

RESUMEN

Esta monografía trata sobre el novedoso y no muy nuevo material llamado grafeno y sus aplicaciones en biotecnología. Fue descubierto en el año de 1930; sin embargo, se desconocía su verdadera importancia hasta el año 2004. El grafeno es un nanomaterial que está formado por capas de un espesor de pocos átomos de carbono; por las magníficas propiedades que presenta como: dureza, elasticidad, flexibilidad, transparencia, buena conductividad eléctrica y de calor, entre otras, ha despertado el interés a nivel científico, proponiendo algunos métodos para su obtención y así, poder producirlo a gran escala. Es por esto que en este trabajo cito algunos de los métodos clásicos de obtención de grafeno y otros trabajos que se han realizado con pequeñas variantes de los métodos iniciales, con la finalidad de obtener grafeno a menor costo pero con mayor rapidez y eficiencia, siendo la obtención del grafeno la principal desventaja que actualmente se tiene para trabajar con este material. Además, se revisó la importancia de su continuidad investigativa para desarrollar nuevas aplicaciones en diferentes ámbitos como: la electrónica, medicina y la biotecnología, siendo este último donde se enfoca este trabajo.

La conclusión que se obtuvo en el presente trabajo es que, las técnicas de obtención de grafeno son relativamente sencillas sin embargo, la poca eficiencia para su producción a gran escala es la principal razón para que diferentes organizaciones y estudiantes centren su atención en la mejora de los procesos; las diferentes técnicas aquí citadas para la obtención del grafeno representan una buen

opción, pero son procesos que se encuentran en investigación. Definitivamente, el grafeno es un material maravilloso y con gran potencial debido a su versatilidad para la aplicación en distintos campos de la ciencia y la industria, y sin duda alguna es un material al que le depara un gran futuro, relacionado con avances tecnológicos que serán de mucha utilidad para la humanidad y el medio ambiente.

Palabras clave: grafeno, grafito, biotecnología, aplicaciones.

ABSTRACT

This monograph discusses the novel and not very new material called graphene and its applications in biotechnology. Was discovered in 1930; however, its real importance was unknown until 2004. Graphene is a nanomaterial made up of layers of few carbon atoms thick, by great properties that present like: hardness, elasticity, flexibility, transparency, good electrical and heating conductivity among others, giving a special interest in a scientific research fields, proposing some methods for its obtaining therefore, achieving a long scale production. For this reason, this work describes several classical methodologies for graphene extraction and some others that have been performed with small changes of variations of the initial methods; in order, to get graphene in a low cost but in a more quickly and efficiently way, being this obtaining graphene the main disadvantage currently have to work with this material. Additionally, a revision about the continual research importance for developing new applications in different fields, like: electronics, medicine, and, biotechnology, being this, where this work will be mainly focused.

The conclusion about this work is that, graphene synthesis techniques are relatively simple; however, the low efficiency for its production in a large scale, is the most important reason to organizations and students focus in the processes improvement; the different graphene obtaining techniques described in here, represent a good option, but those are under research process. Definitely, graphene is a great material with a high potencial, because of its versatility in the application

of several science and industry fields. and certainly is a material with a great future, related with a very useful technological progress, to humankind and environment.

Key words: graphene, graphite, biotechnology, applications.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología ha revolucionado el mundo científico y tecnológico hace alrededor de los últimos 20 años, cuyo objeto de estudio consiste en la creación y construcción de estructuras y nuevos materiales a partir de átomos. En la actualidad, diversas técnicas y herramientas están en desarrollo con el fin de promover la capacidad de amplificar y manipular los átomos y moléculas con cantidades y combinaciones deseadas. En este contexto, las nanoestructuras de carbono han revelado varias aplicaciones y han jugado un papel importante en la ciencia de los nanomateriales, dada la diversidad de sus formas y propiedades estructurales peculiares (Owens, 2007).

El término de grafeno fue utilizado por primera vez en 1987; el concepto ha sido conocido desde 1947 pero existían como única teoría, ