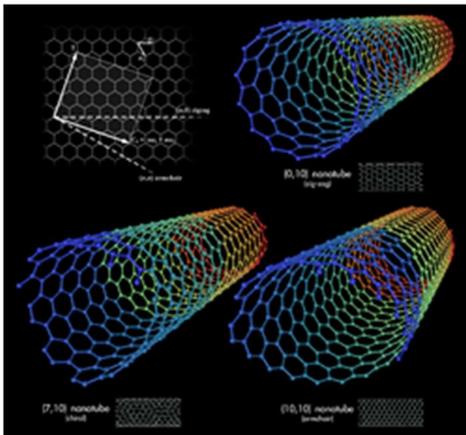
Películas nanoestructuradas de TiO₂ para la inactivación fotocatalítica de diversos patógenos

<https://www.youtube.com/watch?v=NhLkzuf3QOY>

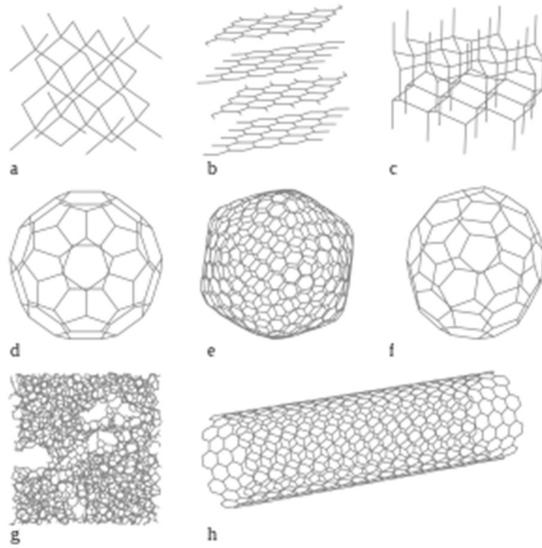
Nanopartículas metálicas: Colores y aplicaciones - Ciclo online de Divulgación Nano

<https://www.youtube.com/watch?v=6uQpb1NqoTU>

Nanotubos



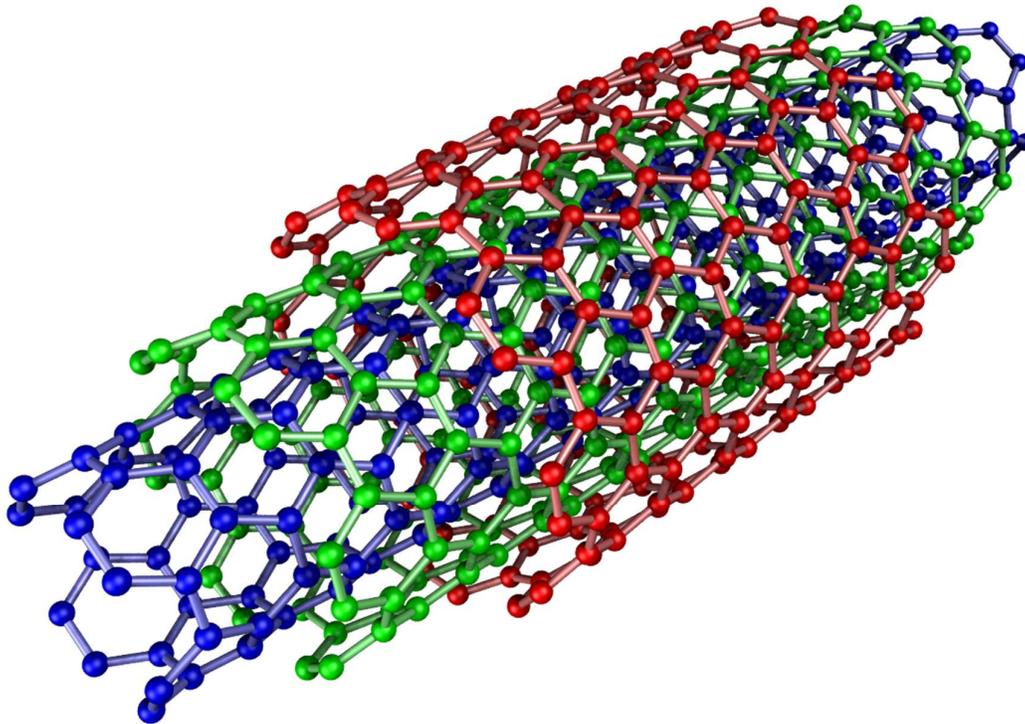
Nanotubos de carbono (zig-zag, quiral y sillón).



Representación de las estructuras de las diversas formas alotrópicas del carbono. a: diamante, b: grafito, c: diamante hexagonal, d: fulereno C60, e: fulereno C540, f: fulereno C70, g: carbono amorfo, y finalmente, h: nanotubo

Representación esquemática de un nanotubo de carbono

En química, **se denominan nanotubos a estructuras tubulares (cilíndricas), cuyo diámetro es del tamaño del nanómetro.** Existen nanotubos de muchos materiales, tales como silicio o nitruro de boro pero, generalmente, el término se aplica a los nanotubos de carbono. Los nanotubos tienen propiedades inusuales, que son valiosas para la nanotecnología, Dependiendo del grado de enrollamiento, y la manera como se conforma la lámina original, el resultado puede llevar a nanotubos de distinto diámetro y geometría interna. Estos están conformados como si los extremos de un folio se uniesen por sus extremos formando el susodicho tubo, se denominan nanotubos monocapa o de pared simple. Existen, también, nanotubos cuya estructura se asemeja a la de una serie de tubos concéntricos, incluidos unos dentro de otros, a modo de muñecas matrioskas, lógicamente, de diámetros crecientes desde el centro a la periferia. Estos son los nanotubos multicapa. Se conocen derivados en los que el tubo está cerrado por media esfera de fullereno, y otros que no están cerrados. Están siendo estudiados activamente, como los fullerenos, por su interés fundamental para la química y por sus aplicaciones tecnológicas. Es, por ejemplo, el primer material conocido por la humanidad capaz, en teoría, de sustentar indefinidamente su propio peso suspendido sobre nuestro planeta. Teóricamente permitiría construir un ascensor espacial, debido a que para ello se necesita un material con una tensión de rotura de 100 GPa y se calcula que los nanotubos de carbono tienen una fuerza tensil de 200 GPa.



Nanotubos de carbono de sillón de triple-pared

Tipos de nano tubos

De pared simple (SWNT)

La mayoría de los nanotubos de una sola pared (SWNT) tienen un diámetro de cerca de 1 nanómetro, y pueden ser muchos millones de veces más largos. La estructura de un SWNT se puede conceptualizar como el envolvimiento de una capa de grafito un átomo de espesor de grafito llamado grafeno, en un cilindro transparente. La forma de envolver la hoja de grafeno está representada por un par de índices (n,m) . Los números enteros n y m indican el número de vectores de unidad a lo largo de dos direcciones en el panel de red cristalina del grafeno. Si $m = 0$, los nanotubos se llaman nanotubos zigzag, y si $n = m$, los nanotubos se llaman nanotubos de sillón. Si es al contrario, se les llama quirales. Un SWNT, al que no se le procure un soporte adicional, puede tener un diámetro comprendido entre 0.43 y 6 nanómetros y una longitud variable de hasta varios micrómetros.

De pared múltiple (MWNT)

Los nanotubos de pared múltiple (MWNT) constan de varias capas laminadas (tubos concéntricos) de grafeno. Hay dos modelos que pueden ser utilizados para describir las estructuras de nanotubos de paredes múltiples. En el modelo de la muñeca rusa, las láminas de grafito están dispuestas en cilindros concéntricos, por ejemplo, un nanotubo (0,8) de una sola pared (SWNT) dentro de un nanotubo más grande (0,17) de una sola pared. En el modelo de pergamino, una sola hoja de grafito se enrolla en torno a sí mismo, se asemeja a un rollo de pergamino o a un periódico enrollado. La distancia entre capas de nanotubos de pared múltiple está cercana a la distancia entre las capas de grafeno en el grafito, aproximadamente 3,4 Å. La estructura de la muñeca rusa se observa con mayor frecuencia. Nanotubos de carbono de doble pared (DWNTs) forman una clase especial de nanotubos, ya que su morfología y propiedades son similares a las de SWNT, pero su resistencia a los productos químicos se mejora significativamente.

Nanotubos

Propiedades eléctricas

Los nanotubos se caracterizan por presentar una gran complejidad electrónica, si tenemos en cuenta las reglas cuánticas que rigen la conductividad eléctrica con el tamaño y la geometría de estos. Estas estructuras pueden comportarse, desde un punto de vista eléctrico, en un amplio margen de formas, comenzando por el comportamiento semiconductor hasta presentar, en algunos casos, superconductividad. Este amplio margen de conductividades viene dado por relaciones fundamentalmente geométricas, es decir, en función de su diámetro, torsión (quiralidad) y el número de capas de su composición. Así, por ejemplo, existen nanotubos rectos (armchair y zigzag) en los que las disposiciones hexagonales, en las partes extremas del tubo, son siempre paralelas al eje. Esta distribución, en función del diámetro, permite que dos tercios de los nanotubos no quirales sean conductores y el resto semiconductores. En el caso de los nanotubos quirales, los hexágonos tienen un cierto ángulo con respecto al eje del tubo, es decir, la distribución de los hexágonos laterales que conforman la estructura presenta con respecto al eje central del tubo un enrollamiento de carácter helicoidal. Este tipo de conformación dificulta el paso de los electrones a los estados o bandas de conducción, por lo que, aproximadamente, tan solo un tercio de los nanotubos presenta conducción apreciable y siempre en función del ángulo de torsión.

Hay que destacar que los nanotubos superconductores se podrían utilizar para el estudio de efectos cuánticos fundamentales en una dimensión, así como para la búsqueda de aplicaciones prácticas en la informática cuántica molecular. Esto es debido a que pueden actuar como “conductores cuánticos”, es decir, si se representa el voltaje, o diferencia de potencial frente a la intensidad de corriente no se obtiene una línea recta, sino escalonada. Como se ha dejado entrever, estas estructuras tienen multitud de propiedades eléctricas. En cuanto a la capacidad para transportar corriente, se sabe que puede llegar a cantidades de, aproximadamente, mil millones de A/cm², mientras que los alambres de cobre convencionales se funden al llegar a densidades de corriente del orden del millón de A/cm². Conviene precisar que todas estas propiedades no dependen del largo del tubo, a diferencia de lo que ocurre en los cables de uso cotidiano.

Propiedades mecánicas

Si las propiedades eléctricas son, de por sí, sorprendentes, las propiedades mecánicas pueden llegar a serlo aún más. La estabilidad y robustez de los enlaces entre los átomos de carbono, del tipo sp², les proporciona la capacidad de ser la fibra más resistente que se puede fabricar hoy día. Por otro lado, frente a esfuerzos de deformación muy intensos son capaces de deformarse notablemente y de mantenerse en un régimen elástico. El módulo de Young de los nanotubos podría llegar a oscilar entre 1,3 y 1,8 terapascuales, si bien hasta la fecha solo se han podido obtener experimentalmente hasta los 0,8 TPa.²⁰ Además, estas propiedades mecánicas podrían mejorarse: por ejemplo en los SWNTs (Single Walled NanoTubes o Nanotubos de pared simple), uniendo varios nanotubos en haces o cuerdas. De esta forma, aunque se rompiera un nanotubo, como se comportan como unidades independientes, la fractura no se propagaría a los otros colindantes. En otros términos, los nanotubos pueden funcionar como resortes extremadamente firmes ante pequeños esfuerzos y, frente a cargas mayores, pueden deformarse drásticamente y volver posteriormente a su forma original.

Diversos estudios han tratado de medir las propiedades mecánicas y la tensión máxima soportada por un nanotubo, con resultados heterogéneos, si bien se podría asumir a modo orientativo que la tensión máxima podría rondar los 150 GPa.²⁰ Este dato implica que un cable de 1 cm² de grosor formado por nanotubos podría aguantar un peso de unas 1500 toneladas. Por comparación, un cable equivalente del mejor acero conocido puede soportar 20 toneladas.

No obstante, no todos los estudios han mostrado unos valores tan optimistas: en general es comúnmente aceptada la afirmación de que los nanotubos son 100 veces más resistentes que el acero, y 6 veces más ligeros, aunque se trate de un material poco conocido, estos valores podrían variar.

Propiedades térmicas

Algunos modelos predicen que la conductividad térmica de los nanotubos puede llegar a ser tan alta como 6.000 W/mK a temperatura ambiente (téngase en cuenta, por comparar con otra forma alotrópica del carbono, que el diamante casi puro transmite 3.320 W/mK). Asimismo son enormemente estables térmicamente, siendo aún estables a 2.800 °C en el vacío y a 750 °C en el aire (mientras que los alambres metálicos en microchip se funden entre 600 y 1.000 °C). Las propiedades de los nanotubos pueden modificarse encapsulando metales en su interior, o incluso gases. En este sentido, serían unos extraordinarios almacenes de hidrógeno. Como se sabe, uno de los principales problemas técnicos para el desarrollo de las pilas de combustible es el almacenaje de este elemento.

Dopaje

El dopaje es una técnica realizada durante la síntesis de nanoestructuras de carbono donde se le pueden agregar partículas nanométricas de algún otro elemento compatible para la alteración benéfica de sus propiedades. El principal método de su elaboración es por medio de CVD. Se ha probado el dopaje con varios elementos y uno de los más importantes que con sus propiedades ha ayudado a la investigación experimental es haciendo dopaje de nitrógeno.

Nanocables de silicio

Los nanocables de silicio, también conocidos como SiNWs (en inglés), son un tipo de nanocables semiconductores que se forman con mayor frecuencia a partir de un precursor de silicio por ataque químico de un sólido o por crecimiento catalizado a partir de una fase de vapor o líquido. Esos nanocables tienen aplicaciones prometedoras en baterías de iones de litio, termoelectrónicos y sensores. La síntesis inicial de los SiNWs suele ir acompañada de pasos de oxidación térmica para obtener estructuras de tamaño y morfología adaptados con precisión.

Los SiNW tienen propiedades únicas que no se ven en materiales de silicio a granel (tridimensionales). Estas propiedades surgen de una estructura electrónica casi unidimensional inusual y son objeto de investigación en numerosas disciplinas y aplicaciones. La razón por la que los SiNW se consideran uno de los materiales unidimensionales más importantes es que podrían tener la función de bloques de construcción para la electrónica de nanoescala ensamblada sin la necesidad de instalaciones de fabricación complejas y costosas. Los SiNWs son frecuentemente estudiados para aplicaciones que incluyen la fotovoltaica, las baterías de nanocables, la termoeléctrica y la memoria no volátil.

Un nanohilo (nanowire en inglés) es un alambre con un diámetro del orden de un nanómetro (10⁻⁹ metros). También se puede definir como la relación entre longitud y el ancho superiores a 1000. Alternativamente, los nanohilos pueden ser definidos como estructuras que tienen un tamaño lateral restringido a diez o menos nanómetros y de una longitud libre. A estas escalas, los efectos de la mecánica cuántica son importantes - por lo tanto estos alambres, también son conocidos como "hilos cuánticos" (quantum wires). En general, esto tiene como consecuencia dinámicas electrónicas o de espín complicadas, que aún son objeto de investigación teórica.

Existen muchos tipos diferentes de nanohilos, incluyendo hilos metálicos (ej., Ni, Ag, Au), semiconductores (ej., Si, InP, GaN, etc.), superconductores (ej., YBCO) y aisladores (ej., SiO₂, TiO₂). Los nanohilos moleculares están compuestos de unidades de moleculares repetitivas ya sean orgánicas (ej. ADN) o inorgánicas (ej. Mo₆S₉-xIx).

Se ha especulado con el uso de nanohilos para ligar minúsculos componentes en circuitos extremadamente pequeños. Usando la nanotecnología, tales componentes pueden ser creados a partir de compuestos químicos.

Los nanohilos más típicos exhiben una relación de aspecto (relación entre la longitud y el ancho) de 1000 o más. Por ello, a menudo se refieren como materiales unidimensionales (1-D). Los nanohilos tienen muchas propiedades interesantes que no se han visto en materiales tridimensionales, no afectados por efectos de borde. Esto es porque los electrones en los nanohilos tienen un confinamiento cuántico lateral y por ello ocupan niveles de energía que son diferentes de los niveles de energía continua tradicional o bandas encontradas en un sistema tridimensional.

Las características peculiares de este confinamiento cuántico exhibidas por ciertos nanohilos como los nanotubos de carbono se manifiestan a sí mismas en valores discretos de la conductancia eléctrica. Estos valores discretos surgen de una restricción de la mecánica cuántica en el número de electrones que pueden viajar a través del hilo en escala nanométrica. Estos valores discretos son referidos frecuentemente como el cuanto de la conductancia y son valores enteros de

$$\frac{2e^2}{h} \approx 12.9 \text{ k}\Omega^{-1}$$

Son el inverso de la bien conocida unidad de resistencia h/e^2 , que es más o menos igual a 25812.8 ohmios, y designada como la *constante de von Klitzing RK (después de Klaus von Klitzing, el descubridor de la cuantización exacta)*. Desde 1990, es aceptado un valor convencional fijo de RK-90.

Hay muchas aplicaciones donde los nanohilos pueden llegar a ser importantes: en electrónica, optoelectrónica y dispositivos nanoelectromecánicos, como aditivos en compuestos avanzados, para interconexiones metálicas en dispositivos de nanoescala cuántica, como emisores de campo y como contactos o terminales para los nanosensores biomoleculares.

Síntesis de Nanohilos

Hay dos enfoques básicos para sintetizar nanohilos: de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Un enfoque de arriba hacia abajo reduce una gran pieza de material a piezas pequeñas por diversos medios como la litografía o la electroforesis. Un enfoque de abajo hacia arriba sintetiza el nanohilo mediante la combinación de constituyentes adátomos. La mayoría de síntesis utilizan un enfoque ascendente. La síntesis inicial mediante cualquiera de los métodos a menudo puede ir seguida de un paso de tratamiento térmico con nanohilos, que a menudo implica una forma de oxidación autolimitada, para ajustar con precisión el tamaño y la relación de aspecto de las estructuras. La producción de nanohilos usa varias técnicas de laboratorio comunes, que incluyen la suspensión, la deposición electroquímica, la deposición de vapor y el crecimiento de VLS. La tecnología de seguimiento de iones permite el crecimiento de nanohilos homogéneos y segmentados de hasta 8 nm de diámetro.

Suspensión

Un nanohilo suspendido es cable producto producido en una cámara de alto vacío sostenida en las extremidades longitudinales. Los nanohilos suspendidos pueden ser producidos por:

El grabado químico de un cable más grande

El bombardeo de un cable más grande, típicamente con iones altamente energéticos

Sangra la punta de un STM en la superficie de un metal cerca de su punto de fusión y luego lo retrae

Crecimiento de VLS

Una técnica común para crear un nanohilo es el método vapor-líquido-sólido (VLS). Este proceso puede producir nanohilos cristalinos de alta calidad de muchos materiales semiconductores: por ejemplo, los nanohilos de silicio cristalino simple (SiNW) cultivados con VLS con superficies lisas podrían tener excelentes propiedades, como la elasticidad ultragrande. Este método utiliza un material fuente de partículas eliminadas por láser o un gas de alimentación como el silano.

La síntesis VLS requiere un catalizador. Para los nanohilos, los mejores catalizadores son nanopartículas de metal líquido (como el oro), que pueden autoensamblarse a partir de una película delgada mediante deshumectación, o comprarse en forma coloidal y depositarse en un sustrato.

La fuente ingresa a estas nanopartículas y comienza a saturarlos. Al alcanzar la sobresaturación, la fuente se solidifica y crece hacia fuera desde la nanopartícula. Simplemente apagando la fuente puede ajustar la longitud final del nanohilo. El cambio de fuentes mientras aún está en la fase de crecimiento puede crear nanocables compuestos con superredes de materiales alternados. Una reacción en fase vapor de fase única a temperatura elevada sintetiza nanohilos inorgánicos tales como Mo₆S₉-X IX. Desde otro punto de vista, tales nanohilos son polímeros de clúster.

Síntesis de fase de solución

La síntesis en fase de solución se refiere a las técnicas que producen nanohilo en solución. Pueden producir nanohilos de muchos tipos de materiales. La síntesis en fase de solución tiene la ventaja de que puede producir cantidades muy grandes en comparación con otros métodos. En una técnica, la síntesis de poliol, etilenglicol es tanto disolvente como agente reductor. Esta técnica es particularmente versátil en la producción de nanohilos de oro, plomo, platino y plata.

El método de crecimiento fluido supercrítico líquido-sólido se puede utilizar para sintetizar nanohilos semiconductores, por ejemplo, Si y Ge. Mediante el uso de nanocristales metálicos como semillas, los precursores organometálicos Si y Ge se alimentan a un reactor lleno con un solvente orgánico supercrítico, tal como tolueno. La termólisis da como resultado la degradación del precursor, permitiendo la liberación de Si o Ge, y la disolución en los nanocristales metálicos. A medida que se agrega más soluto semiconductor de la fase supercrítica (debido a un gradiente de concentración), precipita una semilla de nanocristal sólido y un nanohilo crece uniaxialmente a partir de la semilla de nanocristal.

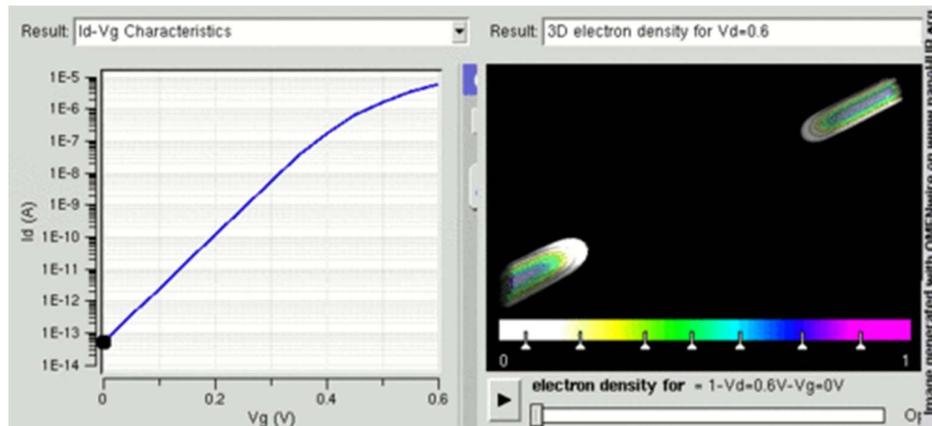
Crecimiento no catalítico

Los nanohilos también se pueden sintetizar sin la ayuda de catalizadores, lo que da una ventaja de los nanohilos puros y minimiza la cantidad de pasos tecnológicos. Los métodos más sencillos para obtener nanohilos de óxido de metal utilizan el calentamiento ordinario de los metales, por ejemplo, un cable de metal calentado con batería, mediante el calentamiento de Joule en e aire se puede realizar fácilmente.

La gran mayoría de los mecanismos de formación de nanohilos se explican mediante el uso de nanopartículas catalíticas, que impulsan el crecimiento de los nanocables y se agregan intencionalmente o se generan durante el crecimiento. Sin embargo, los mecanismo para el crecimientos libre de catalizadores de nanohilos (o bigotes) eran conocidos desde la década de 1950. La formación espontánea de nanohilos por métodos no catalíticos se explican por dislocación presenten en direcciones específicas o a la anisotropía de crecimiento de varias caras de cristal. Más recientemente, después del avance de la microscopia se demostró el crecimiento de nanohilos impulsado por dislocaciones de tornillo o límites gemelos.

Síntesis de nanohilos metálicos con plantilla de ADN

Un campo emergente es usar cadenas de ADN como andamios para la síntesis de nanohilos metálicos. Este métodos se investiga tanto para la síntesis de nanohilos metálicos en componentes electrónicos como para aplicaciones de biosensores, en los que permiten la transducción de una cadena de ADN en un nanohilo metálicos que puede detectarse eléctricamente. Típicamente, las cadenas de ADN de cadena corta se estiran, después de lo cual se decoran con nanopartículas metálicas que se han funcionalizado con hebras de ADN de cadena corta complementarias.



Resultado de una simulación atomística para una formación de un canal inverso (densidad del electrón) y alcance del voltaje entrante (threshold voltage) en un nanohilo de MOSFET. Véase que el voltaje entrante para este dispositivo es aproximadamente 0.45V.

Películas delgadas Nanoestructuradas

Las **películas delgadas** se han utilizado en diferentes áreas, forman parte de los materiales avanzados, de diferentes composiciones, polímeros, moléculas inorgánicas, orgánicas, membranas, etc.

Una película se forma cuando ésta crece a partir de átomos o moléculas que inciden sobre la superficie de un sustrato.

La aplicación de películas delgadas en dispositivos opto-electrónicos ha progresado rápidamente en los recientes años. Los materiales en forma de películas delgadas se han utilizado ampliamente en conductividad o aislamiento de circuitos electrónicos, en dispositivos electrónicos, fotovoltaicos, recubrimientos ópticos de variadas áreas, en micro y recientemente en nano-electrónica, estas películas poseen un espesor que van en un intervalo de 1-100 nm en escala nanométrica

Las **películas delgadas** pueden fabricarse por diferentes métodos de depósito dependiendo del material a depositar, existen algunos muy específicos como capas magnéticas, óxidos dieléctricos y ferromagnéticos, para circuitos semiconductores, polímeros, metales, óxidos metálicos, materiales orgánicos, nanotubos de carbono, complejos organometálicos, entre otros.

1. Métodos de Depósito

Los métodos de depósito por lo general se dividen en físicos y químicos mencionaremos los más comúnmente utilizados, y algunos otros específicos.

1.1. Métodos físicos:

a) Evaporación Térmica/ Rayo Molecular Epitaxial.

El rayo molecular epitaxial (MBE) se ha desarrollado a partir de técnicas simples de evaporación térmica por aplicación de técnicas de ultra-alto vacío (UHV). Este método permite un crecimiento controlado capa por capa y debido a las condiciones de ultra alto vacío se obtienen películas muy limpias, es ideal para procesos de crecimiento. Sin embargo, el crecimiento capa por capa es lento y las técnicas de UHV son costosas.

b) Depósito por láser pulsado (PLD).

Es un método de preparación de película con crecimiento de películas delgadas a partir de superconductores como el YBaCuO (óxido de itrio, bario y cobre) se ha demostrado que este método es satisfactorio sobre todo para depósitos de óxidos y otros materiales multicomponentes. Uno de los inconvenientes del método es que pequeñas gotitas pueden depositarse en los extremos de las películas, además de la restricción a sustratos pequeños.

c) Depósito por rocío o chisporroteo (Sputter)

El proceso más simple consiste en una cámara de vacío, donde el material que será depositado se encuentra en el cátodo (potencial negativo) y el sustrato para la película en el ánodo. Una diferencia de potencial de cientos de volts entre las dos placas conduce a la ignición de una descarga de plasma para presiones de 10^{-1} – 10^{-3} mbar, y las partículas aceleradas se dirigen hacia su objetivo depositándose. Las ventajas son el alto rendimiento, sustratos grandes, buena adhesión al sustrato, control de composición autoajutable y requerimientos de vacío menos riguroso que para evaporación térmica. Los sistemas son muy flexibles y se pueden ajustar a varios requerimientos específicos.

1.2 Métodos Químicos

a) Depósito químico de vapor (CVD).

En este tipo de depósito el crecimiento de la película ocurre a través de una reacción química de los componentes químicos, es decir, los precursores, que serán transportados a la vecindad del sustrato vía fase vapor. Las reacciones químicas que forman la película generalmente utilizan energía térmica a partir del sustrato calentado pero también pueden inducirse por microondas o luz. El reactor debe tener un flujo de gas controlado y los precursores a reaccionar deben estar a baja presión (10⁻¹ a 10 mbar) para evitar colisiones entre moléculas de gas. Este método permite un crecimiento capa por capa a escala atómica permitiendo obtener películas ultradelgadas.

b) Depósito químico a partir de una disolución (CSD).

Este método comprende un rango de técnicas de depósito así como de rutas químicas. En general, el proceso comienza con la preparación de la disolución con la que se realizará el recubrimiento a partir de los precursores que compondrán la película, y además de mezclar la disolución, la preparación debe incluir la adición de estabilizantes, un proceso de hidrólisis parcial, reflujo, etc. La disolución para recubrir se deposita sobre un sustrato por:

spin-coating (recubrimiento giratorio), donde se utiliza un fotorresistor giratorio; es conveniente para placas semiconductoras.

dip-coating (recubrimiento por inmersión), el sustrato es inmerso en el material a depositar, se extrae, se drena y se seca. Este método es muy usado en la industria óptica para grandes sustratos no planos.

spray-coating (recubrimiento por rocío), el cual se basa en la formación de una nube a partir de la disolución y el depósito por gravitación o por fuerza electrostática.

La película húmeda debe secarse y pasar por un proceso de hidrólisis y reacciones de condensación dependiendo de la ruta química. La película depositada posiblemente representa una red química o física y bajo tratamiento térmico por ejemplo, se obtiene una película que cristaliza homogénea o heterogéneamente. El espesor deseado se obtiene por múltiples recubrimientos. Dependiendo del tipo y reactividad de los precursores, la química muestra un amplio espectro de tipos de reacciones. Por un lado hay reacciones sol-gel que involucran hidrólisis y condensación. Un ejemplo es la formación de SiO₂ a partir de alcóxido de Si.

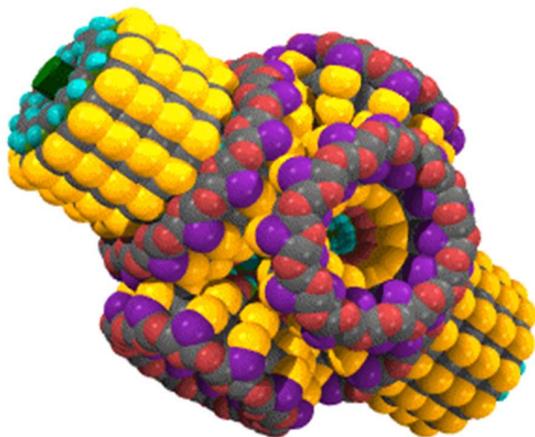
Las ventajas de estos métodos CSD son el excelente control de composición de la película a través de la estequiometría de las disoluciones para los recubrimientos, y fácil fabricación sobre áreas grandes, hasta múltiples metros cuadrados de recubrimiento con técnicas de esparcimiento por rocío. Las ventajas son dificultades para formar películas epitaxiales, el no poder depositar superestructuras de capas atómicas y una falta de arquitectura específica de las películas.

La técnica Langmuir-Blodgett (LB)

Es un método, para el depósito de monocapas moleculares y multicapas, con una arquitectura controlada y grosos de nanómetros. Las moléculas orgánicas que se usan en este tipo de depósitos contienen dos tipos de grupos funcionales. Una terminación de la molécula es soluble en agua (hidrofílica), por ejemplo un grupo ácido o alcohol, y la otra terminación contiene grupos hidrocarbonados insolubles (hidrofóbicos). Como resultado las moléculas forman una película en la superficie del agua (**llamada película Langmuir**) con la terminación hidrofílica en la parte del agua. El rango de aplicaciones va desde películas para litografía, pantallas planas, fotoceldas, dispositivos opto/electrónicos.

Existen diversas aplicaciones, una de ellas la tenemos en el artículo publicado en 2016, donde se muestra la formación de nanoestructuras en forma de película Langmuir-Blodgett.

Nanoestructuras en forma de Película delgada



QUÉ ES UN NANOBOT?

Nano-robots son los robots conocidos simplemente como las máquinas controlables de escala molecular, compuesta por nano-componentes. Más específicamente, nanorobótica se refieren a la nanotecnología todavía en gran medida en desarrollo como disciplina de ingeniería de diseño y construcción de nano robots.

Los **nanobots** son unos diminutos robots que se miden a nanoescala, y se observan microscópicamente, cuando se habla de nanobots en ciencia, no son mecánicos en el 100 % de sus componentes como en ciencia-ficción, son creados en un contexto biológico capaz de ser compatibles con membranas, fluidos y sistemas del cuerpo humano, se refieren a nano-organismos, nanopartículas, nanofármacos de liberación controlada que van direccionados a lugares específicos del cuerpo, con aplicación como la **nanomedicina**.

Preguntas

DETALLADAMENTE DESCRIBIR

1.- ¿Cómo describes la técnica Langmuir-Blodgett?

Es un método con el cual se pueden crear películas nanoscópicas a gusto (grosor controlado, partículas que se desean y la orientación que se quiera).

2.- ¿Cuáles son los métodos de depósito de nano películas físicas?

Evaporación Térmica / Rayo Molecular Epitaxial.

Depósito por láser pulsado.

Depósito por rocío o chisporroteo.

3.- ¿Cuáles son los métodos de depósito de nano películas químicas?

Depósito químico de vapor (CVD).

Depósito químico a partir de una disolución (CSD).

Spin-coating.

Dip-coating.

Spray-coating.

4.- Describe cada uno de los siguientes tipos de recubrimiento:

Spin-coating: Emplea un fotoreistor giratorio; usado en placas semiconductoras.

Dip-coating: A partir de un sustrato que se deposita, se busca extraer, drenar y seca; muy usado en la industria óptica.

Spray-coating: Se basa en la formación de una nube a partir de la disolución y el depósito por gravitación o por fuerza electrostática.

5.- ¿Qué es un Nanobot?

Son robots estructurados a escala nanométrica que se está buscando desarrollar, con propiedades en diversas áreas.

Clase 9 de Noviembre: Nanoquímica, nanofísica, conceptos y aplicaciones

Hola a todos, la clase de hoy es la conclusión de la unidad tres,

Sobre Nanoquímica y conceptos de Nanofísica.

Estaremos trabajando en línea.

<https://www.youtube.com/watch?v=1Nk0ghuyRYk>

Superficies nanoestructuradas: Diseño, fabricación y aplicaciones

Nanotubos

https://www.youtube.com/watch?v=yYs8W_sPxYA 5:23

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las tecnologías se ha centrado desde su inicio en la búsqueda de soluciones en la dimensión macroscópica, realización de grandes sistemas técnicos a través de la macroingeniería, y microscópica, orientada a la creación de sistemas de pequeña escala, e incluso a la obtención de soluciones macroscópicas desde el conocimiento del ámbito de la microingeniería.

Las tecnologías emergentes hoy en día, proporcionan opciones impensables años atrás, dichas tecnologías han evolucionado desde el mundo macroscópico y visible a simple vista, hacia un mundo microscópico con infinitud de posibilidades.

En el contexto de trabajo de la microingeniería surgen términos como “microtecnología” o “nanotecnología”, que son utilizados para definir la manipulación controlada y producción de objetos materiales, instrumentos, estructuras y sistemas bajo las leyes que intervienen a pequeñas escalas.

Los ámbitos de aplicación de estas tecnologías no se encuentran limitados a ciertos sectores o ámbitos del conocimiento, las mismas se han incorporado rápidamente en muchos sectores, como son el sanitario, textil, mecánico alimentario, agronómico, electrónico, químico, farmacéutico, construcción, etc.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA NANOTECNOLOGÍA



Como en otros muchos aspectos de la ciencia y la técnica, es posible identificar precursores de la nanotecnología (nanotécnica) a través de la historia. Sirva a modo de ilustración los siguientes casos representados en la figura:

a) Copa de Licurgo (siglo IV). Presenta un color verde con luz reflejada, y uno rojo rubí con luz transmitida. Esto se debe a la presencia de nanopartículas de una aleación de oro y plata en el vidrio.

b) La coloración por cementación en piezas cerámicas, también conocida como lustre. En esta técnica, con la progresión del tratamiento térmico reductor se producía el crecimiento de un tamaño aproximado de 10 nm de cristales de AgO y Cu₂O, dentro de una capa de grosor comprendido entre 200 y 500 nm del vidriado, que son los responsables de las especiales características ópticas del lustre. Se puede considerar, por tanto, como la primera capa metálica nanoestructurada y reproducible realizada por el ser humano.

c) La coloración por cementación en las vidrieras medievales. Estas coloraciones son un ejemplo de la aplicación de la coloración por cementación en vidrio, tiene lugar un intercambio iónico, nucleación y un posterior crecimiento/agregación de nanopartículas metálicas dispersas en la matriz de vidrio. El desarrollo de esta metodología permitió a los maestros de la época,

disponer por primera vez de una herramienta para la obtención de diversas tonalidades de color en el mismo espesor.

Bajo el término de Nanoquímica se engloban todas aquellas actividades de la Nanociencia y la Nanotecnología que poseen en común la utilización de las aproximaciones y las herramientas tradicionales de la Química para crear, desarrollar y estudiar objetos que presenten propiedades útiles debido a sus dimensiones nanoscópicas. Es precisamente en este área en donde se encuadra una de las aproximaciones más importantes de la Nanotecnología como es la aproximación ascendente (“bottom-up approach”) que tiene como objetivo organizar la materia a escala nanoscópica a partir de átomos o moléculas con el fin de conseguir con ellos nuevas propiedades y aplicaciones. Dado el carácter horizontal de la Nanoquímica se prevé que esta disciplina tendrá una influencia muy notable en los siguientes sectores socio-económicos: a) Energía, b) Tecnologías de la Comunicación e Información, c) Salud y Cuidados Personales, d) Calidad de Vida, e) Seguridad y Protección Ciudadana y f) Transporte. El impacto económico y social que tendrá la Nanoquímica en nuestra sociedad se estima que será muy importante dado que impulsará a la industria química Europea que hoy en día ya emplea directamente a más 2 millones de personas en el grupo de los 25 Estados Miembros de la Unión Europea.

¿Qué es la nanociencia y la nanotecnología?

La nanociencia y la nanotecnología son una subárea de las ciencias básicas desde 1990, cuando se realizó el primer simposio en la materia. Desde entonces, esta área del conocimiento ha tenido avances y aplicaciones en muchos ámbitos, como desarrollo de nuevos materiales, avances en biomedicina, computación cuántica o en la química industrial.

La capacidad del ser humano de diseñar y construir materiales “átomo por átomo” ya fue predicha por el destacado científico Richard Feynman, Premio Nobel de Física en 1965. Él señalaba que como a nivel atómico la materia se comporta de manera diferente a la escala humana, la estrategia para sintetizar nuevas estructuras moleculares debía ser construir moléculas de abajo hacia arriba (**bottom-up**), en vez de arriba hacia abajo (**top-bottom**), que era como se trabajaba de manera tradicional.

¿Qué es la nanoquímica?

La nanoquímica es un área de la química que surge desde la posibilidad de diseñar nuevos materiales, a nivel nanométrico. Estos pueden responder a necesidades especiales en campos que van desde la catálisis industrial a la biomedicina y la cosmética. Por ejemplo, una crema que se emplea como protector solar en base a dióxido de titanio microparticulado actúa como una barrera física a las radiaciones UV, pero al aplicarla sobre la piel, ésta queda de color blanco. La misma crema, basada en nanopartículas de este compuesto, ofrece una protección UV similar pero luce transparente sobre la piel.

La nanoquímica requiere del desarrollo de diseños experimentales que permitan sintetizar nuevas moléculas utilizando el criterio de Feynman de construir de abajo hacia arriba (*bottom-up*). También necesita de nuevas tecnologías para la observación del nanomundo como microscopios electrónicos de transmisión (TEM), de efecto túnel (STM), de fuerza atómica (AFM), y de nuevos métodos de síntesis inorgánica y electroquímica.

De esta manera, ha sido posible crear moléculas inteligentes, que pueden autoensamblarse o autorepararse, y obtener materiales con aplicaciones específicas dirigidas a resolver problemas precisos. Por ejemplo, se han desarrollado nanofármacos más eficientes que lleguen exactamente a las células dañadas, nanocatalizadores más selectivos, o nanomateriales más eficaces con mejores características de resistencia o flexibilidad, entre muchas otras.

Entre los descubrimientos y desarrollos que han marcado los avances de la nanoquímica están los derivados del Carbono, como los fullerenos, **los nanotubos de Carbono** y el **grafeno**. Todas estas estructuras sirven de base para nuevos materiales híbridos con aplicaciones en el campo de la electrónica, la biomedicina, la catálisis y la química industrial.

¿Qué son los polímeros?

Los polímeros son moléculas gigantes, o macromoléculas, constituidas por la unión de muchos monómeros. Estos monómeros se enlazan como si fuesen un eslabón de una cadena para formar las cadenas poliméricas. En los polímeros hay muchas cadenas poliméricas de diversos tamaños, de forma similar a un plato de tallarines. Además, existen muchos tipos de monómeros, que van desde los derivados del petróleo hasta los aminoácidos, los azúcares y los nucleótidos.

También existen diversas formas de enlazar los monómeros, hasta formar cadenas de cientos de miles de unidades repetitivas. Por tanto, dependiendo de la procedencia de los monómeros,

existen los polímeros naturales y los artificiales. Entre los primeros están la celulosa, componente principal de árboles y vegetales, las proteínas, el ADN, la seda, el almidón y la lana. Entre los polímeros artificiales encontramos el polietileno, el PVC (cloruro de polivinilo), las siliconas, el kevlar y el nylon.

¿Existen polímeros nanométricos?

No existen polímeros de tamaño nanométrico, lo que si se puede construir son nanoestructuras poliméricas, como por ejemplo nanopartículas, nanocristales, nanofibras, nanodiamantes, nanoarcillas, etc. También se pueden construir materiales poliméricos reforzados con estos nanomateriales, lo que resulta en un nuevo material con diferentes propiedades físicas, químicas o biológicas.

Por ejemplo, si a un material plástico se le adicionan nanofibras de celulosa, se mejora la resistencia mecánica del material (se hace más duro). Si a la misma matriz se añaden nanopartículas de cobre, ésta mostrará propiedades antifúngicas y antibacterianas (uso desinfectante). Pero si se agregan nanoarcillas, el material mejorará sus propiedades de barrera al oxígeno, y se podría usar en envases de alimentos. Un hecho interesante es que estos efectos se logran añadiendo una baja cantidad de los nanomateriales, que normalmente no representan más de 5% del nuevo material.

¿Qué son las nanofibras de celulosa?

Las nanofibras de celulosa o NFC, son fibras de celulosa de tamaño nanométrico, y poseen una gran superficie específica y alta resistencia mecánica. Su gran capacidad de interacción con fibras de mayor tamaño las convierte en un material reforzante extraordinariamente liviano y resistente.

Las NFC se han convertido en un poderoso aditivo industrial, con una amplia gama de usos y de aplicaciones, de características renovable y biodegradable. Se obtienen de la desintegración mecánica y/o tratamientos químicos de fibras vegetales ricas en celulosa. Al añadir las a diferentes materiales, permiten mejorar las propiedades de resistencia del material compuesto resultante, sin aumentar significativamente su masa.

¿Por qué investigar las nanofibras de celulosa?

Al ser un material que se obtiene de fuentes vegetales tiene un carácter renovable, biodegradable y biocompatible. Poseen una gran razón largo/diámetro, es decir, su diámetro es

de unos pocos nanómetros y su largo puede ser de varios micrones (10-3, una milésima parte de un milímetro). Esto le otorga una gran superficie específica y, se agrupan formando una red, por lo que tienen alta capacidad de interacción con fibras de mayor tamaño.

Además, tienen excelentes propiedades mecánicas de resistencia y dureza, similar a la del acero pero 5 veces más livianas. También poseen una alta viscosidad y un gran número de grupos hidroxilos, que son susceptibles de modificar químicamente, para hacerlas compatibles con diversos materiales. Todas estas características las convierten en un excelente material reforzante y, a la vez muy liviano, permitiendo hacer más resistentes otros materiales donde se las puede incorporar, por ejemplo: papeles, cartones, adhesivos o incluso plásticos.

Los fullerenos

Están por todo el universo. Esta es una de las implicancias más sorprendentes de la molécula C₆₀, descubierta por Harold Kroto, Robert Curl y Richard Smalley, en 1985 y que les significó el Premio Nobel de Química en 1996.

El Carbono 60, C₆₀, fullereno o “buckyball”, es una hermosa molécula simétrica compuesta por 60 átomos de carbono que forman 12 pentágonos y 20 hexágonos, la misma forma de un balón de fútbol o una cúpula geodésica. Posteriormente se han encontrado otros fullerenos como el C₂₀ y el C₇₀, similares al anterior, que han conducido a avances en el estudio de nanomateriales como el grafeno o los nanotubos de carbono.

Esta es una de las moléculas más sencillas, estables y abundantes de la Tierra, y en los últimos años se ha encontrado que está presente en otros lugares en el espacio. *“Puede que sea esta la molécula que transporta carbono al lugar en el que se forman los planetas. La implicación es que el C₆₀ puede sobrevivir y después romperse en moléculas más pequeñas”*, señaló Kroto en una de sus últimas entrevistas en enero de 2016.

Un **fullereno** (también, fulereno) es una molécula compuesta por carbono que puede adoptar una forma geométrica que recuerda a una esfera, un elipsoide, un tubo (llamado nanotubo) o un anillo. Los fullerenos son similares al grafito, compuesto de hojas de anillos hexagonales enlazadas, pero conteniendo anillos pentagonales y a veces heptagonales, lo que impide que la hoja sea plana. Los fullerenos son la tercera forma molecular estable conocida de carbono, tras el grafito y el diamante. Los fullerenos fueron descubiertos en 1985 por Harold Kroto, Robert Curl y Richard Smalley, lo que les valió la concesión del Premio Nobel de Química en 1996.

El primer fullereno descubierto fue el C₆₀, que consta de 12 pentágonos y 20 hexágonos. Cada pico corresponde a un átomo de carbono y cada lado a un enlace covalente. Tiene una estructura idéntica a la cúpula geodésica o un balón de fútbol. Por esta razón, se le llama «buckminsterfullereno» (en homenaje al arquitecto Buckminster Fuller quien diseñó la cúpula geodésica) o «fútboleno». Los fullerenos esféricos reciben a menudo el nombre de buckyesferas y los cilíndricos el de buckytubos o nanotubos. Destacan por su versatilidad para la síntesis de nuevos compuestos. Su naturaleza y forma se han hecho ampliamente conocidas en la ciencia y en la cultura en general, por sus características físicas, químicas, matemáticas y estéticas.

Propiedades químicas de los fullerenos

El fullereno o C₆₀ es un alótropo del carbono con forma de balón de fútbol o I_h (icosaedro truncado) con 12 pentágonos y 20 hexágonos. De acuerdo con la característica de Euler, los 12 pentágonos se requieren para la cerradura de la red del carbono que consiste en n hexágonos; el C₆₀ es la primera estructura estable del fullereno debido a que es la cantidad mínima de carbonos posible que obedece a la regla. En esta estructura, ninguno de los pentágonos hace contacto con otro. Tanto el C₆₀ como el relativo C₇₀ obedecen la regla del pentágono aislado (IPR, isolated pentagon rule). El homólogo siguiente, C₈₄, tiene 24 isómeros que siguen la regla IPR mientras que tiene 51,586 isómeros que no siguen la regla IPR. Hasta ahora, solo se han aislado fullerenos no-IPR como fullerenos endohedrales como el Tb₃N@C₈₄ que posee dos pentágonos fusionados en un apéndice con forma de huevo o como fullerenos con estabilización exohedral como el C₅₀H₁₀ y el C₆₀H₈. Fullerenos con menos de 60 carbonos no obedecen la regla del pentágono aislado.

Debido a la forma esférica de la molécula, los átomos de carbono están altamente piramidalizados, lo que tiene importantes consecuencias para la reactividad. Se estima que la energía de la tensión angular constituye el 80% del calor de formación de la molécula. Los átomos de carbono conjugados responden a una desviación de la planaridad debida a una rehibridación orbital de los orbitales sp² con los orbitales π para dar un orbital sp² con un aumento en el carácter p. Los lóbulos del orbital p libre se extienden fuera de la superficie más de lo que lo hacen al interior de la esfera, una de las razones por las cuales el fullereno es electronegativo. Otra razón es que los orbitales vacíos π* tienen un alto carácter s.

Los dobles enlaces en el fullereno no son todos iguales. Se pueden identificar dos grupos: 30 dobles enlaces [6,6] que conectan dos hexágonos y 60 enlaces que conectan un hexágono y un pentágono. Los enlaces [6,6] son más cortos y poseen un mayor carácter de doble enlace, por lo que los hexágonos son usualmente representados como un ciclohexatrieno mientras que los pentágonos son representados como pentalenos o [5] radialenos. En otras palabras, a pesar de que todos los átomos de carbono en el fullereno están conjugados, la superestructura no es un compuesto súper-aromático. Las longitudes de enlace obtenidas mediante difracción de rayos X son de 139.1 pm para los enlaces [6,6] y de 145.5 pm para los enlaces.

El fullereno C₆₀ tiene 60 electrones π pero se requieren 72 electrones para tener una configuración de capa cerrada. El fullereno puede adquirir los electrones faltantes mediante una reacción con potasio para formar primero la sal K₆C₆₀ y después la sal K₁₂C₆₀. En este compuesto, las diferencias entre las longitudes de enlace se desvanecen.

Reacciones de los Fullerenos

Los fullerenos suelen reaccionar como electrófilos. Una fuerza adicional suele favorecer las reacciones al liberar la tensión angular cuando se saturan los dobles enlaces. Un punto clave en este tipo de reacciones es el nivel de funcionalización (monoadición o múltiples adiciones) y, en el caso de múltiples adiciones, las relaciones topológicas entre los nuevos sustituyentes (muy juntos o muy separados). En conformidad con las reglas IUPAC, los términos metanofullereno y fulleroide son usados para nombrar a los derivados con estructura de anillo cerrado (ciclopropano) o de anillo abierto, respectivamente.

El hombre, el científico y el divulgador

Sir Harold Kroto, Harry para sus amigos, falleció el 30 de abril de 2016 a los 76 años, a causa de Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), la misma enfermedad que padece Stephen Hawking hace décadas, pero que a Kroto no le concedió más tiempo. Extraordinario hombre de ciencia, “devoto ateo”, como se definía a sí mismo, e incansable divulgador de la ciencia entre niños y jóvenes.

Nació en Inglaterra, en una familia polaco-judía refugiada de la persecución nazi. Desde pequeño se fascinó con las ciencias: química, física y matemática. Estudió en la Universidad de Sheffield, donde obtuvo su Licenciatura en Química y luego su Doctorado en Espectroscopia Molecular. También le apasionaba la astronomía, y trabajó por largo tiempo con astrónomos

canadienses en la caracterización de largas cadenas de carbono que se habían detectado en el espacio. Fue gracias a esta colaboración que Kroto, Curl y Smalley dieron con la simétrica molécula esférica, que en un principio bautizaron como *Buckminsterfullerene* en homenaje al arquitecto estadounidense Buckminster Fuller, creador de las cúpulas geodésicas que ayudaron a Kroto a determinar la estructura de C₆₀. Debido a la exposición que tuvo con el Nobel, Harry Kroto se convirtió en un prolífico comunicador de la ciencia, dedicando gran parte de su tiempo a la extensión y la educación. Creó varios proyectos de divulgación científica y fue presidente de la Real Sociedad de Química.

Preguntas

1.- ¿Qué son las nanofibras?

Las nanofibras son fibras con diámetros inferior a 500 nanómetros, estas pueden ser generadas a partir de diferentes polímeros y/o técnicas especiales como el electrohilado (electrospinning).

2.- ¿Qué es un fullereno?

Un fullereno es una molécula compuesta por carbono que puede adoptar una forma geométrica que recuerda a una esfera, un elipsoide, un tubo (llamado nanotubo) o un anillo. Están por todo el universo. Esta es una de las implicancias más sorprendentes de la molécula C₆₀, descubierta por Harold Kroto, Robert Curl y Richard Smalley, en 1985 y que les significó el Premio Nobel de Química en 1996. Es una molécula simétrica compuesta por 60 átomos de carbono que forman 12 pentágonos y 20 hexágonos, la misma forma de un balón de fútbol o una cúpula geodésica.

3.- ¿Qué es un polímero nanométrico?

No existen polímeros de tamaño nanométrico, pero sí nanoestructuras poliméricas, como por ejemplo nanopartículas, nanocristales, nanofibras, nanodiamantes, nanoarcillas, etc. También se pueden construir materiales poliméricos reforzados con estos nanomateriales, lo que resulta en un nuevo material con diferentes propiedades físicas, químicas o biológicas.

4.- ¿Qué es el grafeno?

El grafeno es un material nanométrico bidimensional, consistente en una sola capa de átomos de carbono fuertemente cohesionados mediante enlaces que presentan hibridación sp² y dispuestos en una superficie uniforme, ligeramente ondulada, con una estructura semejante a la de un panal de abejas por su configuración atómica hexagonal. El grafeno es una de las formas alotrópicas del carbono, como lo son también el grafito y el diamante. Así, un milímetro de grafito contiene tres millones de capas de grafeno.

5.- ¿Qué es un heterofullereno?

Son fullerenos que tienen presente otro tipo de elementos en su estructura. Este cambio modifica las propiedades de la nanoestructura, brindando nuevas características.

Clase 11 de Noviembre: Nanobiología y genómica

**Hola a todos, la clase de hoy es comenzando la unidad 4, Nanobiología, Genómica
Estaremos trabajando en línea,**

https://www.youtube.com/watch?v=a2m_9Zgaa40

veremos este video:

<https://www.youtube.com/watch?v=EVmpRohPH7M>

La bionanotecnología es la rama de la tecnología que trata de aprovechar el conocimiento de la biología molecular para construir máquinas a escala nanométrica, también llamadas nanomáquinas. Ejemplos de bionanotecnología son el uso de versiones modificadas artificialmente de la ATP-sintasa o la kinesina como motores. En algunas ocasiones nanobiotecnología se usa como sinónimo mientras que en otros tienen significados distintos.

Nanobiotecnología

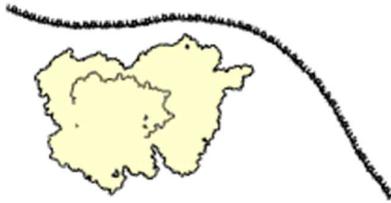
La nanobiotecnología es una rama de la nanotecnología con aplicaciones o usos biológicos y bioquímicos. A menudo la nanobiotecnología estudia elementos existentes en la naturaleza para fabricar nuevos dispositivos.

El término bionanotecnología es usado a menudo como sinónimo de nanobiotecnología, aunque a veces se hace una distinción entre ambas. Si hacemos la distinción entre ambas, la nanobiotecnología se refiere a usar la nanotecnología para alcanzar las metas de la biotecnología, mientras que la bionanotecnología puede referirse a cualquier superposición entre la biología y la nanotecnología, incluyendo el uso de biomoléculas como parte o inspiración de dispositivos nanotecnológicos.

Esta disciplina ayuda a indicar la fusión de la investigación biológica con varios campos de la nanotecnología. Entre los conceptos que se potencian a través de la nanobiología se encuentran: los nanodispositivos (como las máquinas biológicas), las nanopartículas y los fenómenos a nanoescala que se producen dentro de la disciplina de la nanotecnología. Este enfoque técnico de la biología permite a los científicos imaginar y crear sistemas que pueden utilizarse para la investigación biológica. La nanotecnología de inspiración biológica utiliza los sistemas biológicos como inspiración para tecnologías aún no creadas. Sin embargo, al igual que la nanotecnología y la biotecnología, la bionanotecnología tiene muchas cuestiones éticas potenciales asociadas a ella.

Los objetivos más importantes de la nanobiología implican la aplicación de nanotecnologías a problemas médicos/biológicos relevantes y el perfeccionamiento de estas aplicaciones. El desarrollo de nuevos instrumentos, como las nanoesferas peptoides, con fines médicos y biológicos es otro objetivo primordial de la nanotecnología. Las nuevas nanoherramientas suelen elaborarse refinando las aplicaciones de las nanoherramientas que ya se están utilizando. La obtención de imágenes de biomoléculas, membranas biológicas y tejidos nativos es también un tema importante para los investigadores de la nanobiología. Otros temas relacionados con la nanobiología incluyen el uso de sensores en voladizo y la aplicación de la nanofotónica para manipular los procesos moleculares en las células vivas.

Recientemente, el uso de microorganismos para sintetizar nanopartículas funcionales ha sido de gran interés. Los microorganismos pueden cambiar el estado de oxidación de los metales. Estos procesos microbianos han abierto nuevas oportunidades para la exploración de nuevas aplicaciones, por ejemplo, la biosíntesis de nanomateriales metálicos. A diferencia de los métodos químicos y físicos, los procesos microbianos para la síntesis de nanomateriales pueden realizarse en fase acuosa en condiciones suaves y ambientalmente benignas. Este enfoque se ha convertido en un atractivo foco de atención en la actual investigación de la bionanotecnología verde para el desarrollo sostenible.



Un ribosoma es una máquina biológica.

Xenotrasplante

Un xenotrasplante (del griego ξένοσ xenos: 'extranjero'), heterotrasplante o trasplante heterólogo, es el trasplante de células, tejidos u órganos de una especie a otra, idealmente entre especies próximas para evitar rechazo, como de cerdos a humanos. Tales materiales se suelen llamar "xenoimplantes" o "xenotrasplantes". El término alotrasplante, por el contrario, sería un trasplante entre individuos de la misma especie. El xenotrasplante se usó antes que los alotrasplantes. Las principales limitaciones de este tipo de trasplantes son la barrera inmunitaria, la posibilidad de que determinados tipos de xenovirus que afectan a otras especies se transmitan a humanos y el miedo social.

Principalmente se ha trabajado con el cerdo debido a que pueden ser criados en granjas, presentan un crecimiento rápido, el tamaño de sus órganos es similar al de los órganos humanos y gozan de una vida media-larga. Se intentan conseguir razas que no expresen antígenos para evitar posibles rechazos. Las válvulas cardíacas de cerdo se han ido usando desde hace más de 20 años, a pesar de que existen riesgos de rechazo agudo. La posibilidad de rechazo es alta ya que los seres humanos tenemos anticuerpos naturales xenoreactivos (XNAs), incluso sin que haya una exposición previa al antígeno. La mayoría de estos anticuerpos son frente a la glicosilación de proteínas mediante Gal-alfa1-3-Gal, no presente en proteínas humanas. Al aparecer este tipo de modificación en el organismo se activa el sistema de complemento rápidamente y el rechazo del trasplante es agudo. Para evitar el rechazo se están desarrollando estrategias donde se enmascara este azúcar con otros para que no sea reconocido. Estas estrategias consisten en enmascarar el azúcar mediante el uso de antígenos específicos *alfa2-fucosyltransferasa*, crear cerdos knock-out induciendo una doble mutación en la *alfa-1-3 galactosil transferasa* o crear cerdos transgénicos que expresen el factor inhibidor del complemento. Además del rechazo agudo iniciado por el sistema de complemento, existe otro tipo llevado a cabo por las células endoteliales que reconocen un epitelio extraño y forma coágulos en la sangre, lo cual es muy grave. Otro factor a considerar es que el órgano esté libre de enfermedades animales para evitar el fenómeno de zoonosis. Para ello habría que criar a los cerdos en granjas asépticas y realizar los partos mediante cesáreas.

Otro tipo de xenotrasplante es el realizado con babuínos. Existen casos de una supervivencia de hasta 20 días con un corazón de babuino y otro de 70 días de un enfermo de HIV con hepatitis B trasplantado con un hígado de babuino. Algunas ventajas de los xenotransplantes es que supondrían una fuente de órganos para trasplantes teóricamente inagotable y que en algunos casos estos órganos son inmunes a ciertos tipos de virus o enfermedades humanas (como por ejemplo la hepatitis B).

Los xenotrasplantes podrían ofrecer un tratamiento potencial para el fallo orgánico terminal, un problema de salud significativo en el mundo industrializado. También suscita muchos problemas médicos, éticos y legales. Este tratamiento estaría englobado dentro de la denominada "terapia celular" y en última instancia incluso con la terapia génica; ya que una de las principales preocupaciones es que los organismos donantes tienen longevidades distintas a la humana. También preocupa la transmisión de enfermedades (xenozoonosis) y las posibles alteraciones permanentes de los animales para hacerlo posible.

Tan sólo se han publicado unos pocos procedimientos de xenotrasplante con éxito. Algunos pacientes que necesitaban trasplante de hígado fueron capaces de utilizar los de cerdos vivos situados al lado de su lecho mediante una conexión venosa, hasta que se dispusiera de un órgano humano.

Genómica

La genómica es un campo de la biología molecular. Un genoma es un conjunto completo de ADN dentro de una sola célula de un organismo, y como tal, la genómica se enfoca en la estructura, función, evolución y mapeo de los genomas. La genómica tiene como objetivo la caracterización colectiva y la cuantificación de los genes, que dirigen la producción de proteínas con la ayuda de enzimas y moléculas mensajeras. La genómica también implica la secuenciación y el análisis de genomas. Los avances en la genómica han desencadenado una revolución en la investigación basada en el descubrimiento para comprender incluso los sistemas biológicos más complejos en la actualidad, como el cerebro. En contraste con la genética, que se refiere al estudio de los genes individuales y sus roles en la herencia, la genómica utiliza la secuenciación de ADN de alto rendimiento y la bioinformática para ensamblar y analizar la función y la estructura de genomas completos. El campo también incluye estudios de fenómenos intragenómicos (dentro del genoma) como heterosis (vigor híbrido), epistasis (efecto de un gen sobre otro), pleiotropía (un gen que afecta a más de un rasgo) y otras interacciones entre loci y alelos dentro del genoma.

Diferencias de la genómica y otras ramas de la biología

A diferencia de la genética clásica que a partir de un fenotipo -generalmente mutante- busca el o los genes responsables de dicho fenotipo, la genómica tiene como objetivo predecir la función de los genes a partir de su secuencia o de sus interacciones con otros genes. Así, la genómica tienen un enfoque distinto para responder preguntas biológicas cuando se compara con otras ramas de la biología más tradicionales. En lugar de un enfoque reduccionista más comúnmente usado en otras ramas como lo son la biología molecular o la bioquímica, la genómica trata estos problemas de manera global. En el caso del estudio puro de genomas, la secuenciación de un genoma genera información sobre todos los genes presentes en un genoma. Distintas características de los genes como la posición en el genoma, la conservación de los genes observada entre distintas especies y las predicciones de la estructura de las proteínas o el ARN ahí codificados permiten inferir la función de algunos de los genes estudiados. En la genómica aplicada a estudios de transcriptómica se estudian los patrones de expresión de distintos genes a una escala global (véase Chip de ADN, PCR en tiempo real). De esta forma es posible sugerir posibles funciones e interacciones de genes observadas en un punto en el tiempo.

Los estudios genómicos se caracterizan por su interdisciplinariedad, debido a que el gran número de datos generados en un estudio de este tipo requiere combinar tanto conocimientos biológicos como estadísticos e informáticos.

Por otra parte, los estudios en genómica utilizan una estrategia Top-down para analizar preguntas en biología. Con este enfoque primero se observa el comportamiento global de muchos genes o biomoléculas en un organismo (ARN mensajero, proteínas, metabolitos, etc.) y eventualmente se llega a conclusiones más particulares que conciernen solo a algunas biomoléculas. De este modo, la aplicación de las ciencias genómicas permite abordar preguntas de gran importancia en biología que requieren de una comprensión global del problema. Por ejemplo, para el estudio de distintas enfermedades genéticas complejas es necesario disponer de una lista completa de los genes participantes y luego estudiar sus interacciones. Para entender la evolución de los genomas también es necesario disponer de secuencias completas para poder inferir distintos eventos que pudieron dar lugar al estado actual del genoma.

Para abordar distintos problemas biológicos las ciencias genómicas se subdividen en distintas áreas de conocimiento, por ejemplo la Genómica funcional, la Genómica estructural y la Genómica comparativa.

Aplicaciones de la genómica

Existen muchas áreas relacionadas con la genómica que se han ido desarrollando a lo largo de los años, algunas de las más importantes por su potencial tanto económico como social y ambiental son la medicina genómica, la genómica agropecuaria, la genómica forense, la genómica ambiental, la genómica industrial, etc. La Genómica es de gran importancia en la investigación de enfermedades genéticas.

Estudio de enfermedades genéticas:

Las enfermedades genéticas en el ser humano pueden ser de dos tipos: enfermedades mendelianas o enfermedades poligénicas. Las enfermedades mendelianas generalmente son causadas por un defecto en un solo gen, lo que dificulta su estudio debido a la penetrancia incompleta, aunque este factor también hace que existan distintos niveles de gravedad dependiendo del individuo. La mayoría de las enfermedades genéticas que afectan a humanos son poligénicas (enfermedades cardiovasculares, asma, cáncer, etc.) , por lo que están producidas por distintos genes, la presión ambiental y las interacciones entre estos. Hay tres maneras diferentes de llevar a cabo el mapeo de las variantes genéticas implicadas en una enfermedad: clonación funcional, estrategia del gen candidato y clonación posicional.

Respuesta a fármacos:

El medicamento perfecto sería aquel que, siendo efectivo contra una enfermedad, no produjera efectos secundarios. Ya que esto no se ajusta a la realidad, en la que un mismo fármaco puede causar efectos totalmente diferentes en dos individuos, el objetivo de la farmacogenómica es el de entender la variabilidad de unos pacientes a otros del medicamento e intentar definir el tratamiento que mejor se ajuste a cada individuo.

Estudios de domesticación: Actualmente con el uso de las herramientas genéticas se ha iniciado el estudio de los cambios fenotípicos que los animales han debido atravesar durante procesos de domesticación, para lo cual por ejemplo se pueden usar elementos como SNPs en sitios conservados no codificantes y secuencias codificantes así como diversidad de nucleótidos dentro de las poblaciones de animales, como el caso del conejo; estos datos podrían proveer información sobre polimorfismos o reducciones de la diversidad genética durante la colonización de nuevos sitios por parte de los animales.

La genómica en el futuro

Los genomas que han sido secuenciados han sido muy útiles para la humanidad, pero son una mínima parte del total de genomas existentes. La secuenciación de estos genomas aportará una información muy valiosa para el tratamiento de enfermedades, la agricultura y la biotecnología. Las secuencias genómicas completas de mamíferos ayudarán al entendimiento de la evolución y función del genoma humano. En el futuro, la información sobre la secuencia genómica completa podrá aplicarse en el tratamiento individual de pacientes, incluso en recién nacidos, dando lugar a una medicina más individualizada. El conocimiento de secuencias completas también tiene un aspecto negativo, ya que puede llevar a la discriminación de algunas personas identificadas como portadores de secuencias que determinen enfermedades, trastornos y rasgos físicos.

Herramientas de uso genómico

Para los análisis genéticos del desarrollo de la domesticación en los animales se podrían emplear programas de secuenciación genética como el caso de OryCun 2.0, así como también de Ensembl tomando en cuenta UTR, regiones no codificantes de ARN, y regiones no codificantes conservadas con el fin de poder determinar aquellas regiones genómicas bajo selección durante la domesticación 2. Estos parámetros de análisis también se pueden complementar con análisis de diversidad genética y heterocigosidad entre conejos salvajes y domésticos, al igual que con otro tipo de animales.

PREGUNTAS

1.- Que es Nanobiología?

Es la parte de la nanotecnología que se encarga de estudiar los aspectos biológicos de la materia. Aquí se utilizan productos y conocimiento que surgen de la misma nanotecnología y los aplica a la investigación en biología. Sería la fusión de la investigación biológica con la nanotecnología como áreas derivadas de ella, entre las que se puede mencionar como ejemplo la nanomedicina. Otra parte importante del área de la nanobiología es el estudio de las nanobiomoléculas y sus propiedades.

2.- Respecto a la llamada tercera ola, ¿cómo relacionas la Nanotecnología y Biotecnología?

La nanotecnología proporciona a las ciencias de la vida nuevos materiales y herramientas que tienen nuevas funciones o mejoran significativamente su desempeño. A su vez, la biología en la nanotecnología ofrece oportunidades sin precedentes para descubrir, aprender y utilizar nanoestructuras funcionales que son inherentes a los organismos vivos.

3.- ¿Qué es la Biotecnología Genómica?

La biotecnología genómica es una combinación entre las dos ciencias que componen su nombre. Los dos están relacionados de manera importante, ya que se centran en el estudio de genes o moléculas en organismos vivos; A su vez, se utilizan para productos de diversos campos como la medicina, la agricultura, etc. Hay que recordar que la biotecnología se centra en el desarrollo de productos mediante el uso de organismos o con ayuda de ellos, mientras que la genómica analiza cómo los genes actúan en un organismo.

Clase 16 de Noviembre: Biosíntesis de nanopartículas

Hola a todos, la clase de hoy es sobre **Biosíntesis de nanopartículas**, Revisar el siguiente video y hacer un resumen de él. Estaremos trabajando en línea.

<https://www.youtube.com/watch?v=6FHObqvEZ2g>

Introducción

La nanotecnología es un sector multidisciplinar empleado en el diseño y la manipulación de la materia con diversos fines sociales o económicos. Los progresos en este campo han posibilitado el desarrollo de herramientas, la caracterización de materiales, así como la investigación y el desarrollo de productos. Su impacto ha sido multidisciplinar y ramificado, existiendo una cooperación entre las diferentes áreas de conocimiento y extendiéndose a múltiples sectores de aplicación. En los últimos años, las **nanopartículas (NPs)** de metales nobles como el oro, la plata, el platino o el plomo están siendo ampliamente utilizadas en diferentes campos debido a sus propiedades antibacterianas y antioxidantes. Las NPs han sido sintetizadas de diferentes formas y tamaños mediante distintos procedimientos. Las **nanopartículas de plata, AgNPs**, son de aplicación en varias disciplinas incluyendo la catálisis, la fabricación de sensores, la medicina, la biología, etc, debido a sus especiales propiedades ópticas, magnéticas y eléctricas. Se estima que son las más comercializadas y de mayor interés económico.

Los métodos de síntesis de AgNPs son diversos incluyendo métodos químicos, electroquímicos, a través de radiación gamma o por ablación láser. La síntesis de metales por métodos químicos plantea graves problemas como la alta inversión de capital, el uso de productos químicos peligrosos o la alta temperatura y presión. Por esa razón, es esencial reemplazarlos por métodos ecológicos y de bajo coste. La Química Verde o Ecológica se considera como el método más apropiado, pues se centra en la eliminación de reactivos tóxicos, empleando materias primas de origen natural y aumentando la eficiencia energética, economía y la seguridad del proceso [3]. Numerosos estudios establecen la Green synthesis como una nueva opción para la obtención de materiales a escala nanométrica. La biosíntesis implica el

uso de microorganismos como bacterias, levaduras y hongos así como los extractos de las plantas para conseguir la reducción de diversos tipos de iones metálicos. La utilización de los extractos de plantas como agentes reductores puede ser una vía más rápida para preparación de NPs. Por tanto, la síntesis biológica de AgNPs, favorecida por la irradiación con ultrasonidos, puede ser una alternativa eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

Actualmente existen en la literatura diversos estudios sobre la síntesis de NPs. En el caso de [4] ofrece un estudio completo de la síntesis mediada por plantas utilizando como agente oxidante, haciendo especial énfasis en sus aplicaciones, por ejemplo, actividades de los antimicrobianos, antioxidantes y anticancerígenas. En concreto se desarrolla un método simple para sintetizar AgNPs en disolución acuosa a través de la irradiación ultrasónica, en el proceso se utilizó una solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH, 0,1 nM) con la adición de nitrato de plata (5,88 mM) obteniendo ultrafinas AgNPs con un diámetro promedio de 8nm. En donde se realiza el proceso de síntesis mediante el uso de la hoja de Lantana camara. En este estudio el proceso se centra principalmente en la caracterización biológica de las AgNPs obtenidas mediante irradiación por ultrasonidos. En dicho trabajo puede comprobarse como la utilización de los ultrasonidos actúa como catalizador aumentando la velocidad de reacción por medio de la cavitación. Este efecto se aprecia también en la absorbancia, que presenta un comportamiento exponencial respecto al tiempo. El trabajo concluye que el efecto sinérgico de la cavitación ultrasónica y del extracto de hoja es responsable de la formación inmediata de AgNPs. Este proceso constituye un método interesante desde el punto de vista de la Green Chemistry (CG).

Otro de los estudios describe el procedimiento empleado para la obtención biológica de AgNPs sobre hoja empleando extracto vegetal. El estudio analiza la capacidad reductora del extracto de perejil (*Petroselinum crispum*) para sintetizar AgNPs, realizando para ello un espectro de masas sobre el extracto del perejil. Se constató la naturaleza y presencia de las AgNPs sintetizadas mediante el extracto foliar de perejil a través de un espectrómetro fotoeléctrico de rayos X (XPS) y espectrofotometría UV-Vis (los resultados proporcionan picos de absorción a una longitud de onda cercana a los 400 nm).

El objetivo del presente trabajo se centra en el desarrollo de un método ecológico, rápido y eficaz para la obtención biológica de AgNPs mediante la utilización de irradiación de ultrasonidos como agente catalizador. Para tal fin se ha utilizado como agente reductor extracto

foliar de perejil. Esta planta herbácea presenta propiedades antioxidantes, lo que la convierte en una buena candidata cediendo electrones al agente oxidante, el H_2O_2 . Asimismo, el perejil destaca por su fácil cultivo y su presencia en un gran número de zonas geográficas. El extracto de planta evita el uso de agentes reductores químicos, de este modo, el método propuesto cumple con una parte importante de los requisitos establecidos por la CG, centrándose en la eliminación de reactivos tóxicos. Los ultrasonidos permitirán la alteración de la planta, liberando el contenido intracelular y aumentando la productividad de los bioprocesos. El proceso tendrá lugar gracias a un fenómeno asociado a los ultrasonidos, la cavitación, en el que se producirá la formación de pequeñas burbujas y su posterior implosión en el líquido. La síntesis de nanopartículas con ayuda de los ultrasonidos se considera una síntesis ecológica.

2 Materiales y Métodos

2.1 Reactivos

En el presente trabajo se ha utilizado un procedimiento basado en para la obtención biológica de AgNPs realizando la síntesis mediante la utilización de extracto vegetal. Para llevar a cabo la síntesis se utiliza una disolución acuosa de AgNO_3 de 10^{-4} M, preparada a partir de al 99,99%. (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Estados Unidos). Como agente reductor se ha empleado el extracto de perejil (*Petroselinum crispum*), cuyas propiedades antioxidantes son capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Del mismo modo, permitirá inhibir otras reacciones de oxidación. Diversos estudios atribuyen a los polifenoles el efecto reductor de las especies vegetales. En se determina de forma cualitativa los polifenoles presentes en el extracto foliar del perejil.

2.2 Instrumentación

Durante el proceso de síntesis se sonificará la mezcla de extracto de perejil y disolución de AgNO_3 mediante ultrasonidos de tipo Langevin de alta potencia. El transductor empleado presenta una frecuencia de trabajo de 24 KHz y está diseñado para su utilización en fluidos (figura 1a). El equipo de amplificación utilizado (Hielscher modelo UP 200S) permite modificar la amplitud de la señal irradiada en el líquido así como el porcentaje de ciclos de la señal emitida. El sonotrodo corresponde a la parte del conjunto oscilante que tiene contacto físico con la mezcla y será el encargado de transmitir las vibraciones hasta conseguir la cavitación deseada. Para el presente estudio se ha empleado un sonotrodo con crecimiento de la sección lineal. Se utiliza una centrifugadora (modelo Mixtasel BLT de Selecta, Barcelona) (figura 1b) para separar el sobrenadante del precipitado (AgNPs) y un espectrofotómetro UV-visible (modelo GENESYS,

Thermo Scientific Inc., Waltham Estados Unidos) para detectar la presencia de AgNPs biosintetizadas (figura 1c).

Biosíntesis de nanopartículas bacterianas: Como ya se comentó anteriormente, las nanopartículas pueden ser aplicadas en diversas áreas, pero su síntesis química involucra un elevado costo monetario, por lo que desarrollar formas de síntesis que sean limpias, no tóxicas y ecoamigables es indispensable (Iravani, 2014). Es así como los investigadores, en búsqueda de nuevas alternativas de síntesis de nanopartículas han usado microorganismos y también extractos de plantas (Kirthi et al.). En este contexto, y tal como lo mencionan Mohanpuria et al. (2008), la naturaleza presenta una gran fuente de diversas maquinarias para la síntesis de nano y micro materiales inorgánicos, que ha abierto un amplio campo de estudio como lo es la biosíntesis de nanomateriales.

Según la literatura, varios géneros bacterianos pueden sintetizar nanopartículas inorgánicas a través de rutas intra y extracelulares (Li et al., 2013), siendo los microorganismos reductores de metales pesados los mejores candidatos para ser utilizados en la síntesis de nanopartículas (Korbekandi et al., 2009; Iravani, 2014). Las bacterias son consideradas como potenciales biorreactores para la síntesis de nanopartículas de oro, plata, platino, paladio, titanio, dióxido de titanio, magnetita y sulfato de cadmio, entre otros (Iravani, 2014).

El uso de las bacterias en la síntesis de nanopartículas también, se ha posicionado como un proceso amigable con el medioambiente, debido a que requiere baja utilización de energía, posee compatibilidad medioambiental al usar microorganismos comunes del ambiente, reduce además los costos de mano de obra, es escalable, y se obtienen nanopartículas con igual o mayor estabilidad que las originadas a partir de la síntesis química (Correa-Llantén et al., 2013).

Uno de los primeros reportes en los cuales se hace alusión a la síntesis de nanopartículas en bacterias, que si bien aún no se denominaban como tal, es el trabajo de Lovley et al. (1987), en el cual se describe la síntesis de nanopartículas de magnetita por parte de una cepa de *Shewanella putrefaciens*. Este microorganismo reductor de hierro fue capaz de producir grandes cantidades de magnetita granulada ultra fina, observándose que las nanopartículas biosintetizadas estaban en un rango de medida de entre 10 a 50 nm. Estas nanopartículas se generaron utilizando materia orgánica y la maquinaria de reducción de hierro de *Shewanella putrefaciens*. De igual forma Ahmad et al. (2003) lograron la biosíntesis de nanopartículas de

oro monodispersas utilizando una bacteria alcalo tolerante identificada como *Rhodococcus* sp. Dicha biosíntesis se logró bajo condiciones biológicas extremas, tales como una alta alcalinidad y elevadas temperaturas. Por otra parte, Nair & Pradeep (2002), demostraron que una cepa de *Lactobacillus* generó nanocristales de oro. Otro ejemplo de biosíntesis bacteriana de nanopartículas es el publicado por Klaus et al. (1999), quienes demostraron que la bacteria *Pseudomonas stutzeri* AG259, aislada desde una mina de plata, al ser colocada en una solución acuosa de nitrato de plata concentrado, expresó una gran capacidad de reducción de iones de plata (Ag^+), llegando a la formación de nanopartículas de plata de tamaños homogéneos entre sí, y que se acumularon en el espacio periplásmico de la bacteria. De igual forma existen bacterias que han sintetizado nanopartículas de sulfato, como los nanocristales de sulfato de cadmio (CdS). Cunningham & Lundie, (1993) describen que *Clostridium thermoaceticum* pudo precipitar CdS tanto en la superficie celular como en el medio de cultivo, y se describe que la síntesis la pudo llevar a cabo a partir de cloruro de cadmio ($CdCl_2$) en presencia de clorhidrato de cisteína, siendo la cisteína, posiblemente, la fuente de sulfato.

Si bien existe una amplia evidencia de bacterias capaces de sintetizar nanopartículas, en la actualidad, la diversidad de cepas bacterianas que son capaces de producir nanopartículas es limitado y con poca participación de microorganismos termófilos, psicrófilos y psicrotolerantes (Shivaji et al., 2011) debido a que la mayor parte de los reportes están acotados a microorganismos mesófilos. Es así como los organismos psicrófilos y psicrotolerantes requieren especial atención ya que al crecer a menores temperaturas pueden ofrecer nanopartículas que posean ventajas sobre las generadas por organismos termófilos y mesófilos, debido a que muchas de las nanopartículas pierden estabilidad al disminuir la temperatura cuando se lleva a cabo alguna aplicación de ellas (Kumar & Mamidyala, 2011; Shivaji et al.).

Bacterias antárticas psicrófilas y psicrotolerantes productoras de nanopartículas: Entre los trabajos realizados en torno a la utilización de bacterias antárticas como productoras de nanopartículas, Pugin et al. (2014) reportaron una bacteria antártica psicrófila, identificada como *Pseudomonas* sp. cepa BNF22 que demostró tener la capacidad de sintetizar nanopartículas de telurio, de manera intracelular. Este grupo de investigación, además, pudo aislar una reductasa NADPH-dependiente de telurito a la cual se le asoció la capacidad de sintetizar estas nanopartículas en la bacteria. La clonación del gen que codifica para esta enzima, permitió su sobre expresión en una cepa de *E. coli*, la que fue capaz de generar las

nanopartículas presentes en *Pseudomonas* sp. cepa BNF22. En su trabajo lograron la creación de un microorganismo con las condiciones óptimas para la síntesis de nanopartículas, lo que permitiría que el proceso sea más eficiente. En lo que respecta a la caracterización de las nanopartículas producidas, estas presentaron un tamaño de alrededor de 68 nm, con actividad antibacteriana y baja citotoxicidad sobre líneas celulares eucariotas. En otro estudio Plaza et al. (2016), pudieron aislar tres bacterias antárticas capaces de producir nanopartículas de tipo quantum dots, específicamente CdS. La síntesis se realizó mediante la estimulación en el medio de crecimiento con CdCl₂. Estas bacterias fueron identificadas como *Pseudomonas fragi* NBRC 12049, *Pseudomonas psychrophila* SAs-12 y *Psychrobacter cibarius* N-140, resistentes a altas concentraciones de telurito y cadmio, y fueron capaces de sintetizar CdS y CdTe al ser expuestas a iones de estos metales pesados. La síntesis de nanopartículas se observó a diferentes temperaturas y concentraciones de estos metales pesados, además según los análisis microscópicos, las bacterias almacenaban las nanopartículas sintetizadas en vesículas localizadas en el espacio periplásmico. De acuerdo a las características en las que se realizó la síntesis de nanopartículas, se trataría de cepas que podrían potenciar la biosíntesis de quantum dots, debido a los bajos requerimientos energéticos de la síntesis

Nanomedicina

Molecular imaging & therapy

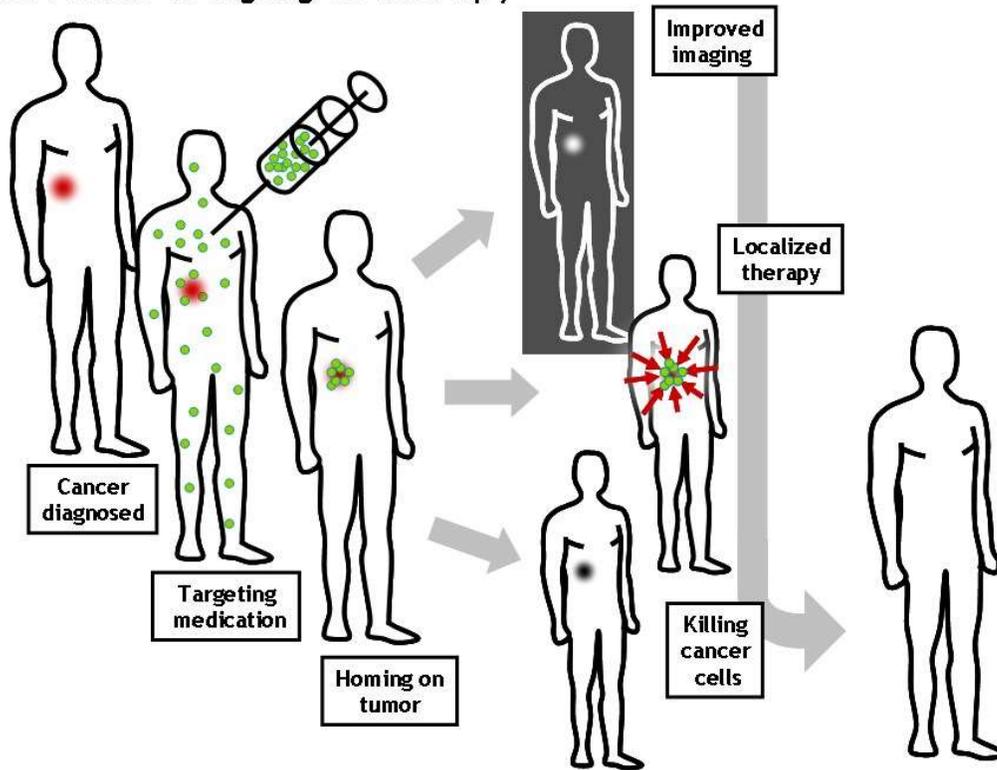


Ilustración de cómo las nanopartículas "se dirigen" a las células cancerosas para su posterior uso como visualización, terapia y curación del cáncer.

La nanomedicina es la aplicación de la nanotecnología en el campo de la medicina, incluyendo de igual modo la futura aplicación de la nanotecnología molecular, y es empleada para mejorar la calidad de vida de los seres humanos, combatiendo las enfermedades de una forma innovadora. Los problemas actuales para la nanomedicina involucra la comprensión de las consecuencias de la toxicidad y el impacto ambiental de materiales a nanoescala. Un nanómetro (nm) es una millonésima de un milímetro (10^{-9} m). En teoría, con la nanotecnología se podrían construir pequeños nano-robots, nanobots que serían un ejército a nivel nanométrico en nuestro cuerpo, programados para realizar casi cualquier actividad. El término nanomedicina se originó con las concepciones de la visión de Eric Drexler acerca de [robots nanomecánicos y sus aplicaciones potenciales en medicina](#). Dicho término ha sido definido de distintas maneras en la literatura, algunos de estos conceptos lo suficientemente amplios como para incluir todas las áreas de la nanotecnología médica, sin embargo la mayoría se enfocados en el control y manipulación de procesos a nivel celular en la nanoescala, aplicado al diagnóstico y tratamiento.

Las sociedades están constantemente buscando la manera de mejorar la salud, en cuanto a costos, cobertura, efectividad, respuesta ante enfermedades emergentes, y cambios demográficos. La nanotecnología ha sido examinada de manera crítica para determinar la manera en que las nuevas capacidades que representa puedan ser aplicadas para las necesidades médicas actuales. Debido a que la nanotecnología hereda su enfoque a determinadas enfermedades derivadas de investigaciones médicas actuales, su principal objetivo ha sido hacia enfermedades no infecciosas e.g. cáncer, y enfermedades degenerativas.

Algunos desarrollos en la biomedicina a nivel nanoscópico tienen el potencial de crear nuevas generaciones de implantes médicos que estén diseñados para interactuar con el cuerpo, que monitoreen la composición química de la sangre y, si es necesario, liberen ciertos medicamentos. Actualmente se están desarrollando huesos, cartílagos y pieles artificiales que además de no ser rechazados por el organismo, buscan ayudar a algunas partes del cuerpo humano a regenerarse. Existen además nuevos sistemas para diagnóstico, imagenología y regeneración; de esta manera se pretende que se mitiguen los efectos secundarios de los actuales sistemas y/o procedimientos.

Mecanismos de síntesis: Los mecanismos a través de los cuales se sintetizan las nanopartículas bacterianas aún no están completamente descritos y se conoce poco sobre ellos, aun así, los más estudiados son los mecanismos de formación de nanopartículas metálicas. La síntesis de nanopartículas se asocia directamente con la capacidad de las bacterias para crecer en medios con altas concentraciones de metales pesados. Esta resistencia incluye una serie de mecanismos tales como bombas trans-membranales, sistemas de expulsión o extrusión de metales, impermeabilidad a metales, alteración en la solubilidad y toxicidad mediante cambios en el estado redox de los iones metálicos, precipitación extracelular de metales, entre otros, lo cual le permite a estas bacterias desarrollar mecanismos enzimáticos y no enzimáticos que conducen a la síntesis de nanopartículas. Una de las vías de síntesis de nanopartículas bacterianas es la reportada por Lengke & Southam (2005), quienes señalan que los metales en solución, que se encuentran en el medio de crecimiento de algunas bacterias, pueden unirse a tiosulfato y este complejo metal-tiosulfato ingresa a la célula. Una vez estando en el citoplasma bacteriano, este complejo metal-tiosulfato se disocia, permitiendo que el metal quede disponible para poder ser reducido en el citoplasma mediante enzimas intracelulares y así dar paso a la formación de nanopartículas, las que a su vez, pueden ser transportadas hacia la superficie celular o al espacio

periplasmático de las bacterias (Fig. 1 A). Otro mecanismo propuesto por Lengke & Southam (2006) explica que al entrar el complejo metal-tiosulfato a la célula, este es metabolizado y se obtiene como producto final de su metabolismo HS⁻ (sulfato de hidrógeno), el cual es liberado a través de poros de la membrana externa, provocando que disminuyan las condiciones redox alrededor de la célula, ocasionando la precipitación de los iones metálicos presentes en el medio; generando la síntesis extracelular de nanopartículas (Fig. 1 B).

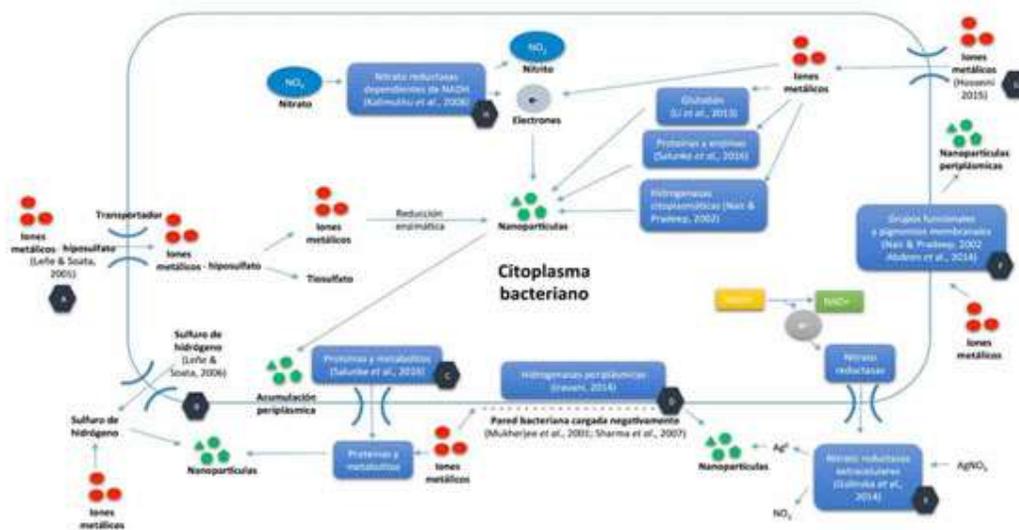
Salunke et al., por otra parte, indican que los microorganismos, en general, pueden realizar la síntesis de nanopartículas porque pueden excretar al medio algunas enzimas extracelulares y una serie de metabolitos secundarios que ayudan en los procesos de reducción y formación de nanopartículas (Fig. 1 C)

Mukherjee et al. (2001) y Sharma et al. (2007), proponen que otro mecanismo de síntesis de nanopartículas es mediante la generación de una carga negativa en la pared bacteriana, lo que permite que los iones metálicos interaccionen con la pared o la superficie bacteriana debido a su carga. Esto permitiría que, enzimas presentes en el espacio periplasmático y en la membrana bacteriana, como por ejemplo hidrogenasas periplasmáticas interactúen con los iones metálicos y den origen a nanopartículas que se acumularán en el espacio extracelular o en el espacio periplasmático bacteriano (Iravani, 2014) (Fig.1 D).

También, existe un mecanismo de síntesis bacteriana de nanopartículas que es mediado por nitrato reductasas dependientes de NADH. Golinska et al. (2014), describen el mecanismo como un proceso que parte en el citoplasma bacteriano, en donde existe una oxidación del NADH, el electrón liberado es utilizado por la nitrato reductasa, enzima que posteriormente pasa al medio extracelular, en donde interacciona con nitratos unidos a metales, traspasando el electrón al metal que está unido al nitrato, generando que el ion metálico con carga + pase a ser una partícula con carga 0, dando origen a la formación de nanopartículas (Fig. 1 E).

Por otra parte, Nair & Pradeep y Abdeen et al. (2014), proponen que en la síntesis bacteriana de nanopartículas también puede incidir la presencia de algunos grupos funcionales en las paredes y membranas bacterianas. Estos componentes bacterianos entregarían ciertas cargas locales, lo que facilitaría la formación de nanopartículas. De igual forma pigmentos bacterianos que se encuentren en las membranas y paredes pueden incidir en la formación de nanopartículas (Fig. 1 F).

Hosseini & Sarvi (2015), indica que en algunas bacterias, los iones metálicos presentes en el medio podrían entrar al citoplasma bacteriano. Una vez dentro del citoplasma bacteriano estos iones metálicos pueden ser reducidos mediante metabolitos como el glutatión (Li et al.), por la presencia de hidrogenasas citoplasmáticas (Nair & Pradeep) u otro tipo de proteínas y enzimas que lleven a la bacteria a formar nanopartículas de forma intracelular. Dentro de estos mecanismos uno de los más conocidos es el que llevan a cabo las nitrato reductasas citoplasmáticas, las cuales pueden reducir estos iones metálicos y transformarlos en nanopartículas intracelulares. (Kalimuthu et al., 2008; Prabhu & Poulouse, 2012) (Fig. 1 G y H). En este contexto, la Antártica se ha posicionado en el último tiempo como una fuente de microorganismos con capacidades antioxidantes excepcionales (Plaza et al.) ya que las condiciones extremas de este continente, tales como la radiación ultravioleta, baja disponibilidad de nutrientes, alta salinidad, entre otras características de los suelos, han hecho que los microorganismos que ahí habitan desarrollen mecanismos de resistencia a estrés oxidativo (Chattopadhyay et al. & Kulkarni et al., 2014). Algunas adaptaciones enzimáticas y no enzimáticas descritas en bacterias antárticas son glutatión s-transferasa (Shi et al., 2014), glutatión reductasa (Pugin et al., 2014), tioredoxina (Falasca et al., 2012) catalasas (Tribelli et al., 2012), super óxido dismutasas (Zheng et al., 2006), carotenoides (Dieser et al., 2010) y óxido reductasas (Madonna et al., 2006).



1.- Qué entiendes por química verde?

Parte de la química encargada de ver por el impacto ambiental en el diseño de productos o procesos químicos. Consiste en desarrollar métodos de cambio de sustancias y procesos involucrados en el desarrollo de un producto con el fin de reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente. La liberación de sustancias peligrosas al medio ambiente y la exposición de los seres humanos, la flora y la fauna a través de emisiones al aire, descargas en cuerpos de agua o la aparición de fugas hacen que el control químico óptimo sea indispensable en caso de que se concentre y que influyan significativamente.

2.- Qué relación tiene la nanomedicina y la Biosíntesis de Nanopartículas?

Las bionanopartículas se han utilizado en una variedad de aplicaciones, incluidos vectores de fármacos para administración dirigida, terapia contra el cáncer, terapia génica y análisis de ADN, agentes antimicrobianos, biosensores, velocidades de reacción mejoradas, ciencias de la separación e imágenes por resonancia magnética (MRI). Se sabe que las nanopartículas magnéticas como la magnetita son biocompatibles. Se han investigado activamente para el tratamiento selectivo del cáncer

3.- Qué es un bionosensor y cómo funciona?

Un biosensor es un dispositivo diseñado para detectar o identificar una molécula bioquímica, como una secuencia de ADN o proteínas específicas. Muchos biosensores se basan en la afinidad, lo que significa que utilizan una sonda de captura fija que se une selectivamente a la molécula que se está detectando, es decir, el objetivo o analito, cambiando así el desafío de detección. Detectan el objetivo en solución cuando se produce un cambio en la superficie local. Este cambio puede medirse luego mediante una variedad de métodos, incluidos los biosensores necesarios para la luz y movimiento mecánico,

4.- ¿Cómo las bacterias pueden sintetizar nanopartículas?

Varios géneros bacterianos pueden sintetizar nanopartículas inorgánicas a través de rutas intra y extracelulares, siendo los microorganismos reductores de metales pesados los mejores candidatos para ser utilizados en la síntesis de nanopartículas. Las bacterias son consideradas como potenciales biorreactores para la síntesis de nanopartículas de oro, plata, platino, paladio, entre otros. Un ejemplo son los microbios que utilizan los pili para pegarse entre sí y hacer crecer una película sobre casi cualquier superficie, creando un escudo que aumenta su capacidad para neutralizar aún más el uranio. La mejora también permite que las bacterias sobrevivan más tiempo.

5.- Describe el mecanismo de producción de nanopartículas de las bacterias psicrófilas y psicrotolerantes.

La síntesis de nanopartículas se asocia directamente con la capacidad de las bacterias para crecer en medios con altas concentraciones de metales pesados. Esta resistencia incluye una serie de mecanismos tales como bombas transmembranales, sistemas de expulsión o extrusión

de metales, impermeabilidad a metales, alteración en la solubilidad y toxicidad mediante cambios en el estado redox de los iones metálicos, precipitación extracelular de metales, entre otros, lo cual le permite a estas bacterias desarrollar mecanismos enzimáticos y no enzimáticos que conducen a la síntesis.

Clase 18 de Noviembre: Nanofungicidas

La clase de hoy es sobre NANOBIOLOGIA: NANOFUNGICIDAS veremos el siguiente video y lo comentaremos Nanotecnología aplicada a insecticidas

<https://www.youtube.com/watch?v=iJ8-wala8CE>

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial demanda alimentos y otros insumos, por lo cual el mayor desafío que enfrentan los investigadores agrícolas en el siglo XXI es innovar y generar tecnología para producir la cantidad y calidad de comida suficiente para alimentar a la creciente población mundial, pero sin degradar la salud del suelo y de los agroecosistemas (Bharadwaj, 2016). Esto implica que el paradigma de la llamada “Revolución Verde” sea replanteado, pero con un enfoque de sustentabilidad de los agroecosistemas (Shiva, 2016). Se ha estimado que la producción mundial de alimentos debe aumentar entre 70% y 100% para el año 2050 para poder satisfacer la demanda cada vez mayor de la población que continúa en constante aumento (Tomlinson, 2013). Sin embargo, la producción agrícola sigue siendo atacada por una gran cantidad de plagas de insectos, enfermedades y malezas. Se estima que los insectos plaga pueden reducir el rendimiento de los cultivos entre 10% y 40%. Actualmente, ha sido señalado que las malezas, las plagas y las enfermedades causan pérdidas anuales de 248 000 millones de dólares en la agricultura mundial (Fried, Chauvel, Reynaud & Sache 2017).

Para tratar de evitar estas pérdidas y mejorar la productividad, los agricultores están haciendo un uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos sintéticos, lo cual conduce al deterioro de la salud del suelo, degradación de agroecosistemas, a la generación de problemas relacionados con el manejo de residuos, contaminación del ambiente y la resistencia creciente a los pesticidas por los insectos y patógenos. Por lo tanto, existe la urgente necesidad de cambiar la forma en la que usamos los agroquímicos tradicionales por otros que sean más amigables con el medio ambiente. Estos cambios hacia la agricultura sustentable o ecológica de menor impacto ambiental pueden incluir: 1) la utilización racional de pesticidas y fertilizantes; 2) la detección y el control rápido y preciso de plagas y patógenos, así como de pesticidas y los

niveles de nutrientes en suelo y plantas; 3) la promoción de una mejor salud del suelo, evitando su degradación por el uso de agroquímicos convencionales (Kashyap, Xiang & Heiden, 2015). En este contexto, la nanotecnología (NT) ha surgido como un avance tecnológico-científico que puede transformar sectores de la agricultura proporcionando herramientas novedosas para la detección molecular de estrés biótico y abiótico (figura 1), así como para la detección rápida de enfermedades fitopatógenas y el mejoramiento en la capacidad de las plantas para absorber el agua, los nutrientes y los pesticidas (Khot, Sankaran, Maja, Ehsani & Schuster, 2012; Nuruzzaman, Rahman, Liu & Naidu, 2016). Además de esto, la nanobiotecnología también puede mejorar nuestra comprensión de la biología de los cultivos y, por lo tanto, potencialmente puede mejorar sus rendimientos o valores nutricionales (Fraceto et al., 2016). La NT también ofrece una gran oportunidad en la industria agro-alimenticia moderna, aunque no se debe perder de vista que también puede generar algunos riesgos debido a la incorporación de nanocompuestos o nanopartículas en el ambiente y los alimentos, ya que eso causa problemas en la salud y calidad de los alimentos (Handford et al., 2014). Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo de revisión es mostrar y poner en el contexto global actual las aplicaciones potenciales que ofrece la NT para el control de plagas y enfermedades para la generación de nuevos agronano insumos que incrementen la producción de alimentos y que ayuden a reducir el impacto ambiental de los agroinsumos sintéticos tradicionales.

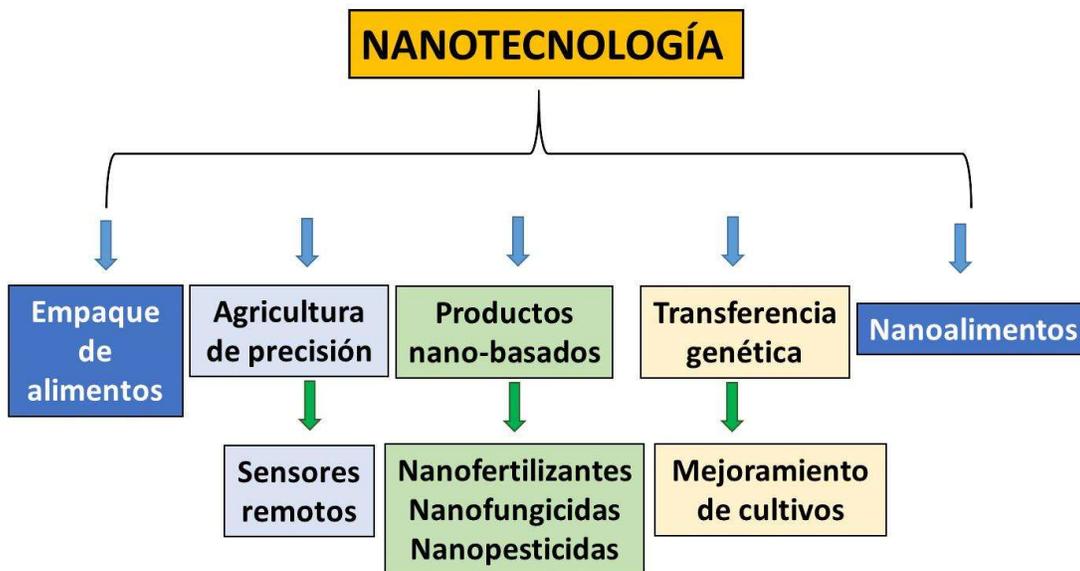


Figura 1

Aplicaciones de la nanotecnología en la agricultura moderna de precisión y en aspectos relacionados con la producción de alimentos. Las nanopartículas metálicas como cobre, zinc, fierro y plata; y las derivadas del carbono tienen notables efectos fisiológicos y bioquímicos en las plantas, por lo que también pudiesen tener aplicaciones en los empaques para recubrimientos de alimentos para extender la vida de anaquel o poscosecha, como para usarse en nanosensores, nanopesticidas, nanofertilizantes y para el mejoramiento genético de plantas.

La nanotecnología y sus aplicaciones en agricultura sustentable o ecológica

Los nanosensores y sistemas de suministro inteligentes basados en nano productos son algunas de las aplicaciones de la NT, mismos que ya se emplean en el sector agrícola para ayudar a combatir los patógenos de los cultivos, reducir al mínimo las pérdidas de nutrientes en la fertilización y mejorar la productividad de los cultivos a través de la optimización del uso del agua y nutrientes (Dubey & Mailapalli, 2016; Rameshaiah & JPallavi, 2015). Las nanopartículas (NPs) también son utilizadas para mejorar la eficiencia de los plaguicidas al aplicar en el campo menores dosis (Patil, Borase, Patil, Salunkhe & Salunke, 2012). Dispositivos derivados de la nano y bio tecnología también se están explorando para hacer más eficiente el manejo agronómico de los cultivos, así como para la transformación genética de plantas (transgénicos), al crear nuevas variedades tolerantes y/o resistentes a factores bióticos y abióticos (Prasad, Kumar & Prasad, 2014; Torney, Trewyn, Lin & Wang, 2007).

Entre los avances de la NT para la agricultura se pueden destacar los siguientes: encapsulamiento de ingredientes activos como fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas y nutrientes, los cuales se pueden incorporar en matrices de liberación lenta o controlada en materiales naturales como la zeolita (Lateef et al., 2016). Este mineral aluminosilicato representa una de las opciones más prometedoras y viables para hacer frente a los retos actuales en el ámbito de la agricultura sustentable y la seguridad alimentaria, especialmente de cara a los retos del cambio climático (Hidayat, Fadillah, Chasanah, Wahyuningsih & Ramelan, 2015). Se ha demostrado que la encapsulación de los ingredientes activos en NPs aumenta la eficacia de sus ingredientes químicos, ya que permiten reducir su volatilización, lixiviación y se puede reducir la toxicidad y contaminación de los agroecosistemas usando estos nanoproductos (Cota, Cortez, Burgos, Ezquerria & Plascencia, 2013).

Antecedentes de la nanotecnología

La NT ha estado presente en la civilización desde la antigüedad y con el paso del tiempo ha ido creciendo a pasos agigantados, particularmente a partir de la década de 1980 y manteniéndose hasta la fecha (Hulla, Sahu & Hayes, 2015). Los orígenes de la NT se remontan a los resultados de investigación generados por el físico estadounidense Richard Phillips Feynman, ganador del premio Nobel de Física, quien en 1959 ante la Sociedad Americana de Física impartió la conferencia “Hay mucho sitio en el fondo”. En aquella conferencia, Feynman propuso manipular y fabricar artefactos con la precisión de unos pocos átomos, a pesar de dicho razonamiento, esas ideas permanecieron estancadas y sin prosperar por mucho tiempo.

Paulatinamente se han producido algunos acontecimientos importantes que crearon los cimientos para el desarrollo actual de la NT, entre ellos se encuentran los siguientes eventos:

- 1) En 1974 se produjo el primer registro de una patente para la protección de datos mediante un dispositivo molecular fabricado por Aviram y Seiden de la corporación IBM.
- 2) En 1982 el suizo Gerd Binnig y el alemán Heinrich Rohrer inventaron el microscopio de barrido de efecto túnel, el cual permite ver objetos de tamaño nanométrico.
- 3) En 1985 Harold Kroto, Robert Curl y Richard Smalley descubrieron una de las formas estables en la configuración de átomos de carbono, o sea, las jaulas esféricas con 60 átomos de carbono conocidas como fullerenos o bucky balls en honor a Buckminster Fuller, diseñador de la cúpula geodésica o balón de fútbol (figura 2). Posteriormente, en 1986, los inventores del microscopio de barrido fueron galardonados con el premio nobel de física por sus descubrimientos sobre microscopía de barrido de túnel.
- 4) En 1986, Eric Drexler publicó el libro “Los motores de la creación” con una amplia visión de futuro de lo que se llamaría nanotecnología molecular.
- 5) En 1989, dos científicos de la compañía IBM hicieron posible la grabación de datos a escala nanométrica.

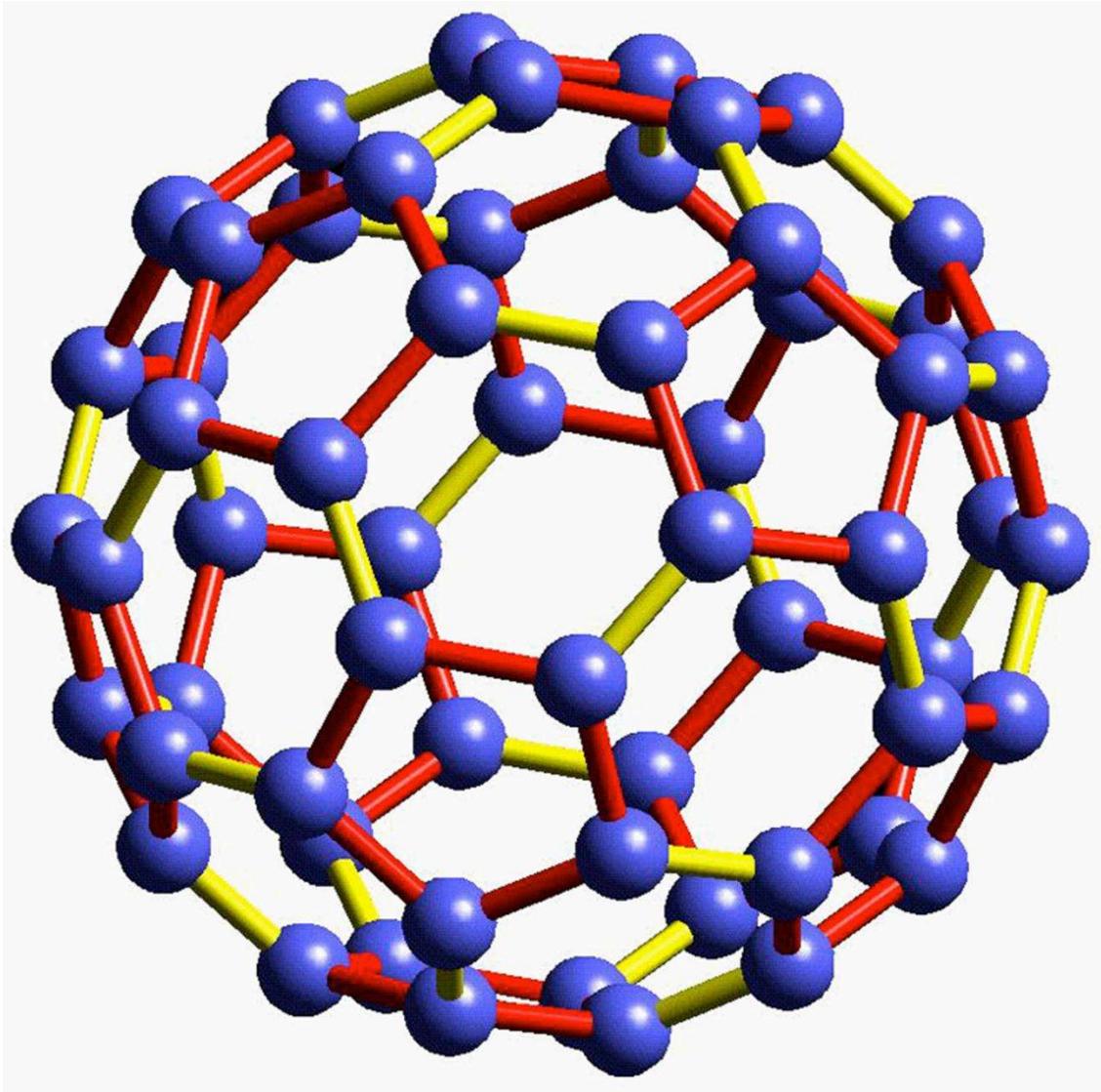


Figura 2

Representación esquemática de la nanopartícula llamada fullereno o bola de Buckminster conteniendo 60 carbonos. Los fullerenos son moléculas tridimensionales estables y muy resistentes, las cuales están constituidas exclusivamente por un número definido de átomos de carbono, donde las más comunes son el C60 y C70.

En 1991 el japonés Sumio Iijima informó de la existencia de unas nanopartículas (NPs), que luego fueron llamadas nanotubos de carbono (NTC), ampliamente usados en la investigación de actualidad, incluyendo diversos experimentos en cultivos agrícolas (Khodakovskaya, de Silva, Biris, Dervishi & Villagarcia, 2012; Kodakovskaya et al., 2013). Por otro lado, la

aplicación de la NT en la agricultura y en la industria alimentaria se discutió por primera vez en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) en septiembre de 2003 (Weiss et al., 2006).

Multidisciplinas involucradas en el desarrollo nanotecnológico

La NT ha evolucionado a través del tiempo mediante la aportación interdisciplinaria de ideas y propuestas emanadas de la biología, química, física, ingeniería y la medicina; donde se conjuntan estrategias que están permitiendo diseñar, sintetizar y fabricar materiales y dispositivos electrónicos bajo pedido especial. Estos materiales tienen propiedades mejoradas o completamente nuevas (Smith & Lyshevski, 2016). La biología y biotecnología son ciencias que tiene una función clave en la NT. Por ejemplo, sabiendo que una salamandra se adhiere a la pared gracias a la presencia de nanoestructuras en sus dedos es posible diseñar nuevos adhesivos usando esa tecnología. Estos conocimientos han permitido idear tejidos inteligentes que no se mojan y que se usan en modernas e innovadoras prendas de vestir (Indrová et al., 2015).

La aplicación de la NT en la agricultura y la industria de alimentos también están recibiendo mucha atención en la actualidad. Las inversiones en agricultura y alimentación nanotecnológica van en aumento debido a sus beneficios potenciales, los cuales incluyen desde la mejora en la calidad e inocuidad de los insumos agrícolas hasta un mejor procesamiento y mayor valor nutricional de los mismos (Dasgupta et al., 2015). Mientras que la mayor inversión en NT se realiza en los países desarrollados, los avances de investigación ofrecen una visión de potenciales aplicaciones en la agricultura y la alimentación de todo el mundo y, en especial, para zonas marginadas, que podría tener un impacto significativo en las poblaciones rurales de los países en desarrollo (Prasad et al., 2014).

Producción o síntesis de nanopartículas y principales aplicaciones en la industria

Existen algunos tipos de NPs que son producidas o sintetizadas por diversos procesos industriales como la pirólisis, permitiendo la producción de materiales a gran escala como el humo de sílice por procedimientos con altas temperaturas. También hay NPs de óxido de titanio y metales ultra finos empleados en los procesos de combustión (diésel, carbón, etc.) en los procesos domésticos, así como en la obtención de pigmentos (Rauta & Sahoo, 2015).

Las nanoestructuras con un tamaño de escala menor a 100 nanómetros (nm) pueden ser preparadas por descomposición no isotérmica en una atmósfera oxidante. Así, por ejemplo, las nanoestructuras de sílice se pueden sintetizar a partir de la cáscara de arroz obteniendo un polvo uniforme ultrafino. Los nanohilos o nanoalambres pueden ser sintetizados por muchos procesos. Recientemente, los nanoalambres amorfos de SiO₂ se han sintetizado a partir de un método vapor-líquido-sólido usando galio (Ga) como catalizador y como fuente de sustrato al silicio (Si), obteniéndose nanoalambres de SiO₂ muy finos, con diámetros de 50 nm a 100 nm y longitudes de 10 µm a 50 µm (Pukird et al., 2017).

Hay NPs como las metálicas y minerales que se generan mediante la ingeniería de síntesis, en las que para su obtención se utilizan dos tipos de métodos: (1) El llamado top-down (de arriba hacia abajo), en los que se producen nanomateriales sometiendo materia prima convencional a diversos procesos, y (2) el bottom-up (de abajo hacia arriba) en los que se construyen NPs a partir de átomos o moléculas mediante precursores y síntesis química (Cai et al., 2015). Las NPs ya sea en forma de nanopolvos, nanoracimos o nanocristales, son partículas microscópicas de tamaño menor a 100 nm. Actualmente, las NPs son un área de intensa investigación científica debido a una amplia variedad de aplicaciones potenciales en los campos de la biomedicina, óptica electrónica, en la agricultura y la industria de alimentos (Kulkarni et al., 2015; Kumar et al., 2015). Sin embargo, también es necesario señalar que existen riesgos en la utilización de las NPs debido a que por su tamaño pueden atravesar las paredes y membranas celulares pudiendo ocurrir una estrecha interacción con las biomoléculas u organelos celulares, aunque no se comprenden por completo los efectos de dichas interacciones, son objeto de diversas investigaciones en todo el mundo. Por ejemplo, los fullerenos y nanotubos de carbono se pueden unir a sitios activos de ciertas enzimas como la glutatión S transferasa y suprimir su función en animales y plantas (Robles & Cantú., 2017).

Aplicaciones de diversas nanopartículas en la agricultura e industria alimentaria

Los científicos agrícolas se enfrentan a una amplia gama de desafíos como el estancamiento en el rendimiento de los cultivos, la baja eficiencia en el uso de macro y micronutrientes, la disminución de materia orgánica del suelo, carencias multinutricionales, el cambio climático, la reducción de la disponibilidad de tierras cultivables, así como la escasez de agua y mano de obra para el campo (Shiva, 2016). Para hacer frente a estos problemas, la NT encuentra aplicación en la necesidad de explorar el uso de diversos tipos de nanomateriales en

contenedores de alimentos (Echegoyen & Nerín, 2013). Esto tiene como finalidad preservarlos del ataque de microorganismos patogénicos. Además, otro tipo de nano sensores permiten precisar, detectar y entregar la cantidad correcta de nutrientes y plaguicidas que promueven la productividad sustentable utilizando diversos tipos de NPs (Ghormade et al., 2015; Subramanian et al., 2015). En la figura 3 se muestra un esquema que ilustra las diferentes aplicaciones potenciales de la NT en numerosos aspectos de la agricultura moderna.

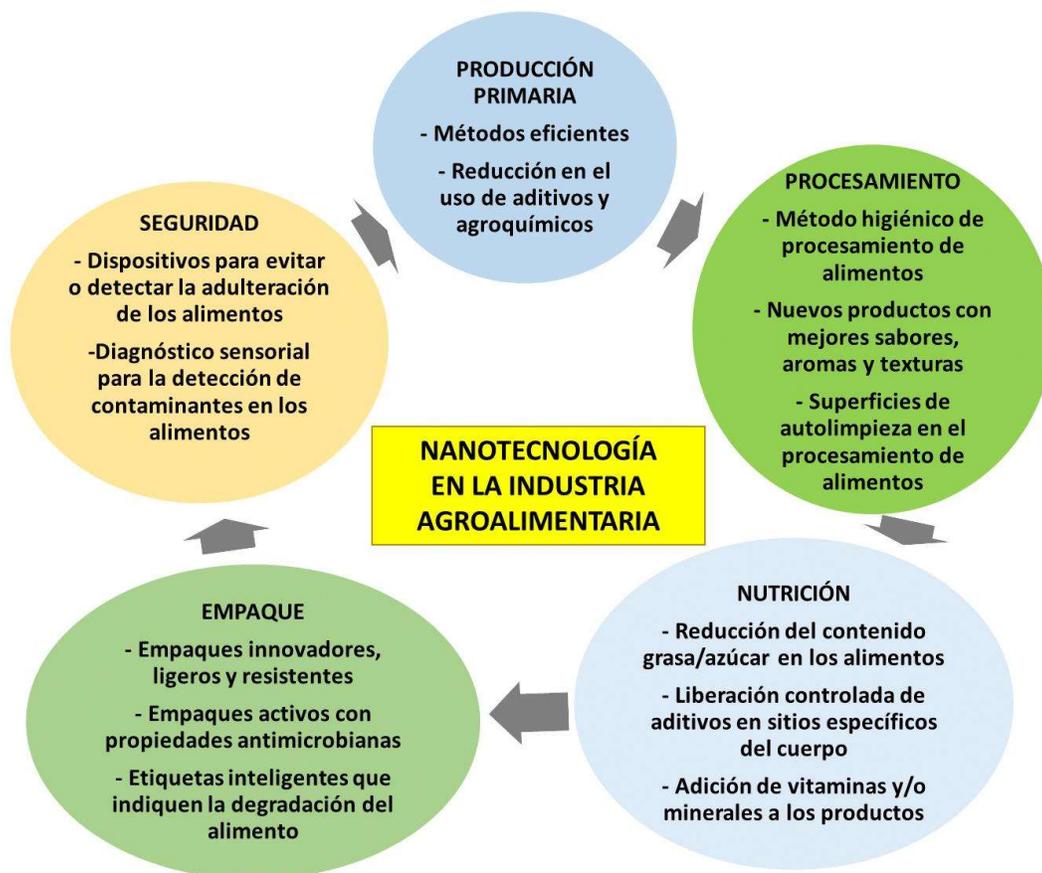


Figura 3

Empleo de la nanotecnología en la industria alimentaria, lo cual involucra el procesamiento de alimentos; la elaboración de productos con mejores sabores y aromas; la liberación controlada de aditivos, así como para la producción de empaques inteligentes conteniendo sensores de microorganismos patógenos; generación de nanopesticidas para reducir el uso de agroquímicos convencionales y la liberación controlada de micronutrientes en sitios específicos de la planta. Las NPs también se pueden utilizar para capturar o retener metales pesados para el tratamiento de suelos y aguas residuales.

Las NPs ya sean metálicas derivadas del carbón u otros materiales como arcillas, etc., pueden emplearse en muchos aspectos como la agricultura y el procesamiento higiénico de alimentos para generar incrementos en la eficiencia de los agroinsumos y para reducir significativamente las cantidades de productos por aplicar, así como para la elaboración de productos alimenticios con mejores sabores, aromas y texturas (Singh et al., 2015).

El uso principal de las NPs metálicas de cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), plata (Ag), titanio (Ti) y otras, en la agricultura e industria alimentaria, se debe principalmente a su actividad antimicrobiana. Por ejemplo, el dióxido de Ti es un colorante alimenticio que puede utilizarse como barrera de protección en el envasado de consumibles (Zhang, Su, Zhao & Tan, 2008). En el caso de semillas y plantas Adhikari, Kundu & Rao (2016) encontraron un efecto positivo y promotor de la germinación al observar que las NPs de zinc pueden penetrar el tegumento de las semillas y estimular favorablemente respuestas fisiológicas y bioquímicas. Por su parte, las NPs de plata son utilizadas como agentes antimicrobianos (Aouada & de Moura, 2015; Prabhu & Poulouse, 2012); además se aplican a paneles de refrigeradores y frigoríficos, así como en los recipientes o contenedores de almacenamiento, líneas de envasado y otras superficies destinadas a entrar en contacto con los alimentos (Echegoyen & Nerín, 2013). Por su parte, las NPs orgánicas (micelas, vesículas, liposomas, dendrímeros, cápsulas, etc.), se emplean en humanos como antimicrobianos y para mejorar el valor nutritivo de los alimentos utilizándose como vehículos para encapsulación y posterior liberación gradual o controlada de medicamentos, vitaminas y otros nutrientes incorporados en las nanocápsulas (Perni et al., 2015).

Respecto al sector agrícola, diversos experimentos se han realizado para conocer el tamaño óptimo, forma y concentración de las NPs para que sean aplicadas a las plantas tratando de mejorar su penetración y translocación vascular por los haces vasculares del xilema y floema (Da Costa & Sharma, 2016; Ebbs et al., 2016). Las NPs pueden penetrar los tejidos vegetales cuando se aplican sobre las hojas de las plantas en forma de aerosol o aspersión (Wang, Tarafdar & Biswas, 2013), penetrando por los estomas y desplazándose luego por el floema hacia diferentes tejidos de las plantas (Jalali, Ghanati, Modarres-Sanavi & Khoshgoftarmansh, 2017). También se pueden aplicar a la zona de las raíces mediante el riego y de esa manera las NPs se pueden desplazar por el sistema conductivo del xilema (López-Moreno et al., 2016).

Algunos resultados revelan que solo el 14.7% del nanomaterial aplicado a las plantas se pierde al usar la técnica de aspersión o aerosol, en comparación con la pérdida de 32.5% o más con los productos agrícolas convencionales (Hawthorne et al., 2014).

Numerosos estudios revelan que concentraciones o dosis de NPs menores a 5 ppm pueden promover mayor crecimiento de las plantas. El tamaño de las NPs es un factor que interviene en su penetración y translocación en el interior de los tejidos vegetales, por lo tanto, a mayor tamaño de NPs menor será la penetración en las plantas (Adhikari et al., 2016; Cota et al., 2014). Otros autores señalan que, por lo que se refiere a nanofertilizantes, es recomendable utilizar NPs con tamaños menores a 20 nm (Sairam & Gangurde, 2016) para que al ser aplicadas foliarmente puedan penetrar fácilmente al interior de las plantas mediante la apertura de los estomas, los cuales tiene tamaños micrométricos fluctuando en el rango de 10 μm a 60 μm (Fricker & Willmer, 2012).

Las NPs de Cu han atraído la atención en los últimos años por ser un metal semiconductor muy abundante, que tiene excelentes propiedades físicas, químicas y antibacteriales (Carrillo et al., 2016; Shende, Ingle, Gade & Rai, 2015). El cobre ha sido de interés particular porque a diferencia de otros metales antimicrobiales presenta un amplio espectro de acción contra hongos y bacterias fitopatógenas (Betancourt et al., 2014; Lira et al., 2015). El factor responsable de las propiedades antimicrobiales del cobre es la habilidad que tiene para aceptar o donar electrones, ya que tiene un nivel alto de oxidación catalítica y una reducción potencial alta. Cuando el Cu está en un estado de oxidación, es altamente efectivo como antimicrobial debido a la interacción con ácidos nucleicos, sitios activos enzimáticos y componentes de la membrana en células que causan la enfermedad (Cioffi et al., 2005).

El estudio de Kvittek et al. (2009) demostró que las NPs Ag tienen un efecto significativo bactericida contra *Paramecium caudatum*. La plata posee propiedades antibacterianas naturales, mismas que son reforzadas cuando este metal forma NPs con tamaño de 10 nm a 20 nm. Se ha determinado mediante imágenes de microscopía electrónica de transmisión, los daños que causan las NPs Ag a la membrana celular y algunos elementos del citoplasma (figura 4). Aunque aún no se ha podido descifrar si la plata tiene uno o varios blancos de ataque, se cree que su alta reactividad con compuestos de azufre la hace reaccionar con enzimas localizadas en la membrana, las cuales contienen éste elemento (Morones et al., 2005). Las mitocondrias celulares son las responsables de la respiración y del control de intercambio de

materiales intracelular y luego con el ambiente externo, esto implica que la membrana al perder permeabilidad y que se reduzcan los niveles de adenosina trifosfato (ATP), entonces la bacteria no es capaz de efectuar los procesos de respiración y eventualmente muere (Hajipour et al., 2012; Mukherjee et al., 2014).

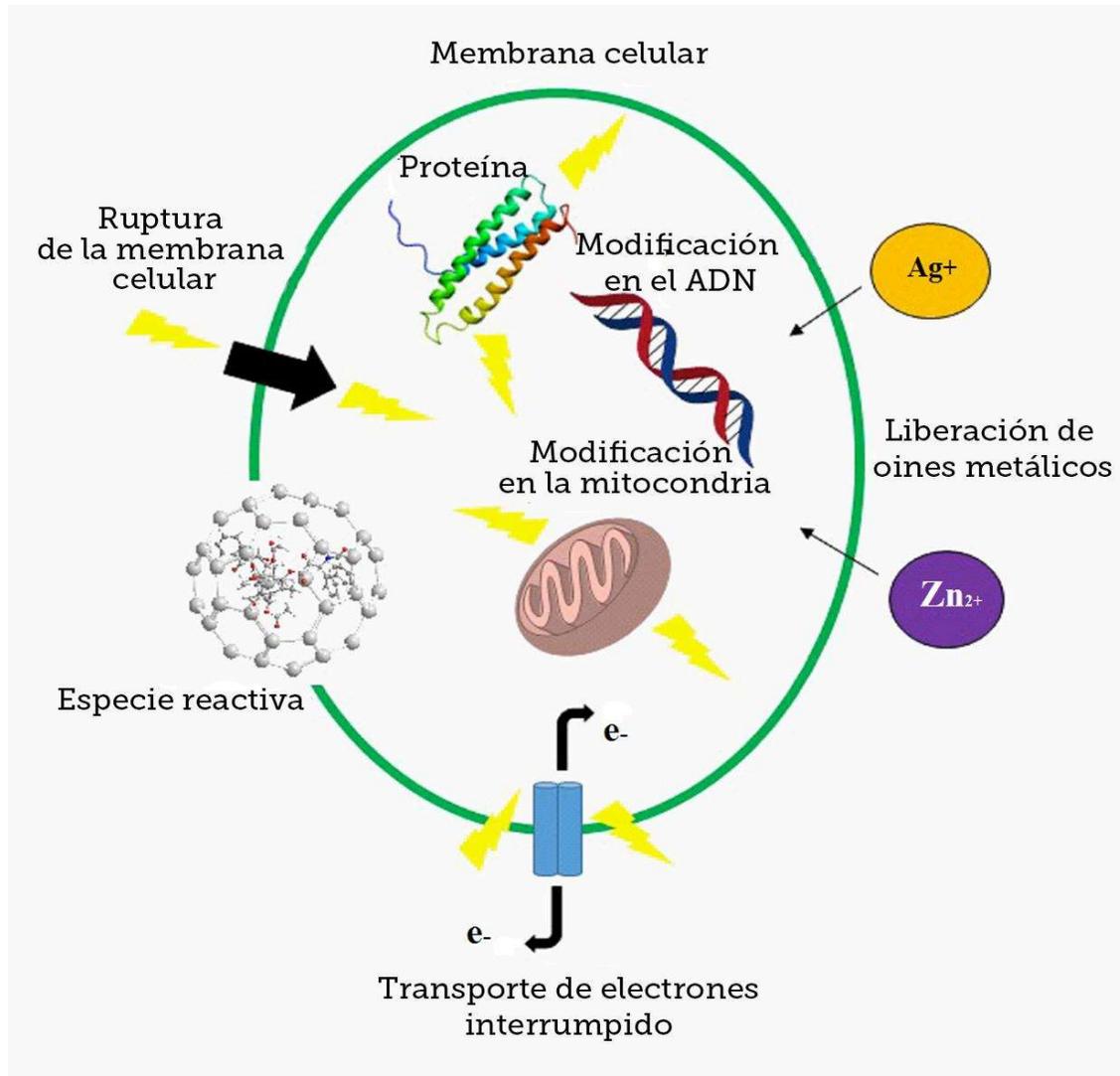


Figura 4

Esquema que ilustra el efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata en las membranas, mitocondrias, organelos celulares, el ADN nuclear, así como en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), que se generan como respuesta a las nanopartículas cuando penetran al interior de las células. El mecanismo antibacteriano de las NPs puede ser debido a un aumento en la generación de ROS intracelular, lo que provoca estrés oxidativo a las células bacterianas. También se pueden adherir a la membrana celular,

con lo que alteran su permeabilidad y funciones respiratorias, asimismo, interactúan con la superficie de las membranas y penetran en el interior celular, causando daño a los diferentes organelos y a nivel del ADN en el núcleo.

Además se ha demostrado que las NPs Ag reducen la necesidad de lavar frecuentemente los tejidos de tela usada en prendas de vestir, ya que las bacterias que están en la piel de quien usa la prenda son eliminadas y al ser tan pequeñas las partículas que ocupan los espacios de las fibras, evitan la acumulación de todo tipo de suciedad y manchas (Reed et al., 2016). Estos autores demostraron la eficacia antimicrobial de las NPs Ag durante numerosos ciclos de lavado de prendas de uso cotidiano, ya que los iones de plata se liberaron de la tela cuando fue lavada con y sin detergente, afectando así el crecimiento de la bacteria *Escherichia coli*. Por lo tanto, los textiles de algodón, lino, lana y otras materias generadas por la agroindustria son otra gran oportunidad de desarrollo para las NPs (Afzali & Maghsoodlou, 2016). Hay algunas NPs que no permiten la penetración de líquidos, porque se adhieren con ganchitos nanométricos a filamentos de las fibras textiles, impidiendo que los líquidos penetren a través de la tela (Quintili, 2012).

Usos de los nanotubos de carbón y grafeno en la agricultura

El carbono es uno de los elementos más comunes que existen en la naturaleza, se presenta en varias formas, algunas de ellas son el diamante, el grafito, los fullerenos, los nanotubos de carbono y el grafeno (Serag et al., 2011). Actualmente, los nanotubos de carbono (NTC) son considerados como una nueva forma de carbono puro, como hojas enrolladas de grafito con una red hexagonal unida por átomos de carbonos, las cuales existen de dos tipos: de pared simple, pareciendo ser como un cilindro y de paredes múltiples o multiparedes, consistiendo de muchos cilindros anidados, cuyos radios sucesivos difieren en el espacio entre capas de grafito (Ayutsede et al., 2006).

Los NTC poseen una correcta combinación de propiedades: un diámetro nanométrico, integridad estructural, alta conductividad eléctrica y estabilidad química, lo cual los hace que tengan múltiples usos potenciales incluyendo en células vegetales y, por ende, en las plantas cultivadas (Serag et al., 2011). Las aplicaciones de los NTC en el campo de la biotecnología son variadas e incluyen a los NTC como componentes de ADN, proteínas y como biosensores,

bloqueadores de canales iónicos; para usarse en biocatálisis, neurociencias e ingeniería de tejidos, etc. (Enyashin, Gemming & Seifert, 2007).

En el campo de la agricultura, los NTC han sido utilizados para promover el crecimiento de las plantas, tal como lo demostró Cañas et al. (2008) al estudiar su efecto en seis especies de plantas (repollo, zanahoria, pepino, lechuga, cebolla y tomate). Ellos encontraron que los NTC de pared sencilla estimularon el crecimiento de algunas de esas especies. Otros resultados han sido generados por investigadores de la Universidad de Arkansas en el Centro de Nanotecnología de Little Rock, Arkansas, E.E.U.U., quienes han descubierto que células de plantas de tabaco se desarrollan con mayor velocidad (Khodakovskaya et al., 2012) debido al efecto de los NTC multiparedes; asimismo, se ha verificado que la exposición de semillas de tomate a estos NTC hace que las semillas germinen más rápido y que las plantas de esta hortaliza crezcan más y alcancen mejores rendimientos (Khodakovskaya et al., 2013).

El trabajo de Villagarcía, Dervishi, de Silva, Biris & Khodakovskaya (2012) reveló que los NTC promovieron el crecimiento de plantas de tomate tratadas, ya que los nanotubos se comportaron como canales de agua dentro de las plantas, lo cual promovió mayor presión hidrostática y turgor dentro de las células; consecuentemente esto generó elongación celular y mayor crecimiento vegetal. En el trabajo de Saxena, Maity & Sarkar (2014) se reporta que NPs de carbón obtenidas de un subproducto agrícola llamado biochar son capaces de liberar lentamente nutrientes catiónicos y aniónicos con el paso del tiempo, logrando promover el crecimiento de plantas de trigo. Eso se correlaciona con la acción de refuerzo que tienen las NPs de carbón en el suministro de nutrientes a las plantas jóvenes. Por lo tanto, esas NPs pudieran ser una mejor opción que el fertilizante o abono solo debido a la liberación lenta o controlada de nutrientes, permitiendo una mejor asimilación por las plantas y con mayor eficiencia de aplicación, absorción y utilización.

Por otra parte, el óxido de grafeno (OG) es otro material derivado del carbón, el cual se presenta como una lámina de grafeno funcionalizada con diferentes grupos oxigenados que se puede emplear como precursor del grafeno o como un material grafénico en sí mismo. Es un buen aislante, higroscópico, con alto contenido de oxígeno y muy hidrofílico (Wang et al., 2012). El OG se dispersa fácilmente en agua mediante el empleo de ultrasonido o con agitación mecánica. También puede suspenderse en disolventes orgánicos como el dimetilformamida,

N-metilpirrolidona o el tetrahidrofurano, porque es anfifílico, una propiedad de los tensoactivos que pueden funcionar de manera dual: o sea atrayendo y repeliendo el agua.

Los grupos hidroxilo, epoxi y carbonilo presentes en la estructura del OG hacen que este sea muy hidrofílico, de tal forma que las moléculas de agua absorbidas tienden a acumularse entre las láminas del OG, incluso después de largos periodos de secado. Esto puede dar lugar a la formación de enlaces por puentes de hidrógeno entre los grupos oxigenados y las moléculas de agua, lo que tendrá una gran influencia en sus propiedades electrónicas, mecánicas y estructurales (Ganesh, Isloor & Ismail, 2013).

El OG actúa como un material aislante, aunque su conductividad depende de sus propiedades químicas y estructurales. Sin embargo, al reducirlo para obtener grafeno (óxido de grafeno reducido [rOG]) sus propiedades cambian, por lo que puede llegar a ser un semiconductor como el grafeno. Además, las láminas de OG se pueden incorporar en cualquier sustrato para después de ser reducido o no, según la aplicación posterior, pudiendo ser empleado en la fabricación de elementos electrónicos flexibles, sensores químicos, nanosensores para fines agrícolas, etc. (Robinson, Perkins, Snow, Wei & Sheehan, 2008).

Se ha demostrado que las NPs de OG son antibacteriales (Liu, Liu, Wang, Yan & Sun, 2011), por lo que podrían tener múltiples aplicaciones en la industria alimentaria. El OG puede reaccionar con moléculas químicas para la incorporación de diversos grupos funcionales, lo que abre la puerta a un sinnúmero de aplicaciones agrícolas ya sea como portador de agroquímicos o fármacos, o en el área de la fotocatalisis (Mukherjee et al., 2016). En el sector agrícola, diversos autores reportan que estos nanomateriales grafénicos inducen mejor crecimiento de las plantas (Chakravarty, Erande & Late, 2015; Cheng et al., 2016; Jiao et al., 2016); en semillas promueven mejor germinación y vigor de las plántulas (Chakravarty et al., 2015).

Empleo de nanopartículas diversas como plaguicidas

La NT puede ofrecer alternativas verdes y ecológicas para el manejo sustentable de enfermedades fitopatogénicas al usar ciertas NPs metálicas, así como microorganismos benéficos que se pueden incorporar a NPs o a matrices zeolíticas, las cuales pueden actuar como portadores de los organismos y NPs para posteriormente ser liberados gradualmente. Es por eso que aparte de ser respetuosos del ambiente, algunos hongos antagonistas de patógenos

se utilizan como unidades de biofabricación, pudiendo proporcionar un beneficio añadido por ser fáciles de usar, en comparación con otros microbios. La naturaleza no patogénica de algunas especies de hongos, en combinación con la simplicidad de producción y manejo, mejorará la fabricación en masa de NPs cargadas o funcionalizadas con nutrientes o agentes biológicos para apoyo de la agricultura ecológica o sustentable (Alghuthaymi, Almoammar, Rai, Said-Galiev & Abd-Elsalam, 2015).

Los plaguicidas se dividen en subcategorías según el destino de acción específica, ya sea para destruir totalmente a las plagas o para hacer resistentes a las plantas. Estas categorías incluyen herbicidas que actúan sobre las malezas; insecticidas para el control de plagas; fungicidas y bactericidas contra el ataque de microorganismos causantes de enfermedades y para prevenir que se sigan propagando. La preparación de pesticidas a base de nanoencapsulados, hace que la liberación sea más lenta y controlada (Sun et al., 2014), aumentando así su nivel de acción y, por ende, una disminución del producto o ingrediente activo por aplicar, lo cual causa menor impacto ambiental y además se mejora su solubilidad al aplicarlo en el suelo para tener una mayor disponibilidad en las plantas (Kah, 2015; Shang, Feng & Zheng, 2006).

El trabajo realizado por Sarlak, Taherifar & Salehi (2014) demostró que al mezclar ácido cítrico con NTC multiparedes se tuvo mejor control del hongo *Alternaria alternata*, en comparación con el efecto de fungicidas sintéticos comerciales como el Zineb y Mancozeb, los cuales son fungicidas de amplio uso en la agricultura tradicional. Esto sugiere que los NTC pueden ser empleados como fungicidas en la agricultura moderna de la “Nueva Revolución Verde”, pero aplicándolos en muy bajas dosis, lo cual reduciría los costos y el impacto negativo a los agroecosistemas.

Las NPs también están siendo empleadas como antimicrobiales para el control de enfermedades de plantas, como promotores de germinación y crecimiento vegetal, así como nanofertilizantes (Liu & Lal, 2015). Los resultados reportados por Subramanian, Muniraj & Uthandi. (2016) señalan que algunos actinos bacterias están involucrados en la solubilización y movilización de nutrientes, en particular de fosfatos y hierro, además de facilitar la fijación biológica de nitrógeno en simbiosis con micorrizas. Recientemente, muchos informes de investigación sugieren que los actinos bacterias son capaces de producir NPs de óxidos metálicos, los cuales pueden ser explotados en la síntesis sustentable de nanomateriales y ser utilizados en sistemas biológicos.

La aplicación de pesticidas, fertilizantes, antibióticos y nutrientes en el sector agropecuario suele ser por aspersión al follaje de las plantas o al suelo mediante el sistema de riego para que sean luego transportadas de forma ascendente o descendente, por el sistema vascular de las plantas. En la agricultura moderna las NPs metálicas o derivadas del carbono también pueden aplicarse o dosificarse al suelo por medio de los sistemas de fertiriego, lo cual provoca una diversidad de respuestas fisiológicas y bioquímicas en las plantas. En este contexto, la NT también ofrece una gran oportunidad para desarrollar nuevos productos contra plagas, como ha sido demostrado recientemente por Le Van et al. (2016). Ellos reportaron el efecto insecticida de NPs metálicas de óxido de cobre a bajas concentraciones, se menciona que este mineral incrementa la expresión de la proteína tóxica de *Bacillus thuringiensis* en plantas de algodón transgénico. Sin embargo, esos autores también consignaron un efecto adverso, ya que dichas NPs redujeron significativamente la absorción de nutrientes como B, Mo, Mn, Mg, Zn y Fe, por las plantas de algodón.

Investigadores de la Universidad Estatal de Iowa han utilizado NPs de sílice mesoporosa (MSN) con tamaño de 3 nm como acarreadores y para la entrega de ADN y sustancias químicas en el interior de células vegetales aisladas. Las NPs MSN son químicamente recubiertas y sirven como contenedores de genes que luego son aplicados a las plantas. Este recubrimiento provoca que la planta pueda tomar las partículas a través de las paredes y membranas celulares donde se insertan, activando los genes biológicos de una manera precisa y controlada, sin provocar ningún efecto secundario tóxico después. Esta técnica se ha aplicado con éxito para introducir NPs en calabazas y ADN a plantas de tabaco y maíz (Corredor et al., 2009).

Actualmente novedosos dispositivos como los nanosensores se consideran que tendrán la capacidad de detectar y tratar una infección por hongos o bacterias, una deficiencia de nutrientes, o cualquier otro problema de sanidad vegetal, mucho antes de que aparezcan síntomas visibles en las plantas (Fraceto et al., 2016; Rai, Acharya & Dey, 2012). El trabajo de Pérez & Rubiales (2009) puso de manifiesto que la NT está abriendo nuevas aplicaciones potenciales para la agricultura, las cuales ya están siendo exploradas. Estos autores también señalan el potencial de la NT para desarrollar nanodispositivos y nanotransportadores para usarse como sistemas inteligentes para atacar sitios de emisiones químicas específicas en las plantas.

El oro nanométrico con tamaños de 5 nm a 25 nm fue usado para entregar e incorporar ADN en células vegetales, mientras que el óxido de hierro de 30 nm se empleó en nanosensores para detectar pesticidas en concentraciones muy pequeñas. Estas funciones ayudan al desarrollo de la agricultura de precisión, reduciendo al mínimo la contaminación y permitiendo maximizar las prácticas agrícolas sustentables (Malsch, Subramanian, Semenzin, Hristozov & Marcomini, 2015; Subramanian et al., 2015).

Nanopartículas empleadas como herbicidas

Uno de los problemas típicos en el manejo de los cultivos en la agricultura es la presencia de malezas, fuente principal de hospederos para la propagación de plagas vectoras de virus y enfermedades. Para combatir este tipo de problemas se ha optado por emplear nanoherbicidas (Mehrazar, Rahaie & Rahaie, 2015), dado que algunas NPs tienen como objetivo específico destruir malezas, se logra evitar competencia con las plantas cultivadas para conseguir mayores rendimientos (Prasad, et al., 2014). Los nanoherbicidas se están desarrollando para hacer frente a los problemas en el manejo de malezas perennes y el banco de semillas del suelo. La remediación de la contaminación ambiental provocada por residuos industriales y productos químicos agrícolas como pesticidas y residuos de herbicidas es posible usando nanopartículas metálicas (Yadav & Srivastava, 2015). Las aplicaciones actuales de diversas NPs como herbicidas son relativamente pocas, debido a que apenas están surgiendo resultados de investigación concluyentes. Sin embargo, una serie de productos y aplicaciones en los sectores agrícolas impulsados por la NT han ido aumentando constantemente en los últimos años y se prevé que crezca en el futuro para apoyar de manera importante el desarrollo de la agricultura ecológica (Kumar et al., 2015).

También se han realizados estudios respecto a la liberación controlada de herbicidas para limitar el daño que causan a humanos y ecosistemas. Ya se han utilizado nanoencapsulados de herbicidas a base de atrazina, triazina y ametrina, los cuales fueron probados y obtuvieron 84% de eficiencia en su liberación hacia las plantas (Grillo, Rosa & Fraceto, 2015). La atrazina es un herbicida utilizado ampliamente para eliminar malezas. Su uso continuado ocasiona que los suelos pierdan nutrientes y causan la generación de resistencia por las plantas. Campos de Oliveira & Fraceto (2014) han consignado que la aplicación de carboximetilcelulosa, la cual se emplea en detergentes y como auxiliar en la degradación de fertilizantes que son altamente

contaminantes, al ser modificarla con NPs Ag hace que la degradación del herbicida sea mucho más fácil y efectivo contra las malezas.

Nanopartículas como fertilizantes y promotores del crecimiento vegetal

En la agricultura moderna tradicional la aplicación excesiva de fertilizantes como nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) afectan los suelos y las aguas subterráneas, ocasionando eutrofización de sistemas acuáticos y de pozos de agua usados para consumo humano y el riego (Naderi & Danesh-Shahraki, 2013). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) (2015), México entre 2009-2013 consumió 5.8 millones de ton de fertilizantes nitrogenados, 1.6 millones de ton de fosfatados y 0.85 millones de potásicos; de estos, el país importó en promedio 71% de N, 100% de P y 84% de K. Si usáramos como referencia el precio promedio de la urea entre 2009-2013 (341 USD; The World Bank, 2015), México gastó alrededor de 1400 millones de USD solo por importar fertilizantes N (280 000 millones de USD anualmente).

Para el caso de fertilizantes N, se señala que la eficiencia de su empleo oscila entre 10% y 60% (Shaviv, 2005) de acuerdo con el tipo de fertilizante, el cultivo y del agrosistema de producción (Cueto-Wong et al., 2013; Chinnamuthu & Boopathi, 2009). La baja eficiencia en el uso de fertilizantes N entre los años 2009 a 2013 representó pérdidas entre 560 millones de dólares y 1260 millones de dólares. De cualquier modo, suponiendo que la eficiencia en el uso de N fuera la más alta (60%), por cada punto porcentual que se pueda incrementar la eficiencia de fertilizantes N, en México se ahorrarían 14 millones de USD cada 5 años.

Ante este desalentador panorama se requieren nuevas tecnologías que permitan incrementar el uso eficiente de los fertilizantes y otros insumos. Además, la limitada disponibilidad de agua y suelo obliga a que la agricultura tradicional sea más eficiente y productiva usando tecnologías modernas. Debido al restringido crecimiento y expansión de la tierra arable, así como del uso de agua para riego en todo el mundo, es prioritario trabajar en el desarrollo de la agricultura sustentable y el incremento en el uso eficiente de los agroinsumos, reduciendo o minimizando el daño a los ecosistemas.

En este contexto la NT tiene el potencial de revolucionar los sistemas agrícolas, ya que con ellos se pueden producir nanofertilizantes, nanopesticidas, así como muchos otros agro

nanoproductos (Baruah & Dutta, 2009; Liu & Lal, 2015). La NT puede ser utilizada para mejorar formulaciones de fertilizantes amigables con el ambiente. Sin embargo, la NT también puede mejorar la efectividad de los fertilizantes de otras maneras. Por ejemplo, debido a sus características fotocatalíticas, algunas NPs metálicas se han incorporado a fertilizantes como un suplemento con efecto fungicida y bactericida (Ditta, Arshad & Ibrahim, 2015).

Es bien sabido el problema actual de que la superficie total de tierra arable se ha incrementado muy poco y en muchas partes del mundo se ha limitado debido a la urbanización; adicionalmente algunas imágenes satelitales revelan que en nuestro planeta se están reduciendo rápidamente las regiones con tierra fértil y que la producción de alimentos al ritmo actual muy pronto será incapaz de ir al parejo con el crecimiento de la población global (Baruah & Dutta, 2009). Debido a eso, numerosos científicos están considerando a la NT como una importante herramienta para eficientar el uso de fertilizantes y otros insumos de la agricultura no tradicional del siglo XXI (Cicek & Nadaroglu, 2015), así como para elaborar nanopesticidas que sean requeridos en bajas dosis y muestren ser ambientalmente seguros (Zhang et al., 2008).

Los fertilizantes tienen una función muy importante dentro de la agricultura, pero su uso intensivo provoca la salinización de los suelos y para remediarlo se ha optado por emplear alternativas para disminuir este tipo de problemas. Por lo tanto, el suministro de nanofertilizantes al suelo podrá ayudar a tener una rápida captación de los nutrientes del suelo por las plantas, al aumentar la eficiencia del intercambio simbiótico entre los nutrientes del suelo y el sistema radicular de la planta, ayudando así a obtener un mayor rendimiento de los cultivos (Rameshaiah & JPallavi, 2015).

Diversas investigaciones consignan que tanto el efecto nanofertilizante y/o promotor o inhibidor del crecimiento provocado por las NPs está relacionado con su concentración, tamaño y las propiedades inherentes del elemento involucrado, así como la función fisiológica y bioquímica que desempeña en la planta (Albanese, Tang & Chan, 2012; Engates & Shipley, 2011). Los resultados de Dimpka et al. (2012) indican que algunas NPs como ZnO y CuO muestran un efecto positivo sobre la reactividad de fitohormonas, especialmente del ácido indolacético (AIA), el cual promueve la elongación y división celular incrementando así la velocidad de crecimiento en las plantas (Zhao et al., 2014); además nanopartículas de Fe₃O₄ han mostrado que activan la biosíntesis de ácido salicílico, aumentando su acción fitoestimulante (Li et al., 2014; Mahdavi, Namvar, Ahmad & Mohamad, 2013).

Se ha demostrado que los nanofertilizantes incrementan el uso eficiente de los nutrientes, reducen su toxicidad en el suelo al aplicarse cantidades muy pequeñas, minimizan el efecto negativo de las sobredosis, bajan la frecuencia de aplicación de los fertilizantes y en consecuencia el costo de estos importantes insumos. Los resultados generados por Amirnia, Bayat & Tajbakhsh (2014) revelan que en un estudio de dos años se encontraron diferencias significativas entre los niveles o dosis estudiadas de nanofertilizantes con base en Fe, P y K, así como en los ecotipos evaluados de azafrán (*Crocus sativus*). Los resultados muestran que los nanofertilizantes conteniendo Fe, P y K tuvieron efectos positivos en la floración de dicho cultivo. Por lo tanto, emplear NPs metálicas de Fe, Zn, Cu, etc., que funcionan como micronutrientes tienen mucho potencial para la agricultura sustentable (Naderi & Danesh-Shahraki, 2013).

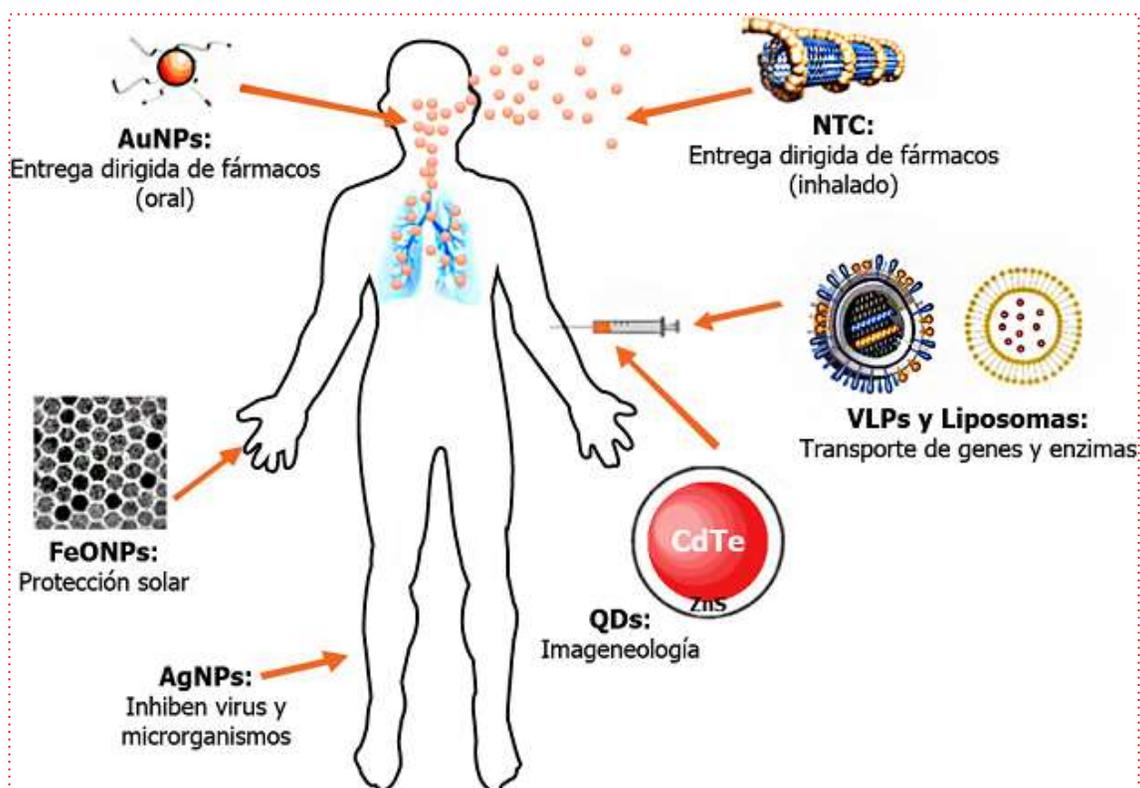
Al estudiar el efecto de NPs ZnO como promotoras de crecimiento en el cultivo de sorgo (*Pennisetum americanum*), Tarafdar, Raliya, Mahawar & Rathore (2014) encontraron un incremento significativo en el crecimiento del tallo (15.1%), longitud de raíz (4.2%), área radicular (24.2%), contenido de clorofila (24.4%), proteína soluble total en hojas (38.7%), biomasa seca de plantas (12.5%), y actividad enzimática de fosfatasa ácida (76.9%), fosfatasa alcalina (61.7%), fitasa (322.2%), y dehidrogenasa (21%). Esos aumentos en variables fisiológicas y bioquímicas se detectaron en plantas de 6 semanas tratadas con NPs ZnO, en comparación con las plantas del tratamiento control o testigo. Además, el rendimiento de grano se incrementó en 37.7% debido a la aplicación de nanofertilizante de zinc.

Por su parte, Raliya, Biswas & Tarafdar (2015) encontraron que NPs de óxido de titanio aplicado foliarmente en dosis de 10 mg L⁻¹ a plantas de *Vigna radiata* puede servir como un fertilizante más amigable con el ambiente, debido a que su aplicación reveló un incremento significativo en la longitud del tallo (17.02%), longitud de raíz (49.6%), área radicular (43%), nódulos radiculares (67.5%), contenido de clorofila (46.4%) y proteína total soluble (94%) debido a la aplicación de esas NPs. Además, se detectó que en la zona de la rizósfera la población microbiana benéfica se incrementó entre

21.4% y 48.1%, así como la actividad de fosfatasa ácida (67.3%), fosfatasa alcalina (72%), fitasa (64%) y dehidrogenasa (108.7%).

Problemas de toxicidad por el uso de nanopartículas

Las aplicaciones foliares y mediante el sistema de riego de las diversas NPs puede provocar fitotoxicidad, así como afectar el suelo y el agua por su bioacumulación por lo que se debe tener en cuenta cuales son las dosis óptimas y frecuencia de aplicación en los cultivos. Los mecanismos de nanotoxicidad siguen siendo desconocidos, sin embargo, están estrechamente relacionados con la dosis, el nanoproducto, composición, estructura química, tamaño de partícula y su área superficial (Aslani et al. 2014).



La toxicidad de las NPs puede atribuirse a las siguientes dos acciones: (1) Toxicidad química en base a la liberación de iones tóxicos; (2) El estrés o estímulos causados por la superficie, el tamaño y/o forma de las partículas. Se ha confirmado que la solubilidad de las NPs de óxido afecta significativamente la respuesta de las plantas. En los estudios de Zhang et al. (2015), se investigó la fitotoxicidad de las NPs de ZnO sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) y de pepino (*Cucumis sativus* L.). Respecto a la elongación de la raíz, todas las plántulas fueron afectadas al ser expuestas a una concentración de 1000 mg L⁻¹. Por su lado,

las investigaciones de El-Temsah & Joner (2012) determinaron el potencial fitotóxico de las NPs de hierro (Fe), utilizando tres tipos de tamaño de partícula en el rango de 1 nm a 20 nm, sobre la germinación de semillas de las especies cebada y lino.

Thuesombat, Hannongbua, Akasit & Chadchawan (2014) evaluaron los posibles efectos de diferentes NPs de plata con tamaños de 20 nm, 30 nm, 60 nm, 70 nm, 120 nm y 150 nm de diámetro en la germinación de semillas y crecimiento plantas de arroz (*Oryza sativa* L.), usando diferentes concentraciones (0 mg L⁻¹, 1 mg L⁻¹, 10 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹ y 1000 mg L⁻¹). Los resultados revelan que la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas disminuyeron paulatinamente con el aumento en tamaños y concentraciones de NPs. Los resultados del análisis de tejidos demostraron que la mayor concentración de NPs se localizó principalmente en la raíz de semillas tratadas con NPs de 20 nm.

Vías de absorción y traslocación de las nanopartículas en las plantas

En la figura 5 se muestran las diferentes vías o caminos durante la absorción y translocación de las NPs. Los resultados de Eichert, Kurtz, Steiner & Goldbach (2008) señalan que la avenida de las NPs por el sistema vascular permite que se transporten a altas velocidades; estos logros científicos soportan la hipótesis de que la penetración de NPs por aperturas estomáticas pueden incrementar la actividad metabólica celular (Lin et al., 2009) logrando así promover el crecimiento y rendimiento de los cultivos de una manera más efectiva que los fertilizantes tradicionales (Siskani, Seghatoleslami & Moosavi, 2015); "causando su efecto en diversas respuestas fisiológicas como el desarrollo de raíz, flores y frutos, así como en expresiones bioquímicas relacionadas con la producción de clorofila, licopeno, catalasa, peroxidasa, etc."(Chen, 2014).

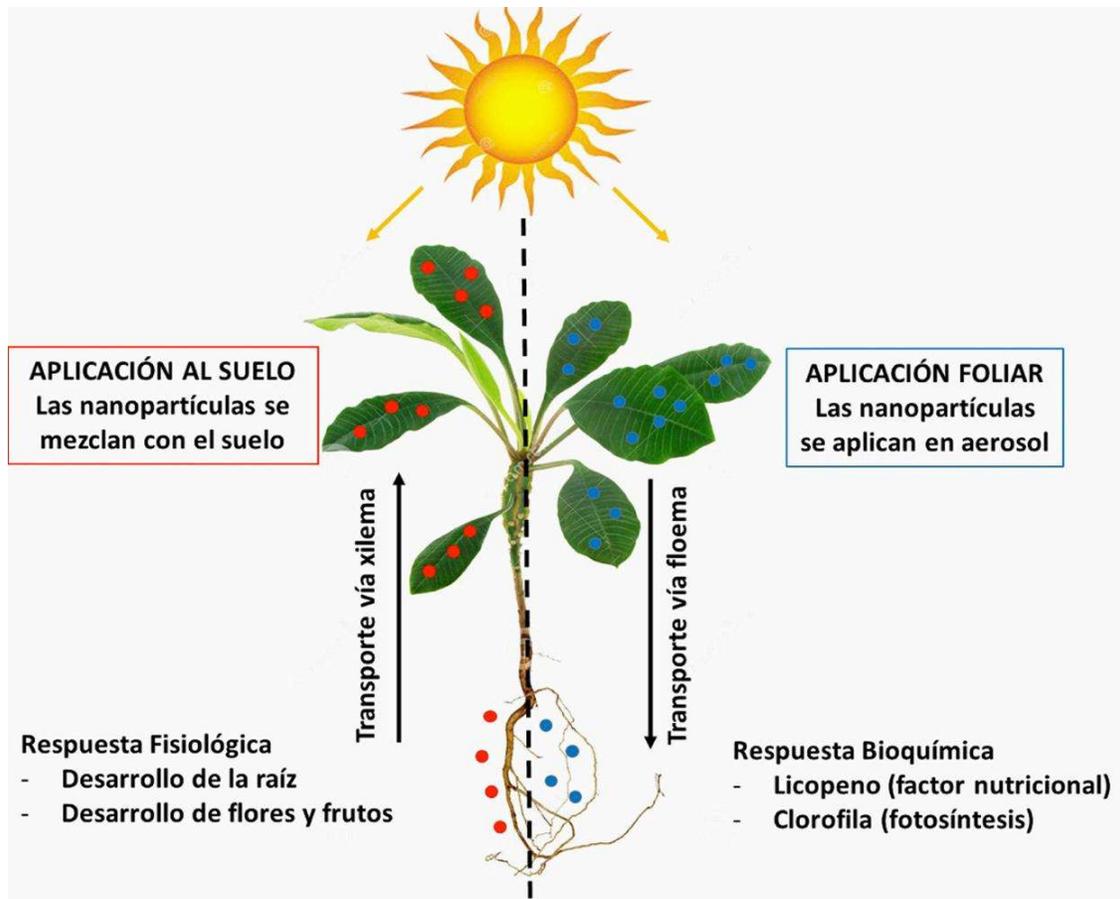


Figura 5

Las nanopartículas pueden aplicarse foliarmente mediante aspersion y en el agua de riego a la zona de las raíces, pudiendo luego transportarse a diversos sitios de las plantas por las rutas del xilema y el floema, donde inducirán múltiples respuestas fisiológicas y bioquímicas. Las NPs inician su recorrido mediante el proceso de absorción y translocación en la raíz por la ruta del simplasto y apoplasto, en seguida llegan a la corteza y atraviesan la endodermis por el tejido conductivo del xilema; luego continúan su movimiento ascendente en el xilema; cuando las NPs se aplican al follaje el transporte hacia las raíces siguen la vía del floema.

Buscando mejorar las formas de penetración y traslocación de diversas NPs en las plantas, Tarafdar, Xion, Wang, Dong & Biswas (2012) encontraron después de ejecutar una serie de experimentos para conocer el tamaño, forma y concentración por aplicar en las plantas, que las NPs menores a 5 nm penetran fácilmente por los estomas de las hojas y que las NPs de hasta 20 nm pueden moverse vía intercelular a través de los plasmodesmos y acuaporinas. Por otra

parte, también descubrieron que al aplicar de manera foliar las NPs, se generan pérdidas de hasta 14.7% al usar nebulizador y hasta 32.5% cuando se hacen aplicaciones al sistema radicular.

En la zona de la rizósfera se ha señalado que se facilita su absorción por la presencia de raíces semipermeables (Prashar, Kapoor & Sachdeva, 2014). El transporte de las NPs en las plantas sigue diversas rutas. Cuando se aplican al suelo se absorben por las raíces y se translocan principalmente por el apoplasto del xilema, tal y como fue demostrado en zacate rye grass (*Lolium perenne*) por Lin & Xing (2008). El movimiento de las NPs depende del tamaño y superficie del tejido vegetal, ya que las hojas y los frutos tienen una epidermis que está cubierta por la cutícula que regulan la entrada de NPs, porque las propiedades permeables de la cutícula, epidermis, tricomas y estomas, dificultan que su penetración sea fácil (Burkhardt, Basi, Pariyar & Hunsche, 2012).

Estrategias modernas sustentables para incrementar el rendimiento de los cultivos agrícolas se orientan a promover tecnologías capaces de suministrar un sistema de acarreo, transporte y entrega de fertilizantes que liberen su carga de manera controlada (lenta o rápida), en función de señales calóricas, humedad, etc., y esto permite optimizar el uso de los agroproductos (Thirunavukkarasu & Subramanian, 2014). Las plantas bajo limitaciones de nutrientes secretan compuestos carbonosos en la rizósfera permitiendo la mineralización biótica de N y/o P desde la materia orgánica, así como del P asociado con los coloides inorgánicos del suelo para que de esta manera se pueda nutrir a la planta de los minerales esenciales para su desarrollo (Naderi & Danesh-Shahraki, 2013), de los cuales algunos son absorbidos, traslocados y transportados por el tejido conductivo vascular (Zhu, Han, Xiao & Jin, 2008).

Reportes sobre el uso de NPs en diferentes cultivos han evidenciado que incrementan la germinación y crecimiento de plántulas, su actividad fisiológica, la expresión de los genes y el nivel bioquímico de proteínas y enzimas en las plantas, indicando eso su potencial para mejorar de manera sustentable el rendimiento de cultivos agrícolas. El trabajo de Azarpour, Asghari, Bozorgi & Kamalpour (2013) señala que las NPsFe aplicadas foliarmente y luego transportadas al interior por los haces vasculares del floema mejoró la producción de flores y rendimiento del azafrán (*Crocus sativus*). El trabajo de Cifuentes et al. (2010) dejó ver que las NPs magnéticas recubiertas de carbono forman un fluido magnético biocompatible habiendo podido penetrar fácilmente a través de la raíz en plantas de cuatro tipos diferentes: frijol, girasol, tomate y trigo.

Estos autores también determinaron que las NPs alcanzaron el cilindro vascular, se movieron con el flujo de la transpiración y se translocaron a través de la parte aérea de las plantas en menos de 24 h. La acumulación de estas NPs se detectó en los tricomas de las hojas de trigo, lo cual sugiere una forma de excreción para contrarrestar efectos de una posible intoxicación por las NPs aplicadas.

CONCLUSIONES

En el contexto de la agricultura moderna no convencional, el uso de la NT para formular nano insumos ofrece la posibilidad de mejorar el uso y eficiencia de los productos empleados, además de reducir la cantidad aplicada de agroquímicos promoviendo así una agricultura sustentable y de bajo impacto ambiental. Acorde con reciente información publicada en revistas de gran prestigio científico, queda claro que la NT es un campo prometedor de la investigación inter y multidisciplinaria orientada a mejorar la productividad de los agroecosistemas. Con la NT se abre un amplio abanico de oportunidades en diversos campos de la agricultura para la formulación de agroquímicos con productos conteniendo NPs, ya sean metálicas, orgánicas o derivadas del carbono; por lo tanto, los usos y beneficios potenciales de la NT son enormes para fabricar nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores, en el contexto de la nueva revolución verde.

1.- Que es un Nanofungicida?

La expresión nanofungicidas se usa para describir cualquier formulación de fungicida que incluya intencionalmente entidades en el rango de tamaño nanométrico hasta 100 nm. Sobre esta base, los nanofungicidas incluyen una amplia variedad de productos. El uso de NPs como nanofungicidas en la agricultura y en la industria alimentaria tienen gran potencial para incorporarlos a otras estrategias para el control de enfermedades de las plantas. Las NPs de óxidos metálicos son agentes antifúngicos que se utilizan en la pintura de edificios, materiales de construcción, plásticos y textiles.

2.- Qué es Agronanotecnología?

La nanotecnología aplicada en el sector de la agricultura, y se beneficia de diferentes formas como aumentar los rendimientos de los cultivos, producir cultivos tolerantes a altas temperaturas, desarrollo de pesticidas especializados para insectos específicos, superar los problemas del calentamiento global o desarrollo de nanotubos que almacenan el agua de lluvia en el suelo para que las plantas pueden usarlo en la sequía.

3.- Qué y cuáles son los nanofertilizantes más empleados?

Fertilizantes sintetizados o modificados con ayuda de la nanotecnología para mejorar la fertilidad del suelo, la productividad y la calidad de productos agrícolas. Se ha demostrado que en diferentes especies vegetales, los micronutrientes esenciales (Cu, Zn y Fe) en forma de NPs de sus óxidos, funcionan como nanofertilizantes, los cuales, aplicados a la raíz o al follaje, tienen efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, se ha estudiado el efecto de un tipo de NPs de CuO sobre algas acuáticas en las cuales la fotosíntesis puede ser estimulada, entre otros.

4.- Qué riesgos nos pueden proporcionar este tipo de nanomateriales?

Los usos de cierta nanoescala de ingeniería de materiales en agricultura, agua y alimentos puede tener riesgos para el uso humano y consumo, para el medio ambiente, o para ambos. Los ENPs más comúnmente encontrados en el medio ambiente cae en alguna de las siguientes categorías: carbonos o nanopartículas, óxidos metálicos, puntos cuánticos, metales de valencia cero y nanopolímeros. Los ENPs también podrían adherirse a las raíces de las plantas y ejercer toxicidad en plantas.

Clase 23 de Noviembre: Bionanotecnología y vida sintética

BIONANOTECNOLOGIA

VIDA SINTETICA

<https://www.youtube.com/watch?v=QHIocNOHd7A>

Estaremos trabajando en línea

VIDA SINTETICA

Vida sintética

La vida sintética es vida artificial creada a partir de sustancias no vivientes (abióticas). Pertenece a la disciplina de la biología sintética. Por lo general se distingue de la vida mecánica que usualmente pertenece a la disciplina de la robótica.

Vida bioquímica sintética

La vida sintética es vida artificial creada in vitro a partir de productos bioquímicos y sus materiales componentes, a diferencia de lo que normalmente implica in silico cuando se utiliza el término genérico "vida artificial".

W. Wayt Gibbs sugiere que la vida sintética tiene tres objetivos principales: "Uno, aprender de la vida mediante su reconstrucción, en vez de por su disección. Dos, hacer a la ingeniería genética digna de su nombre, una disciplina que mejora continuamente mediante la estandarización de sus creaciones anteriores y recombinándolas para hacer sistemas nuevos y

más sofisticados. Y tres, extender los límites de la vida y de las máquinas hasta que los dos se complementen para verdaderamente producir organismos programables".

Los experimentos con vida sintética intentan examinar los orígenes de la vida, estudiar algunas de las propiedades de la vida o, más ambiciosamente, recrear la vida a partir de sustancias no vivientes (abióticas). Un ejemplo de vida sintética podría ser un intento de crear autorreplicantes, la autopropagación (autocatalítica) de reacciones químicas para simular los posibles orígenes de la vida. Los investigadores involucrados piensan que la creación de verdadera vida bioquímica sintética está relativamente cerca y es relativamente barata, y tal vez más fácil que el esfuerzo necesario para situar al hombre en la Luna.

Una forma de crear un nuevo organismo es reemplazar el genoma de una célula natural ya existente. El genoma de reemplazo puede ser un genoma creado mediante síntesis genética. Si un organismo que reutiliza toda una célula natural excepto el genoma debiera ser llamado "vida sintética" está abierto a debate.

Equipo del genoma sintético del Instituto J. Craig Venter

El 28 de junio de 2007, un equipo del J. Craig Venter Institute publicó un artículo en Science Express, diciendo que habían trasplantado con éxito el ADN natural de una bacteria *Mycoplasma mycoides* dentro de una célula *Mycoplasma capricolum*, creando una bacteria que se comportó como un *M. mycoides*.

El 6 de octubre de 2007, Craig Venter anunció en una entrevista para el periódico británico The Guardian, que el mismo equipo había sintetizado una versión modificada del único cromosoma del *Mycoplasma genitalium* usando sustancias químicas. El cromosoma fue modificado para eliminar todos los genes cuyas pruebas en la bacteria viva habían demostrado ser innecesarios. El siguiente paso previsto en este proyecto del genoma mínimo es trasplantar el genoma mínimo sintetizado dentro de una célula bacteriana con su antiguo ADN extraído; la bacteria resultante es llamada *Mycoplasma laboratorium*. El grupo de bioética canadiense, el ETC Group, al día siguiente, emitió un comunicado a través de su representante, Pat Mooney, diciendo que la "creación" de Venter era un «chasis sobre el que usted podría construir casi cualquier cosa». El genoma sintetizado no había sido trasplantado aún en una célula funcional.

Investigadores estadounidenses crearon en un laboratorio el genoma viable más pequeño existente en la naturaleza, que contiene el número mínimo de genes necesarios para que un organismo funcione y se autorreproduzca, un nuevo avance para desentrañar los misterios de la vida.

El genoma sintético de este microbio llamado Syn 3.0 tiene sólo 473 genes. En comparación, un ser humano tiene alrededor de 20.000 y una flor japonesa, llamada Paris japónica, con el genoma más grande conocido hasta la fecha, cuenta con cincuenta veces más.

El equipo que logró esta hazaña está dirigido por Craig Venter, el pionero de la secuenciación del ADN, quien también creó el primer organismo controlado por un genoma sintético en 2010.

Los investigadores que han logrado crear este genoma al mínimo aún no han sido capaces de determinar las funciones de 149 de estos 473 genes, un tercio del total, según explicaron en sus trabajos publicados en la revista Science.

La creación de esta célula dotada sólo con los genes necesarios para que exista vida en su forma más básica, podría ayudar a comprender la función de cada gen absolutamente esencial para la vida, según los biólogos.

"La mejor manera de comprender la vida es crear el genoma más simple", explicó Craig Venter durante una conferencia de prensa telefónica.

"Si no entendemos cómo vuela un Boeing 777, retiramos las partes una a una hasta que el avión ya no puede volar".

Este es el principio que el científico y su equipo, que incluye a Clyde Hutchison, utilizaron con el genoma de una bacteria Mycoplasma, conocida por tener los genomas más pequeños de todas las células vivas capaces de autorreproducirse.

Crearon genomas hipotéticamente minimalistas en ocho segmentos diferentes para probar e identificar a los genes esenciales y los que no lo son.

Durante este proceso, los investigadores también trataron de identificar los genes denominados "casi esenciales", necesarios para asegurar un crecimiento robusto del organismo, pero que no son esenciales para la vida.

Para poner a prueba estos genes, los científicos han insertado secuencias genéticas exteriores para perturbar sus funciones y determinar así las que eran necesarias para la vida de las bacterias.

Los científicos repitieron el experimento hasta que consiguen el genoma más pequeño capaz de funcionar.

Su trabajo también reveló que algunos genes, clasificados como "no esenciales" realizan ciertas funciones que resultan esenciales y deben ser mantenidos en el genoma de por vida.

Casi todos los genes necesarios para la lectura y expresión de la información genética, así como la preservación de la información y su transmisión entre generaciones también se conservan en este genoma.

Muchos de ellos se han encontrado en otros organismos, lo que sugiere que podrían codificar proteínas universales cuyas funciones aún no se han definido, acorde a los investigadores.

Científicos consideran la creación de este genoma artificial mínimo un avance significativo.

"Este es un paso importante en la creación de una célula viva cuyo genoma está totalmente definido", dijo Chris Voigt, biólogo del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Cambridge (noreste de Estados Unidos).

Sin embargo, añade el científico, queda por definir el papel de estos 149 genes de Syn 3.0 que permanecen desconocidos y que prometen traer nueva información sobre la base biológica de la vida.

El 20 de mayo de 2010 la revista Science informó sobre el éxito del grupo liderado por J. Craig Venter, quienes consiguieron incorporar el genoma sintetizado químicamente de *Mycoplasma mycoides* dentro de un *M. capricolum*.

En sus palabras:

«Presentamos el diseño, la síntesis, y el ensamblado del genoma de Mycoplasma mycoides JCVI-syn1.0 de 1.08 Mpb a partir de la información digitalizada de la secuencia del genoma y su trasplante dentro de una célula receptora Mycoplasma capricolum para crear nuevas células Mycoplasma mycoides que son controladas solamente por el cromosoma sintético. El único ADN en las células es la secuencia diseñada de ADN sintético, incluyendo secuencias de "marca de agua" y otras deleciones y polimorfismos genéticos diseñados, y mutaciones adquiridas durante el proceso de construcción. Las nuevas células han adquirido las características fenotípicas y son capaces de su autorreplicación continua.»

El equipo había planeado utilizar originalmente la bacteria *M. genitalium* con la que habían trabajado anteriormente, pero cambiaron a *M. mycoides* ya que esta última bacteria crece de

forma mucho más acelerada, lo que se tradujo en experimentos más rápidos.⁸ Venter lo describe como «la primera especie... cuyo progenitor es una computadora».⁹ La bacteria transformada es apodada «Synthia» por ETC. Un portavoz de Venter se ha negado a confirmar cualquier innovación al momento de escribir estas líneas, probablemente porque ese tipo de técnicas de introducción genética como la transfección, la transformación, la transducción y la protofección han sido prácticas de investigación estándar durante muchos años.

Ahora que se ha demostrado que la técnica funciona con el genoma de *M. mycoides*, el próximo proyecto probablemente será volver a la minimización del genoma de *M. genitalium* y trasplantarlo dentro de una célula para crear la ya mencionada *M. laboratorium*.

La investigación tuvo los siguientes miembros: Daniel G. Gibson, John I. Glass, Carole Lartigue, Vladimir N. Noskov, Ray-Yuan Chuang, Mikkel A. Algire, Gwynedd A. Benders, Michael G. Montague, Li Ma, Monzia M. Moodie, Chuck Merryman, Sanjay Vashee, Radha Krishnakumar, Nacyra Assad-Garcia, Cynthia Andrews-Pfannkoch, Evgeniya A. Denisova, Lei Young, Zhi-Qing Qi, Thomas H. Segall-Shapiro, Christopher H. Calvey, Prashanth P. Parmar, Clyde A. Hutchison, III, Hamilton O. Smith y J. Craig Venter.

Marcas de agua de ADN

Las marcas de agua son mensajes codificados en forma pares de bases de ADN. Son una forma de distinguir genomas sintéticos de sus contrapartes naturales. Las marcas de agua contenidas en el primer genoma de *Mycoplasma* hecho por el ser humano producido por el Instituto J. Craig Venter contienen los siguientes mensajes codificados. La letra V se utilizó ya que no hay aminoácidos designados por la letra U:

VENTERINSTITVTE

CRAIGVENTER

HAMSMITH

CINDIANDCLYDE

GLASSANDCLYDE

Bioética y Discusión

Hay mucha negatividad ante el hecho de crear organismos únicos que habiten el planeta, se considera anti-natural e inclusive (por algunos extremistas) una aberración. Sin embargo, todo el esfuerzo que dedican los científicos a sus investigaciones, además de la enorme cantidad de recursos económicos que requieren, están dirigidos únicamente para favorecer cuatro aspectos: la calidad de vida humana, la industria y economía, la preservación de la biodiversidad y la ampliación del conocimiento. Cabe resaltar que no se intentan crear organismos que tengan un rol significativo en la cadena de la vida (como lo son los animales, las plantas, las bacterias etc.) sino que ejecuten de manera controlada y exclusiva una tarea específica.

Todos los avances científicos que existen con respecto a la vida sintética son debidamente controlados y monitoreados por organizaciones multinacionales que establecen los límites éticos y morales de la ciencia. Impulsada por la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la ONU ha llegado a 3 resoluciones esenciales con respecto a la bioética detrás de la tecnología actual: La Declaración universal sobre el Genoma Humano, la Declaración internacional sobre los Datos Genéticos Humanos y La Declaración universal sobre Bioética y Derechos Humanos. Estas declaraciones están dirigidas a los estados y -teniendo en cuenta la preservación de los derechos humanos, ambiental y de biodiversidad- establecen mediante a una debida normatividad las fronteras que los científicos no deben cruzar.

Biología sintética

La Biología sintética se define como la síntesis de biomoléculas o ingeniería de sistemas biológicos con funciones nuevas que no se encuentran en la naturaleza. Se trata de una disciplina que, a diferencia de la biología, no se basa en el estudio de los seres vivos, sino que posee como objetivo el diseño de sistemas biológicos que no existen en la naturaleza. La Biología sintética busca la creación de nuevos organismos programables, es decir, la creación de microorganismos a la carta que se comporten como pequeños ordenadores.

Tecnologías de Biología sintética

Expansión del código genético

El ADN está compuesto por 4 pares de bases nucleotídicas: A (adenina), T (timina), C (citosina) y G (guanina). Mediante un proceso denominado "Transcripción" las bases

nucleotídicas del ADN se transforman en ARN, que a su vez está compuesto por A (adenina), C (citosina), G (guanina) y Uracilo]] en lugar de timina. A continuación tiene lugar la "Traducción" de ARN a proteínas. En este proceso, mediante combinaciones de 4 bases nucleotídicas del ARN se obtienen 64 posibles combinaciones de tres bases llamadas codones, que son específicos de un aminoácido. 61 de estos codones se corresponden con los 20 aminoácidos naturales, debido a que existen duplicaciones que provocan que más de un codón codifique para un mismo aminoácido. Los otros 3 codones restantes se denominan codones de terminación y constituyen señales de terminación que interrumpen la síntesis de proteínas. Los primeros pasos en el diseño de nuevas formas de vida consisten en el diseño de microorganismos que utilizan un código genético diferente al que actualmente emplean todas las formas de vida existentes en la tierra. Mediante la introducción de nuevas unidades sintéticas en su ADN, estos organismos poseerían proteínas sintéticas.

Circuitos genéticos

El circuito genético consiste en un conjunto de genes que participan en la digestión de la lactosa en la bacteria E. coli. Un gen regulador denominado represor se encuentra normalmente encendido, manteniendo el metabolismo de la digestión de la lactosa inactivo. Cuando la lactosa está presente en el medio, la bacteria apaga el represor.

Los circuitos genéticos formados por genes y sus reguladores se comportan de forma equivalente a circuitos electrónicos realizando operaciones Booleanas o lógicas.

En concreto, los circuitos genéticos se describen mediante diagramas semejantes a los que se emplean en los circuitos eléctricos, con nodos que representan a determinados genes y flechas que indican otros genes a los que regulan los primeros.

La activación de estos genes oscila entre los estados de encendido y apagado a medida que la señal se propaga por el circuito, produciendo a su vez oscilaciones periódicas en la concentración de las proteínas que codifican. La arquitectura de estos circuitos es cíclica y en ellos cada gen inhibe al siguiente y es inhibido por el anterior, razón por la cual a este tipo de circuitos se les denomina osciladores.

Genoma mínimo

Para lograr construir microorganismos artificiales es necesario un requisito previo, identificar la configuración mínima de genes necesarios para permitir a las células artificiales replicarse

de manera autónoma, es decir, su genoma mínimo teórico. Estos hasta ahora hipotéticos microorganismos podrían derivarse de microorganismos naturales con una mínima colección de genes (microorganismos mínimos) o podrían ser generados de un modo totalmente sintético usando un grupo de genes esenciales (microorganismos sintéticos).

El proceso necesario para identificar el genoma mínimo de los microorganismos sintéticos se puede realizar por diversos métodos, que van desde la identificación de genes esenciales por mutagénesis hasta el análisis de homología de secuencias génicas mediante herramientas bioinformáticas. Una tercera alternativa consiste en el estudio de sistemas biológicos que, de forma natural, han experimentado una reducción de su material genético.

Evolución dirigida

El diseño de circuitos genéticos se realizaba en sus comienzos por medio de estrategias combinatorias en las cuales los componentes individuales del circuito se ensamblan *in vitro*, y posteriormente se introducían en una célula para observar su comportamiento.

Un método alternativo que no necesita de un conocimiento previo acerca de los detalles de la función del circuito es la evolución dirigida. Este es un proceso que se aprovecha de la habilidad de las células para sobrevivir frente a una presión selectiva. Una de las técnicas que emplea esta estrategia es el denominado “DNA shuffling” o “molecular breeding”. El DNA shuffling consiste en la recombinación de múltiples secuencias de ADN para crear librerías de genes quiméricos. Los genes quiméricos posteriormente se insertan en vectores de expresión y se transfieren a una célula huésped, con el objetivo de seleccionar aquellas secuencias quiméricas que posean las características deseadas. La principal ventaja de esta técnica radica en que permite diseñar circuitos complejos que poseen múltiples interacciones entre sí. Esta estrategia ha sido empleada en el diseño de redes sintéticas a partir de mutaciones conocidas, que posteriormente se mejoran mediante evolución dirigida.

Ingeniería genética *in silico*

Hasta la fecha, se ha conseguido diseñar circuitos genéticos simples empleando diversas estrategias *in vivo* tales como la expansión del código genético, la evolución dirigida o la identificación y síntesis de genomas mínimos. Sin embargo, el principal factor limitante de estas estrategias radica en la imposibilidad de predecir el comportamiento de un circuito en su medio natural. La verdadera biología sintética tiene como objetivo la construcción de modelos

que puedan predecir de forma precisa cómo se comportaría este circuito genético en el interior de las células. Las células están sujetas a cambios constantes que incluyen estrés del medio y mutaciones genéticas que afectan a su habilidad para crecer y propagarse. Las simulaciones realizadas mediante Ingeniería Genética in silico, deben tener en cuenta este tipo de circunstancias para dotar de realismo a los modelos que se creen. Las simulaciones por ordenador son una herramienta básica de la biología sintética, siempre y cuando mantengan los principios de estandarización de los componentes del modelo y optimización de los circuitos diseñados.

Aplicaciones de la biología sintética

Biomedicina

La medicina será una de las áreas que más se beneficiará de los avances en esta nueva disciplina, en concreto las áreas sobre las que tendrá una mayor repercusión serán el desarrollo de nuevos fármacos, la terapia génica, la reparación y ingeniería de tejidos y la reprogramación celular.

Fármacos

Un fármaco compuesto por una envuelta sintética que contiene una molécula que al detectar un indicador concreto, activa la liberación del fármaco. La administración de este tipo de fármacos ha de ser sencilla y sólo debe activarse cuando el paciente desarrolle la enfermedad.

Un ejemplo de esta tecnología puede ser el diseño de microorganismos que detecten cambios en la concentración de hormonas, y como respuesta den lugar a la secreción de compuestos químicos o biológicos. Esta estrategia requiere del desarrollo de materiales de encapsulación así como de enzimas que produzcan la liberación del fármaco.

Genómica personalizada

La biología sintética permitirá obtener un conocimiento más amplio de la complejidad de las enfermedades y, por tanto, será posible desarrollar fármacos a la carta. Esto se realizará gracias a las tecnologías propias de este campo como son la creación de circuitos genéticos y la ingeniería genética in silico. Mediante estas tecnologías se podrán crear modelos tanto teóricos como experimentales que permitirán probar la respuesta o efectos secundarios de un fármaco frente a los distintos modelos diseñados en el laboratorio. Como consecuencia, los fármacos

del futuro estarán ajustados a las necesidades del paciente en su formulación, dosis, cinética de liberación, y patrón de glucosilación.

También se entiende por la búsqueda del fármaco o combinación de fármacos existentes - dentro de los protocolos existentes o incluso al margen de ellos- que pueden ser más eficaces en un paciente concreto. La comprobación de dicha eficacia es previa al tratamiento y se desarrolla en laboratorio mediante pruebas y tests sobre tejidos o muestras in vitro del paciente.

Terapia genética

Consiste en el diseño y modificación de virus para transportar genes a tejidos concretos y conseguir la recombinación e integración de los mismos de forma eficiente en el genoma del paciente. Esta aplicación constituiría un gran empuje para la terapia génica, que, tras sus prometedores comienzos, no ha conseguido superar una de sus grandes barreras, la capacidad de llevar el transgén a la célula diana, sobre todo para el tratamiento del cáncer o de síndromes genéticos. Además de virus, también es posible el diseño de circuitos biológicos que detecten cambios fisiológicos anormales en las células y den lugar a una respuesta basada en la recombinación del gen anormal con su homólogo normal. Tanto los virus como los circuitos biológicos sintéticos pueden ser empleados para reconocer y eliminar células anormales, siendo el cáncer la aplicación más inmediata.

Reparación y regeneración de tejidos

Esta aplicación se basa en el diseño de sistemas moleculares formados por sensores capaces de reconocer la existencia de daños en determinados tejidos, unido a un grupo de enzimas capaces de reparar el daño. Ejemplos potenciales podrían ser la regeneración endotelial de los vasos sanguíneos en lesiones vasculares y la reparación tisular a través de la regeneración de la matriz de colágeno.

Reprogramación celular

Las células madre pueden ser modificadas de modo que adquieran nuevas propiedades y posteriormente sean introducidas en pacientes para, por ejemplo, revertir una patología. Esta terapia podría ser de utilidad en la reprogramación del sistema inmune con el objeto de combatir enfermedades infecciosas. La regeneración de órganos por medio de estrategias de reprogramación celular es otra de las aplicaciones potenciales en biomedicina, proceso común en otros vertebrados como las salamandras o tritones. Recientemente se ha hecho entrega del

premio nobel de medicina a los "padres" de la reprogramación celular el japonés Shinya Yamanaka y el británico John B. Gurdon, quienes han revolucionado la investigación de cómo se desarrollan los organismos y las células.

1.- ¿Qué es la vida sintética?

Vida artificial a partir de sustancias no vivas, esto se hace con el uso de productos bioquímicos y se relaciona con la ingeniería genética; busca extender el tiempo de vida y mejorar la calidad de vida en general.

2.- ¿Qué estudia la Genómica?

La genómica se encarga del estudio de cualquier tipo de gen en un organismo; hace uso de la secuenciación de ADN de alto rendimiento y en algunas ocasiones se apoya en la bioinformática para ensamblar y analizar la función y estructura de genomas completos.

3.- ¿Que es el código genético?

Son las normas que designan como se traduce una secuencia de nucleótidos en el ARN a una secuencia de aminoácidos en una proteína, le dicen a la célula cómo hacer una proteína específica: A, T, C y G que son las letras del código del ADN y representan los compuestos químicos.

4.- ¿Cuánto mide en nanómetros un gen?

Tiene un grosor de 2 nanómetros (40 mil veces más fino que un cabello humano) y cada par de base ocupa un espacio de 0.34 nanómetros.

5.- ¿Qué es “DNA shuffling” o “molecular breeding”?

Se le conoce así al uso de manipulación genética que se hace para mutar un gen. Es un método de recombinación genética que se hace de manera in vitro.

Clase 25 de Noviembre: Nanobiología y principios de la nanotecnología

Hola a todos, estamos continuando y terminando la unidad UNIDAD IV.

NANOBIOLOGÍA Y PRINCIPIOS DE LA NANOTECNOLOGÍA

Recuerden la Competencia: *Conocer y comprender los conceptos básicos de los mecanismos relacionados con la nanotecnología referentes a los aspectos biológicos, así como también los métodos de análisis y caracterización para determinar la nanobiología y principios de la nanotecnología de las características biológicas, analizando los aspectos básicos de la tecnología con una actitud de curiosidad y trabajo colaborativo.*

4.1. Biomoléculas in vitro.

4.2. Aplicaciones.

- 4.3. Desarrollo de biomateriales.
- 4.4. Aplicaciones de nanomateriales a problemas biomédicos.
- 4.5. Principios de la Nanotecnología.
- 4.6. Desarrollo de Nanomateriales.
- 4.7. Aplicaciones de nanomateriales a problemas tecnológicos.

Revisar estos videos:

BIOMOLECULAS ORGANICAS

https://www.youtube.com/watch?v=4dWJekWwt_I

BIOMATERIALES

https://www.youtube.com/watch?v=sXPqbEDG_UY

Debemos de hacer un resumen de ambos videos y comentarlo en este debate;

Las biomoléculas son las moléculas constituyentes de los seres vivos. Los seis elementos químicos o bioelementos más abundantes en los organismos son: el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre (cuyos símbolos químicos son, respectivamente: C, H, O, N, P, S), los cuales constituyen a las biomoléculas (aminoácidos, glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas, ácidos nucleicos). Estos seis elementos son los principales componentes de las biomoléculas. Permiten la formación de enlaces covalentes entre ellos, compartiendo electrones, debido a su pequeña diferencia de electronegatividad. Estos enlaces son muy estables, la fuerza de enlace es directamente proporcional a las masas de los átomos unidos. Permiten a los átomos de carbono la posibilidad de formar esqueletos tridimensionales –C-C-C- para formar compuestos con número variable de carbonos. Permiten la formación de enlaces múltiples (dobles y triples) entre C y C; C y O; C y N. Así como estructuras lineales, ramificadas, cíclicas, heterocíclicas, etc. Permiten la posibilidad de que con pocos elementos se den una enorme variedad de grupos funcionales (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, aminas, etc.) con propiedades químicas y físicas diferentes.

Clasificación de las biomoléculas

Según la naturaleza química, las biomoléculas son:

Biomoléculas inorgánicas

Son aquellas que tienen una función fisiológica en los seres vivos, pero que no polimerizan. Por ejemplo, el CO_2 es producto de desecho en la respiración, y también reactivo para la fotosíntesis. El CO_2 , no forma polímeros, por lo que no entra dentro de las biomoléculas orgánicas, que sí forman cadenas por la unión de monómeros.

Está el amoníaco (NH_3), el CO_2 , el agua (H_2O), entre otras, son ejemplos de moléculas inorgánicas que participan en los procesos de la vida, dirigidos por las biomoléculas.

Biomoléculas Carbohidrato

También llamados hidratos de carbono o sacáridos — son uno de los grandes grupos de biomoléculas que estudia la bioquímica. Otros grandes grupos de biomoléculas son las proteínas, los ácidos nucleicos y los lípidos.

Biomoléculas orgánicas

Son sintetizadas principalmente por los seres vivos y tienen una estructura con base en carbono. Están constituidas, principalmente, por los elementos químicos carbono, hidrógeno y oxígeno, y con frecuencia también están presentes nitrógeno, fósforo y azufre; también se encuentran moléculas con algunos metales de transición como el hierro, cobalto y níquel, se llaman oligoelementos y aunque se encuentran en cantidades muy pequeñas, son necesarios para la vida.

Las biomoléculas orgánicas pueden agruparse en seis grandes tipos:

Glúcidos o carbohidratos

Los glúcidos (impropiamente llamados hidratos de carbono o carbohidratos) son la fuente de energía primaria que utilizan los seres vivos para realizar sus funciones vitales; la glucosa está al principio de una de las rutas metabólicas productoras de energía más antigua, la glucólisis, usada en todos los niveles evolutivos, desde las bacterias hasta los vertebrados. Muchos organismos, especialmente los vegetales (algas, plantas) almacenan sus reservas en forma de almidón en estructuras denominadas amiloplastos, en cambio los animales forman el glucógeno, entre ellos se diferencia por la cantidad y el número de ramificaciones de la glucosa. Algunos glúcidos forman importantes estructuras esqueléticas, como la celulosa, constituyente de la pared celular vegetal, o la quitina, que forma la cutícula de los artrópodos.

Lípidos

Los lípidos saponificables cumplen dos funciones primordiales para las células; por una parte, los fosfolípidos forman el esqueleto de las membranas celulares (bicapa lipídica); por otra, los triglicéridos son el principal almacén de energía de los animales. Los lípidos insaponificables, como los isoprenoides y los esteroides, desempeñan funciones reguladoras (colesterol, hormonas sexuales, prostaglandinas).

Aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas orgánicas con un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (-COOH). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas, juegan en casi todos los procesos biológicos un papel clave. Los aminoácidos son la base de las proteínas. Es un grupo muy heterogéneo de sustancias químicas, tanto desde el punto de vista estructural como las funciones que realiza.

Proteínas

Las proteínas son las biomoléculas que más diversidad de funciones realizan en los seres vivos; prácticamente todos los procesos biológicos dependen de su presencia y/o actividad. Son proteínas casi todas las enzimas, catalizadores de reacciones metabólicas de las células; muchas hormonas, reguladores de actividades celulares; la hemoglobina y otras moléculas con funciones de transporte en la sangre; anticuerpos, encargados de acciones de defensa natural contra infecciones o agentes extraños; los receptores de las células, a los cuales se fijan moléculas capaces de desencadenar una respuesta determinada; la actina y la miosina, responsables finales del acortamiento del músculo durante el estado de la contracción; el colágeno, integrante de fibras altamente resistentes en tejidos de sostén de la planta y el tallo.

Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos, ADN y ARN, desempeñan, tal vez, la función más importante para la vida: contener, de manera codificada, las instrucciones necesarias para el desarrollo y funcionamiento de la célula. El ADN tiene la capacidad de replicarse, transmitiendo así dichas instrucciones a las células hijas que heredarán la información.

Algunas, como ciertos metabolitos (ácido pirúvico, ácido láctico, ácido cítrico, etcétera) no encajan en ninguna de las anteriores categorías citadas.

Vitaminas

Los requisitos mínimos diarios de las vitaminas no son muy altos, se necesitan tan solo dosis de miligramos o microgramos contenidas en grandes cantidades (proporcionalmente hablando) de alimentos naturales. Tanto la deficiencia como el exceso de los niveles vitamínicos corporales pueden producir enfermedades que van desde leves a graves e incluso muy graves como la pelagrao la demencia entre otras, e incluso la muerte. Algunas pueden servir como ayuda a las enzimas que actúan como cofactor, como es el caso de las vitaminas hidrosolubles.

Proteómica

La proteómica es el estudio a gran escala de las proteínas. Las proteínas son partes vitales de los organismos vivos, con muchas funciones. El proteoma es el conjunto completo de proteínas que un organismo o sistema produce o modifica. La proteómica ha permitido la identificación de cantidades cada vez mayores de proteínas. Estas varían con el tiempo y los distintos requisitos, o presiones, que experimenta una célula u organismo. La proteómica es un dominio interdisciplinario que se ha beneficiado enormemente de la información genética de varios proyectos del genoma, incluido el Proyecto del Genoma Humano. Cubre la exploración de proteomas a partir del nivel general de composición, estructura y actividad de las proteínas. Es un componente importante de la genómica funcional. La proteómica generalmente se refiere al análisis experimental a gran escala de proteínas y proteomas, pero a menudo se usa específicamente para referirse a la purificación de proteínas y la espectrometría de masas.

Metabolómica

La metabolómica es el estudio científico de los procesos químicos que involucran metabolitos. Específicamente, la metabolómica es el "estudio sistemático de las huellas únicas que dejan los procesos celulares específicos en su paso", es decir, el estudio del perfil de los metabolitos (moléculas pequeñas) de una muestra biológica. El metaboloma representa la colección de todos los metabolitos en una célula, tejido, órgano u organismo que son producto de los procesos celulares. El análisis de los datos de la expresión génica de ARN mensajero y de proteómica revela el conjunto de productos génicos que se están produciendo en la célula y son datos que representan una sola faceta de la función celular. Por el contrario, el perfilado metabólico ayuda a obtener una captura instantánea de la fisiología de la célula. Uno de los retos de la biología de sistemas y la genómica funcional es integrar la información de la proteómica, transcriptómica y metabolómica para proveer un mejor entendimiento de la biología celular.

Metabonomía

La metabonomía ha sido definida como "la medición cuantitativa de la respuesta metabólica de naturaleza dinámica y multiparamétrica de los sistemas vivos ante estímulos fisiopatológicos o bien, ante la modificación genética". El origen de la palabra es del griego μεταβολή que significa cambio y nomos que significa conjunto de reglas o leyes. Este acercamiento fue iniciado por Jeremy Nicholson en el Imperial College London y ha sido usado en toxicología, diagnóstico de enfermedades y demás campos. Históricamente, el método de la metabonomía fue uno de los primeros en aplicar la visión de la biología de sistemas para los estudios del metabolismo.

Ha existido un desacuerdo sobre las diferencias exactas entre la metabolómica y la metabonomía. La diferencia entre ellas no está relacionada con la elección de plataforma analítica: aunque a la metabonomía se le asocie más con la espectroscopia RMN y a la metabolómica con técnicas basadas en la espectrometría de masas, esto se debe simplemente a su uso entre diferentes grupos que han popularizado los diferentes términos. Mientras que no hay acuerdo absoluto, existe un consenso creciente que la 'metabolómica' tiene un mayor énfasis en el perfilado metabólico en nivel celular o de órganos y su campo de trabajo primario es el metabolismo endógeno normal. La 'metabonomía' extiende el perfilado metabólico para incluir información acerca de las perturbaciones en el metabolismo causadas por factores ambientales (incluyendo dietas y toxinas), procesos de enfermedad y contribuciones por influencias de tipo extragenómico, como los componentes de la flora intestinal. Esto no es una diferencia trivial; los estudios metabolómicos deberían, por definición, excluir las contribuciones de fuentes extragenómicas, ya que esas son externas en relación al sistema estudiado. Sin embargo, en la práctica, particularmente en el campo de investigación de enfermedades humanas, sigue habiendo un empalme en la forma en que ambos términos son utilizados, siendo en ocasiones sinónimos.

Tecnologías analíticas

Métodos de separación

La cromatografía de gases (CG), especialmente acoplada a la espectrometría de masas (método CG-EM) es uno de los métodos más poderosos y utilizados. Ofrece una resolución cromatográfica muy alta, pero requiere derivatización química para muchas biomoléculas: sólo se pueden analizar químicos volátiles sin necesidad de derivatización. Algunos instrumentos

modernos permiten la cromatografía '2D', usando una columna polar corta después de la columna analítica principal, lo que incrementa aún más la resolución. También se utiliza la cromatografía comprensiva en la metabolómica. Algunos metabolitos grandes y polares no se pueden analizar por medio de cromatografía de gases.

Cromatografía líquida de alta eficacia (conocida normalmente como HPLC por sus iniciales en inglés). Comparada a la cromatografía de gases, la HPLC tiene menor resolución cromatográfica, pero tiene la importante ventaja de que tiene el potencial para medir un rango de analitos mucho mayor.

Electroforesis capilar (EC). La EC tiene una eficiencia de separación teóricamente mayor a la de la HPLC, y es factible su uso para un rango de clases de metabolitos superior que el de la CG. Como todas las técnicas electroforéticas, es más apropiada para analitos con carga.

Métodos de detección

La espectrometría de masas (EM) es utilizada para identificar y cuantificar metabolitos después de su separación por cromatografía de gases, HPLC, cromatografía líquida-espectrometría de masas (CL-EM), o EC. El método CG-EM es la combinación más 'natural' de ellos, y fue la primera técnica en ser desarrollada. Además, se han creado bases de datos de huellas de espectros de masa que permiten identificar un metabolito de acuerdo a su patrón de fragmentación. La EM es tanto sensible (aunque particularmente en la HPLC-EM, la sensibilidad puede ser un problema ya que es afectada por la carga en el metabolito y puede estar sujeta a efectos de supresión de iones) y puede ser muy específica. Hay un gran número de estudios que usan la tecnología EM por sí misma: la muestra es puesta directamente en el espectrómetro de masa sin separación previa, y la EM sirve tanto para separar como para detectar los metabolitos.

(La unidad de masa atómica unificada (símbolo «u») o dalton (símbolo «Da») es una unidad estándar de masa definida como la doceava parte (1/12) de la masa de un átomo, neutro y no enlazado, de carbono-12, en su estado fundamental eléctrico y nuclear, y equivale a $1.660\ 5402(10) \times 10^{-27}$ kg (valor recomendado por CODATA). La masa de 1 mol de unidades (NA) de masa atómica equivale a 1 g. Se utiliza para expresar la masa de átomos y moléculas (masa atómica y masa molecular).)

El análisis de masa basado en superficie ha visto un resurgimiento en la última década, con el hecho de que las nuevas tecnologías de EM han incrementado la sensibilidad, minimizado efectos de la matriz y reduciendo la preparación de la muestra. La habilidad para analizar metabolitos directamente desde los fluidos biológicos y tejidos sigue siendo un reto con la tecnología en la actualidad, mayoritariamente por los grandes límites impuestos por la complejidad de las muestras, que contienen de miles a decenas de miles de metabolitos. Entre las tecnologías que se están desarrollando para responder a este reto está la espectrometría de masas con iniciador de nanoestructura (NIMS en inglés), que es un enfoque basado en una desorción/ionización que no requiere la aplicación de la matriz y por ello facilita la identificación de moléculas pequeñas (metabolitos). La tecnología MALDI también es utilizada, sin embargo la aplicación de una matriz MALDI (Se denomina MALDI por sus siglas en inglés Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization (desorción/ionización láser asistida por matriz) y TOF por el detector de iones que se acopla al MALDI y cuyo nombre procede también de sus siglas en inglés Time-Of-Flight. Técnica desarrollada en 1987 por el ingeniero japonés Koichi Tanaka. Consiste en una ionización suave del analito que provoca la vaporización de intactas moléculas termolábiles, no volátiles tales como proteínas y lípidos en un rango de peso molecular entre 2 a 20 kDa, a un relativo bajo costo y resultado inmediato. Muy utilizada para obtener, mediante espectrometría de masas, un espectro propio de un organismo y comparándolo con bases de datos, identificar a nivel de género, especie e incluso cepa aislados bacterianos y fúngicos. También es posible identificar virus.) puede agregar ruido de fondo significativo en tamaños menores a 1000 Da lo cual complica el análisis en el rango de masa pequeña (metabolitos). Además, el tamaño de los cristales de matriz resultantes limita la resolución espacial que puede ser alcanzada en el análisis de tejidos. La espectrometría de masa de ion secundario (SIMS en inglés) fue una de las primeras técnicas libres de desorción/ionización de matriz utilizada para analizar metabolitos de muestras biológicas. La SIMS usa un rayo de ion primario de alta energía para desorber y generar iones secundarios de una superficie. La mayor ventaja de la SIMS es su alta resolución espacial (tan pequeña como 50 nm), una característica poderosa para la visión de tejidos. Sin embargo, la SIMS todavía no ha sido aplicada al análisis de fluidos biológicos y de tejidos por su limitada sensibilidad a tamaños mayores de 500 Da y por la fragmentación del analito generada por el rayo de ion primario de alta energía. La ionización por electrospray de desorción (DESI) es una técnica

libre de matriz para analizar muestras biológicas que usa un spray de un solvente cargado para desorber los iones de una superficie. Sus ventajas son que no requiere una superficie particular y que el análisis se realiza a presión atmosférica teniendo completo acceso a la muestra mientras se realiza el análisis. Una limitación de la DESI es su resolución espacial porque "enfocar" el spray del solvente cargado es una tarea complicada. Sin embargo, un reciente avance llamado ESI por ablación de láser (LAESI) es prometedor para solucionar esta limitación.

La espectroscopía de resonancia magnética nuclear es la única técnica de detección que no se basa en la separación de analitos, por lo que la muestra puede ser recuperada para análisis posteriores. Todos los tipos de metabolitos pueden ser medidos simultáneamente, es decir, la RMN está cercana a ser una técnica de detección universal. Las ventajas principales de la RMN son su alta reproducibilidad analítica y la simplicidad de la preparación de la muestra. Sin embargo, es relativamente insensible a comparación de las técnicas basadas en espectrometría de masas.

Epigenética

Mecanismos epigenéticos

La epigenética (*del griego *epi*, en o sobre, -genética*) es el estudio de los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin una modificación en la secuencia del ADN. Establece la relación entre las influencias genéticas y ambientales que determinan un fenotipo.

Se refiere al estudio de los factores que, sin corresponderse a elementos de la genética clásica, juegan un papel muy importante en la genética moderna interactuando con estos. Los factores genéticos que son determinados por el ambiente celular —en lugar de por la herencia—, intervienen en la determinación de la ontogenia (etapas de desarrollo de un organismo, desde la fecundación del cigoto en la reproducción sexual hasta su senescencia, pasando por la forma adulta) y que igualmente interviene en la regulación heredable de la expresión génica sin cambio en la secuencia de nucleótidos. Se puede decir que la epigenética es el conjunto de reacciones químicas y demás procesos que modifican la actividad del ADN pero sin alterar su secuencia. Considerar las marcas epigenéticas como factores no genéticos nos alejaría de la verdadera visión de la disciplina científica. Las marcas epigenéticas no son genes, pero la genética moderna nos enseña qué no solo los genes influyen en la genética de los organismos.

El término fue acuñado por Conrad Hal Waddington en 1942 para referirse *al estudio de las interacciones entre genes y ambiente que se producen en los organismos*.

Tras la finalización del Proyecto Genoma Humano en el 2003, los científicos se han dado cuenta de que hay mucho más en las bases moleculares del funcionamiento celular, el desarrollo, el envejecimiento y muchas enfermedades. La idea que se tenía hace pocos años de que los seres humanos y los demás organismos son solo fundamentalmente lo que está escrito en nuestros genes desde su concepción está cambiando a pasos agigantados, y la ciencia avanza para lograr descifrar el lenguaje que codifica pequeñas modificaciones químicas capaces de regular la expresión de multitud de genes.

La epigenética reinterpreta conceptos conocidos y desvela nuevos mecanismos mediante los cuales la información contenida en el ADN de cada individuo es traducida. Concepto a concepto, se está descifrando un nuevo lenguaje del genoma e introduciendo la noción de que nuestras propias experiencias pueden marcar nuestro material genético de una forma hasta ahora desconocida, y que estas marcas pueden ser transmitidas a generaciones futuras. Hasta hoy se han podido discernir mecanismos epigenéticos en una gran variedad de procesos fisiológicos y patológicos que incluyen por ejemplo varios tipos de cáncer, patologías cardiovasculares, neurológicas, reproductivas e inmunes.

Biomaterial

Un biomaterial es cualquier sustancia que ha sido diseñada para interactuar con los sistemas biológicos con un propósito médico, ya sea terapéutico (tratamiento, suplementos, reparación o reemplazo de una función tisular del cuerpo) o de diagnóstico. Como ciencia, los biomateriales tienen unos cincuenta años. El estudio de los biomateriales se llama ciencia de los biomateriales o ingeniería de biomateriales. Ha experimentado un crecimiento constante y fuerte a lo largo de su historia, con muchas compañías invirtiendo grandes cantidades de dinero en el desarrollo de nuevos productos. La ciencia de los biomateriales abarca elementos de la medicina, la biología, la química, la ingeniería tisular y la ciencia de los materiales.

Tenga en cuenta que un biomaterial es diferente de un material biológico, como el hueso, que es producido por un sistema biológico. Además, se debe tener cuidado al definir un biomaterial como biocompatible, ya que es específico para cada aplicación. Un biomaterial que es biocompatible o adecuado para una aplicación puede que no lo sea en otra.

Hidroxiapatita

El hidroxilapatito, también llamado hidroxiapatita o hidroxiapatito, y hasta hace algunos años también apatito-(CaOH), es un mineral y un material biológico formado por fosfato de calcio cristalino, de fórmula ideal $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$.

El hidroxilapatito como mineral

El hidroxilapatito forma parte del grupo del apatito, junto con el fluorapatito y la clorapatita. También forman parte de este grupo otros minerales estructuralmente semejantes, pero que contienen otro anión en lugar del fosfato u otro catión en lugar del calcio. El nombre de hidroxilapatito procede del apatito, señalando la presencia de iones como el otro anión mayoritario acompañando al fosfato. Este anión puede estar substituido en parte por iones fluoruro, cloruro y carbonato. La substitución por iones carbonato da lugar a un mineral que se conoce como carbonato-hidroxilapatito, colofana o dahllita, y que actualmente no se considera una especie mineral independiente, dado que el contenido de ión carbonato es pequeño y el ión hidroxilo es siempre predominante. El término dahllita se ha utilizado también en la literatura mineralógica antigua para designar al apatito fibroso, sea cual sea su composición.

Propiedades físicas y químicas

El hidroxilapatito es bastante más raro que el fluorapatito, especialmente en forma de cristales. Los cristales tienen morfología de prismas hexagonales, generalmente cortos o tabulares, frecuentemente con gran desarrollo de las caras de pirámide. Los cristales pueden ser incoloros, blancos o de distintos tonos de verde. Suele aparecer como masas colomorfas poco compactas, de colores claros, a veces teñidas de rojo o marrón por óxidos de hierro o arcillas. También se encuentra como masas radiadas. Son muy frecuentes las substituciones del hidroxilo por carbonato y/o fluoruro.

La hidroxiapatita como material biológico

La hidroxiapatita representa un depósito del 99 % del calcio corporal y 80 % del fósforo total. El hueso desmineralizado es conocido como osteoide. Constituye alrededor del 60-70 % del peso seco del tejido óseo, haciéndolo muy resistente a la compresión. El esmalte que cubre los dientes contiene el mineral hidroxiapatita, con las particularidades químicas de contener iones carbonato y menos iones calcio de los que correspondería a la composición ideal. Ese mineral, muy poco soluble, se disuelve en ácidos, porque tanto el

PO_4^{3-} como el OH^- reaccionan con H^+ : $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}) + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 5\text{Ca}^{2+} + 3\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HO}^-$ -Las bacterias que causan el deterioro se unen a los dientes y producen ácido láctico a través del metabolismo del azúcar. El ácido láctico disminuye el pH en la superficie de los dientes a menos de 5. Cuando el pH es inferior a 5.5, la hidroxiapatita comienza a disolverse y ocurre el deterioro de los dientes. El ion fluoruro inhibe el deterioro de los dientes, formando $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, que es menos soluble y más resistente a los ácidos que la hidroxiapatita.

Se utiliza en biología, en técnicas de electroforesis, para diferenciar ADN de ARN y hélices de doble hebra (ds-DNA), de sencillas (ss-DNA). Dado que la hidroxiapatita retiene exclusivamente ADN bicatenario. También retiene hélices híbridas de ADN-ARN.

1.- Describe que entendemos por biomoléculas orgánicas:

Son las moléculas constituyentes de los seres vivos, y que son sintetizadas por estos mismos. Están basadas sus estructuras en el carbono. Se agrupan en lípidos, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas.

2.- ¿Qué son los biomateriales?

Es cualquier sustancia que ha sido diseñada para interactuar con los sistemas biológicos con un propósito médico, ya sea terapéutico (tratamiento, suplementos, reparación o reemplazo de una función tisular del cuerpo) o de diagnóstico.

3.- ¿Qué estudia la proteómica?

La proteómica es el estudio a gran escala de las proteínas. Las proteínas son partes vitales de los organismos vivos, con muchas funciones.

4.- ¿Qué estudia la metabolómica?

La metabolómica es el estudio científico de los procesos químicos que involucran metabolitos.

5.- ¿Qué estudia la metabonómica?

La medición cuantitativa de la respuesta metabólica de naturaleza dinámica y multiparamétrica de los sistemas vivos ante estímulos fisiopatológicos o bien, ante la modificación genética

6.- ¿Qué es la hidroxiapatita?

También llamado hidroxiapatita o hidroxiapatito, y hasta hace algunos años también apatito- (CaOH) , es un mineral y un material biológico formado por fosfato de calcio cristalino, de fórmula ideal $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$.

7.- ¿Qué estudia la epigenética?

Es el estudio de los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin una modificación en la secuencia del ADN. Establece la relación entre las influencias genéticas y ambientales que determinan un fenotipo.

Clase 30 de Noviembre: Biomoléculas orgánicas y biomateriales

La clase de hoy es sobre biomoléculas orgánicas y Biomateriales

Estaremos trabajando en Línea

Biomoléculas

<https://www.youtube.com/watch?v=G2VcAAEQso>

Biomedicina

<https://www.youtube.com/watch?v=K65zFudMxm4>

BIOMOLECULAS ORGANICAS

Las biomoléculas conforman a los seres vivos, y desempeñan funciones como, constituir la estructura celular y desempeñar actividades funcionales para la célula.

Estas están constituidas por los elementos:

- C: Carbono
- H: Hidrógeno
- O: Oxígeno
- N: Nitrógeno
- P: Fósforo

Podemos encontrar 4 tipos de biomoléculas orgánicas, que son:

- Carbohidratos
- Lípidos
- Proteínas
- Ácidos nucleicos

Carbohidratos: Son fuente de energía para la célula, se comportan como combustible para la misma y están compuesto por los elementos: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno.

Estos se dividen en:

Monosacáridos: Se caracterizan por tener una sola molécula. En ellos podemos encontrar:

Fructuosa: azúcar de las frutas

Glucosa: que está en la sangre

Disacáridos: Compuesto de dos monosacáridos, como:

Sacarosa: Azúcar normal que consumimos

Lactosa: Azúcar de la leche

Polisacáridos: Unión de tres o más monosacáridos. El ejemplo más común:

Almidón: constituyente de la energía de reserva que se encuentra en la papa.

Lípidos: Están constituidos por un ácido graso y un glicerol. Son energía de reserva para la célula y forman la membrana celular.

Por sus funciones se clasifican en:

Energética: Sustancias de reserva energética que se encuentra en forma de grasas.

Estructural: conforman la membrana celular gracias a los fosfolípidos.

Hormonal: Regulan el funcionamiento de los organismos.

Vitamínica: Proporcionan sustancias para el crecimiento y desarrollo de la célula.

Algunas vitaminas que están en función de los lípidos son la vitamina A, D, E y K.

Proteínas: Los 19 aminoácidos esenciales se combinan para formar las proteínas. Están constituidas por los elementos: Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y Oxígeno.

Por sus funciones las podemos clasificar:

Estructurales: Dan soporte y estructura a la célula como la queratina

Hormonales: Como la insulina que regula la entrada y salida de glucosa a la célula.

De defensa: Atacando y destruyendo a los microorganismos que ingresan a la célula, como lo hacen los glóbulos blancos.

De transporte: Como la hemoglobina que lleva el oxígeno de los pulmones a todas las células.

Enzimáticas: Como la amilasa, que se encarga de descomponer los almidones.

Ácidos nucleicos: Controlan las actividades de las células, pero su función principal es transmitir la información hereditaria.

Estos son:

ADN: Es el que contiene la información del funcionamiento de la célula. Es decir contiene toda la información hereditaria.

ARN: Este es el que lleva e interpreta la información que contiene el ADN.

Biomateriales

¿Qué son los biomateriales?

¿Cómo se utilizan los biomateriales en la práctica médica actual?

¿Qué tecnologías están desarrollando los investigadores financiados por el NIBIB con biomateriales?

¿Cuáles son las áreas importantes para futuras investigaciones sobre biomateriales?

¿Qué son los biomateriales?



Los selladores de hidrogel pueden permitir cambios de apósito sin dolor para pacientes con quemaduras. Laboratorio de Grinstaff Laboratorio, Universidad de Boston.

Los biomateriales desempeñan un papel integral en la medicina de hoy: restablecen la función y facilitan la curación de las personas después de una lesión o enfermedad. Los biomateriales pueden ser naturales o sintéticos y se usan en aplicaciones médicas para apoyar, mejorar o reemplazar tejido dañado o una función biológica. El primer uso histórico de los biomateriales se remonta a la antigüedad, cuando los antiguos egipcios utilizaban suturas hechas de tendones animales. El campo moderno de los biomateriales combina medicina, biología, física y química, e influencias más recientes de la ingeniería de tejidos y la ciencia de los materiales. El campo ha crecido significativamente en la última década debido a los descubrimientos en ingeniería de tejidos, medicina regenerativa y más.

Los metales, la cerámica, el plástico, el vidrio e incluso las células y tejidos vivos pueden utilizarse para crear un biomaterial. Pueden ser rediseñados en piezas moldeadas o maquinadas, recubrimientos, fibras, películas, espumas y telas para usar en productos y dispositivos biomédicos. Estos pueden incluir válvulas cardíacas, reemplazos de articulaciones de cadera, implantes dentales o lentes de contacto. A menudo son biodegradables, y algunos son bioabsorbibles, lo que significa que se eliminan gradualmente del cuerpo después de cumplir una función.

¿Cómo se utilizan los biomateriales en la práctica médica actual?

Los médicos, investigadores y bioingenieros utilizan biomateriales para la siguiente amplia gama de aplicaciones:

Implantes médicos, incluidas válvulas cardíacas, endoprótesis vasculares e injertos; Articulaciones artificiales, ligamentos y tendones; implantes de pérdida de audición; implantes dentales; y dispositivos que estimulan los nervios.

Métodos para promover la curación de tejidos humanos, incluidas suturas, clips y grapas para el cierre de heridas y apósitos disolubles.

Tejidos humanos regenerados, utilizando una combinación de soportes de biomaterial o andamios, células y moléculas bioactivas. Los ejemplos incluyen un hidrogel de regeneración ósea y una vejiga humana cultivada en laboratorio.

Sondas moleculares y nanopartículas que rompen las barreras biológicas y ayudan en el diagnóstico y la terapia del cáncer a nivel molecular.

Biosensores para detectar la presencia y cantidad de sustancias específicas y para transmitir esos datos. Algunos ejemplos son los dispositivos de monitoreo de glucosa en la sangre y los sensores de actividad cerebral.

Sistemas de administración de medicamentos que transportan y / o aplican medicamentos a un objetivo de la enfermedad. Los ejemplos incluyen endoprótesis vasculares recubiertas con medicamentos y obleas de quimioterapia implantables para pacientes con cáncer.

¿Qué tecnologías están desarrollando los investigadores financiados por el NIBIB con biomateriales?

El NIBIB financia la investigación que tiene como objetivo abordar la función y la biocompatibilidad de los biomateriales.

Biomateriales diseñados para la función

Los bioingenieros miden la función de un biomaterial por la forma en que realiza una acción específica y cómo se utilizará. Un sistema de curación de heridas debe promover el crecimiento de la piel y la formación de vasos sanguíneos. El material de reemplazo óseo debe soportar la unión celular y facilitar el crecimiento óseo.

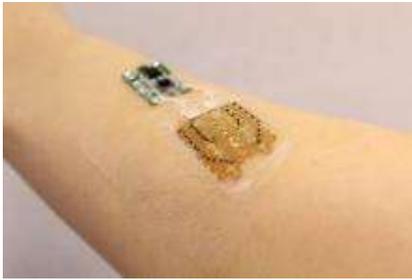
Una nueva familia de sistemas de proteínas fibrosas

Las células madre no están especializadas, por lo que tienen el potencial de hacer la transición a cualquier tipo específico de célula en las condiciones adecuadas. Los biomateriales se pueden usar para controlar el destino y la función de las células madre. Los investigadores financiados por el NIBIB están trabajando para combinar la seda con la tropoelastina, una proteína estructural altamente elástica y dinámica para construir un panel de biomateriales de proteínas. Estos materiales deben imitar la elasticidad de diversas estructuras tisulares y, en consecuencia, controlar la función biológica, en particular la diferenciación de las células madre.

Un parche para usar como sellador de pulmón

Los selladores y parches hechos de biomateriales permiten que los tejidos dañados se regeneren y sanen. Investigadores financiados por el NIBIB están explorando el uso de alginato, derivado

de algas pardas, como un parche sellante y terapéutico para tratar las fugas pulmonares resultantes de la cirugía, lesiones o afecciones como la neumonía y la fibrosis quística. Después de que el alginato se liofiliza, se aplica a la herida y se rehidrata con el agua del cuerpo. Las pruebas preliminares son prometedoras, y muestran que el parche puede soportar presiones similares a los pulmones, tratar eficazmente las fugas pulmonares y ayudar en la regeneración del tejido pulmonar.



Un apósito inteligente para heridas es delgado y flexible con una gama de sensores de pH, portadores de medicamentos termo-sensibles y un controlador a bordo. Fuente: Laboratorio de Khademhosseini, Harvard-MIT.

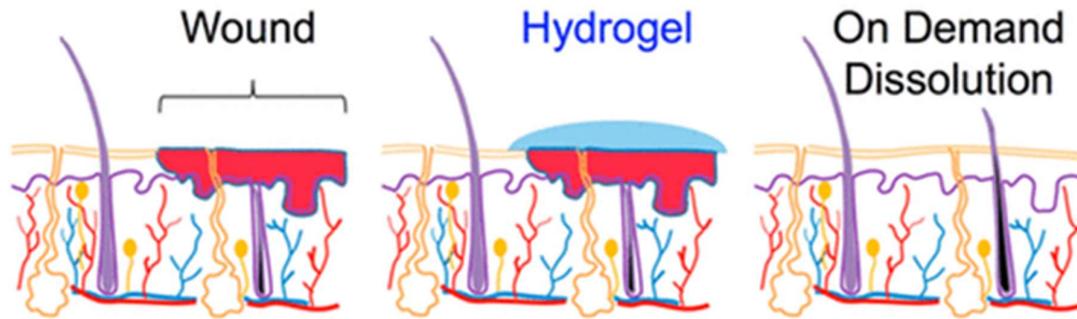
Apósito inteligente para el tratamiento de úlceras diabéticas crónicas

Los pacientes con úlceras diabéticas que no se curan experimentan disminución de la calidad de vida, infecciones, amputaciones y muerte. Los investigadores del NIBIB están desarrollando un vendaje inteligente para heridas que puede suministrar oxígeno y factores bioquímicos que promueven los vasos sanguíneos mientras monitorean la curación. Combinando electrónica, curación de heridas, microfabricación, biomateriales y administración de fármacos, el apósito integra sensores y actuadores en contacto directo con la piel. Se espera que promueva la curación al tiempo que reduce los reemplazos innecesarios de apósitos y las visitas a las instalaciones médicas

Soldadura láser y reparación de roturas de tejidos

Una cuarta parte de los pacientes que se someten a cirugía para volver a unirse a segmentos de su colon experimentan una fuga posterior en el sitio de la herida. Investigadores financiados por el NIBIB están aplicando una técnica de soldadura por láser para la reparación del colon como alternativa a la sutura o el grapado. El procedimiento utiliza nanocompuestos

fototérmicos: material de tamaño nanométrico y barras de oro incrustadas en una matriz que, cuando se calienta con un láser, puede fusionarse con los tejidos rotos.



Un hidrogel para quemaduras se disuelve ya que promueve la curación de heridas. Fuente: Laboratorio Grinstaff, Universidad de Boston.

Apósito soluble para el tratamiento de quemaduras Los pacientes con quemaduras experimentan dolor agudo al someterse a la eliminación del apósito. Los apósitos actuales aprobados clínicamente se adhieren a la superficie de la herida, traumatizando el tejido recién formado y retrasando la curación. Investigadores financiados por el NIBIB están desarrollando un apósito de hidrogel que se disolverá automáticamente, proporcionará una barrera contra la infección y promoverá la curación. Al disolverse en subproductos seguros de forma controlada, el hidrogel permitirá la remoción a medida de la demanda y la reexposición de la herida sin la necesidad de desbridamiento mecánico y corte, lo que resultará en un tratamiento más fácil y menos traumático.



El stent de zinc es soluble y resiste la corrosión. Foto por Sarah Bird, Michigan Tech.

Stents de zinc disolubles

Los stents metálicos se usan comúnmente para mantener los vasos sanguíneos abiertos, pero los stents pueden causar complicaciones a largo plazo, que incluyen un nuevo estrechamiento

del vaso, coágulos de sangre y sangrado. Investigadores financiados por el NIBIB están desarrollando un stent de zinc bioabsorbible que se erosiona de forma inocua con el tiempo, minimizando los riesgos crónicos normales asociados con los stents permanentes. Las primeras pruebas con endoprótesis absorbentes de zinc han sido prometedoras.

Alimentación autosuficiente para dispositivos biomédicos implantables

Un dispositivo biomédico dura tan solo como su batería. Los investigadores financiados por el NIBIB pretenden superar esa limitación mediante la recolección de energía del cuerpo humano para impulsar dispositivos biomédicos implantables. Actualmente están explorando una nanotecnología innovadora para desarrollar membranas ultrafinas, ligeras, estirables y biocompatibles. Las membranas pueden convertir de manera eficiente y discreta la energía mecánica generada dentro del cuerpo humano en energía eléctrica, lo que resulta en una fuente de alimentación autosuficiente.

¿Cuáles son las áreas importantes para futuras investigaciones sobre biomateriales?

Las siguientes tres tecnologías fascinantes sugieren direcciones para biomateriales en el horizonte:

La inmunomodulación es un ajuste de la respuesta inmunitaria a un nivel deseado. Los biomateriales inmunomoduladores pueden ayudar a combatir enfermedades crónicas generalizadas, como la diabetes tipo 1, una enfermedad autoinmune en la que la defensa del cuerpo destruye las células productoras de insulina en el páncreas. Recientemente, los investigadores desarrollaron un biomaterial sintético inyectable que revirtió la diabetes tipo 1 en ratones diabéticos no obesos, un paso importante en el desarrollo de una plataforma biodegradable para ayudar a controlar los efectos de la enfermedad.

Los biomateriales inyectables se utilizan cada vez más para la administración de agentes terapéuticos como medicamentos, materiales genéticos y proteínas. Ofrecen la posibilidad de tratar una variedad de afecciones al proporcionar un suministro específico y evitar la absorción por parte del sistema inmunológico. La investigación actualmente en curso que utiliza biomateriales inyectables tanto sintéticos como de origen natural puede ser utilizada algún día para tratar defectos óseos, cáncer y ataques cardíacos.

Los biomateriales supramoleculares, complejos de moléculas que exceden los límites de lo que las moléculas pueden hacer por sí solos, tienen el potencial de detectar y responder, lo que los

convierte en materiales ideales para tratar lesiones o enfermedades. Los investigadores están explorando el desarrollo de biomateriales supramoleculares que pueden activarse o desactivarse en respuesta a señales fisiológicas o que imitan la señalización biológica natural.

1.- ¿Qué son los biomateriales?

Es cualquier sustancia que ha sido diseñada para interactuar con los sistemas biológicos con un propósito médico, ya sea terapéutico (tratamiento, suplementos, reparación o reemplazo de una función tisular del cuerpo) o de diagnóstico.

2.- ¿Cómo se utilizan los biomateriales en la práctica médica actual?

Restablecen la función y facilitan la curación de las personas después de una lesión o enfermedad. Se usan en aplicaciones médicas para apoyar, mejorar o reemplazar tejido dañado o una función biológica.

3.- ¿Qué tecnologías están desarrollando los investigadores financiados por el NIBIB con biomateriales?

La finalidad de dichas investigaciones tiene como objetivo determinar la función y biocompatibilidad de los biomateriales. Las tecnologías desarrolladas son diversas, abarcando técnicas como la combinación de la seda con la tropoelastina, para construir un panel de biomateriales de proteínas, imitando la elasticidad y así, la diferenciación de las células madres. Entre otros ejemplos, se encuentra un parche para usar como sellador de pulmón, un apósito inteligente para el tratamiento de úlceras diabéticas crónicas, una técnica de soldadura láser y reparación de roturas de tejidos, entre muchos otros.

4.- ¿Cuáles son las áreas importantes para futuras investigaciones sobre biomateriales?

Los biomateriales inmunomoduladores, los biomateriales inyectables y los biomateriales supramoleculares.

Clase 2 de Diciembre: Nanociencias y nanotecnología

Estaremos trabajando en línea.

<https://www.youtube.com/watch?v=4ZLImS4A-Q8>

<https://www.youtube.com/watch?v=zvwdzd6iWJo&t=1s>

Introducción

La Revolución Nano Tecnológica, que ya ha comenzado, contribuirá de una manera decisiva a alcanzar un nivel tecnológico mundial muy superior al actual.

El nuevo nivel tecnológico impulsará las tecnologías existentes y creará otras nuevas tecnologías muy novedosas y de gran potencialidad; permitirá lograr importantes beneficios económicos y sociales en múltiples campos de la actividad humana, tan diversos como:

- Alimentación
- Medicina
- Telecomunicaciones
- Medioambiente
- Industria de la construcción



La nanotecnología – Areas de innovacion

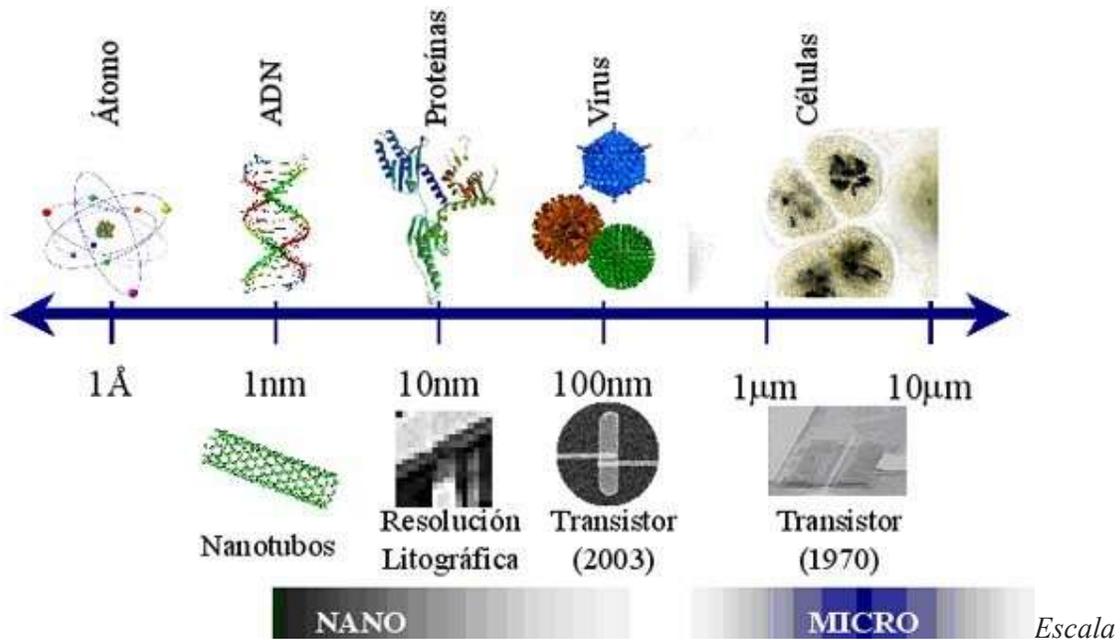
La Nano Ciencia y la Nano Tecnología contribuirán muy decisivamente a la consecución de un desarrollo sostenido de las actividades humanas.

El descubrimiento de nuevos Nano Materiales y la fabricación de nuevos materiales nano estructurados y de Nano Estructuras, será crucial en la transformación de las estructuras económicas y productivas actuales, que ya han perdido su eficacia.

Definiciones
Nano ciencia

La nano ciencia es la rama del saber que estudia los fenómenos, las propiedades y la manipulación de la materia a una escala nano métrica, generalmente comprendida entre 0,1-100 nm (1 nm=10⁻⁹). Su estudio se centra en el comportamiento y la manipulación de los átomos, de las moléculas y de las macro-moléculas que manifiestan diferentes propiedades a la de los materiales de mayores dimensiones.

La nano ciencia abarca otras áreas del conocimiento como: la física y la química cuánticas, la ciencia de los materiales y la biología molecular. Es, por tanto, una ciencia interdisciplinar y su objeto de estudio son los nano materiales.



de dimensiones

Nano tecnología

La nanotecnología es la ciencia aplicada, enfocada al diseño, a la caracterización, a la producción y a la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas que, mediante una manipulación controlada de las nano partículas, produce estructuras, dispositivos y sistemas con propiedades o características nuevas o superiores.

El objetivo de la nanotecnología es conseguir el ensamblado controlado de nano partículas que produzcan, a macro escala, objetos y productos nanoestructurados de propiedades diferentes y superiores.

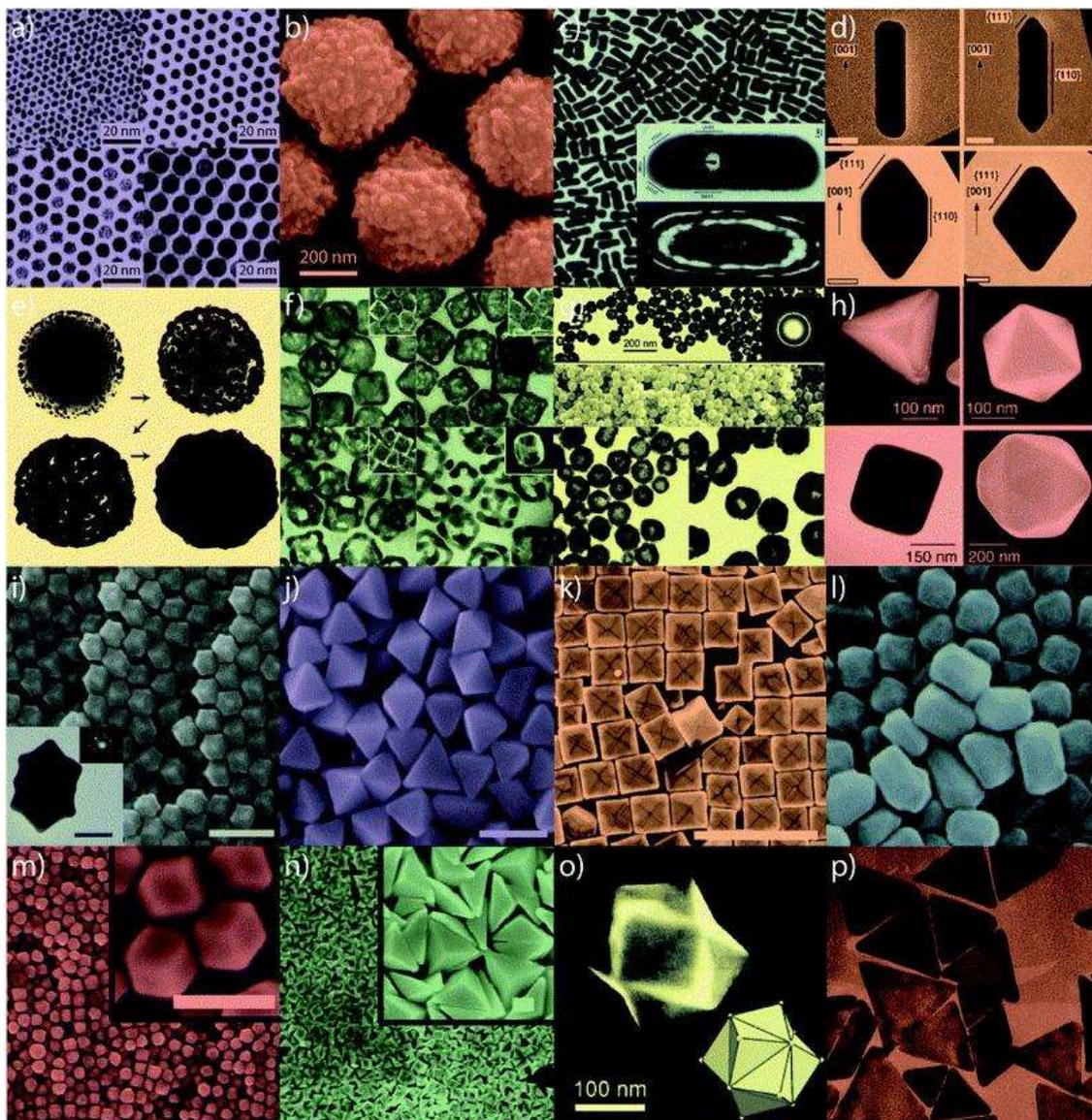
La nanotecnología fabrica dispositivos átomo a átomo o molécula a molécula.

Se definen como nano partículas aquellas que tienen un diámetro < 100 nm.

Se definen generalmente como materiales en los que, al menos, una cara o su estructura interna tienen una dimensión nano (< 100 nm), aunque no hay consenso sobre su tamaño mínimo y máximo.

Sus propiedades físicas y químicas dependen no solo de su composición, sino también de su tamaño y forma.

Los nano materiales se forman por el ensamblaje de nano partículas.



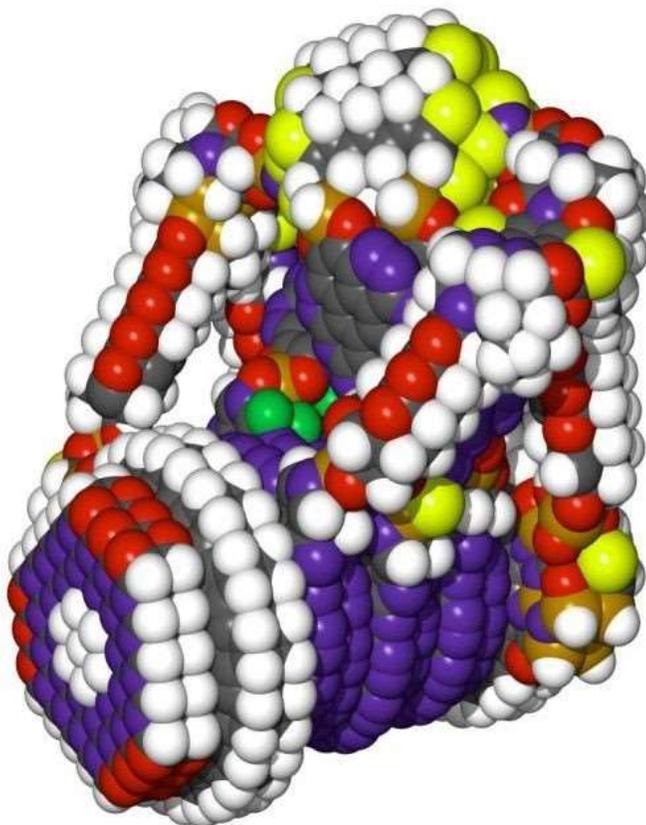
imágenes de nano partículas

El desarrollo de la Nano ciencia y de la Nano tecnología en los años venideros, tiene el objetivo ambicioso de alcanzar su punto culminante, con la posibilidad de fabricar cualquier objeto físico mediante el ensamblado de átomos y moléculas, de modo que el objeto fabricado tenga unas propiedades similares a las de las nano partículas que lo componen formando un material nano estructurado.

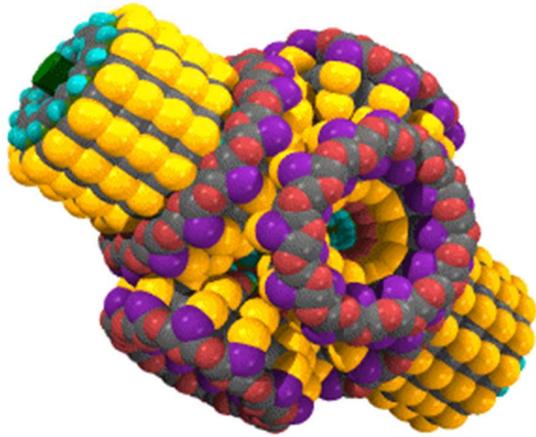
Será necesario, antes, construir NANO MAQUINAS ENSAMBLADORAS de nano partículas (nanoscopic machines assemblers), programadas para manipular átomos y moléculas a voluntad.

Posteriormente, será necesario diseñar NANO MAQUINAS REPLICADORAS (nanomachines replicators) que generen suficientes nano máquinas ensambladoras para poder fabricar cualquier objeto físico nano estructurado deseado.

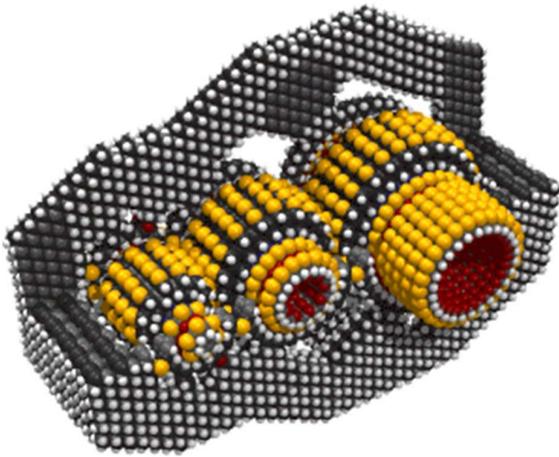
Cuánto tiempo se tardará en conseguir este punto omega no se sabe.



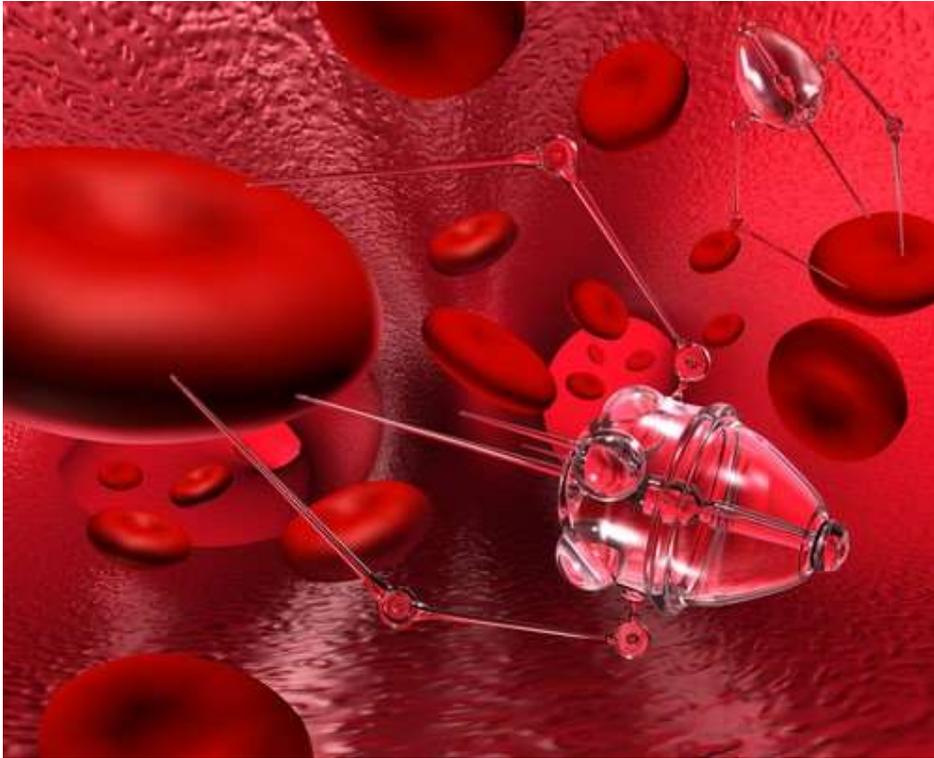
Nanomáquina ensambladora molecular (simulación por computador) Drexler



Engranaje diferencial molecular (Drexler)



Nano Engranajes moleculares (simulación) por computador (Drexler)



Nano Robot navegando por el caudal sanguíneo (simulación por computador)

1.- ¿Qué es la nanociencia y la nanotecnología para ti?

La nanociencia son las ciencias aplicadas a escalas muy pequeñas, va de la mano con la nanotecnología, que es el área de la investigación que estudia la manipulación (diseño y fabricación) de materiales y estructuras a nanoescala (de entre 1 nm a 100 nm), es decir, de lo pequeño, dándoles alguna aplicación práctica. En pocas palabras, busca controlar la materia al acomodar átomo por átomo para construir estructuras, materiales y dispositivos superiores a los actuales, para así aprovechar las propiedades únicas que existen en el mundo a nanoescala. Lo que sí es seguro es que tendrá un impacto directo en todos los aspectos de nuestras vidas: en la salud, en el hogar, en el transporte y hasta en la seguridad.

Justamente aquí es cuando uno puede llegar a imaginar los alcances inmensos que tiene esta ciencia en las diferentes áreas del desarrollo humano, así como sus aplicaciones. Siendo muy probable que, en algún punto, llegue a estar inmerso totalmente en la vida de cada individuo. Desde cosméticos, ropa textil, alimentos, aparatos electrónicos, hasta en medicinas y tratamientos médicos. No cabe duda que esta área tecnológica será muy parecida a lo que es una revolución industrial en estos tiempos donde se desarrollará todo desde lo pequeño hasta lo más grande. Tendrá un impacto directo en todos los aspectos de nuestras vidas: en la salud, en el hogar, en el transporte y hasta en la seguridad.

Lo que sí es que una ciencia tan prometedora con grandes avances en la industria, puede ser empleada de manera negativa o incluso tener efectos secundarios negativos si no se es tratada con el respeto y cuidado que merece. Ahí es donde entra el deber de nosotros como individuos

de exigir una legislación adecuada, para preservar un buen futuro para todos. Además de fungir como ingenieros en nanotecnología responsables y que hagan uso de la bioética.

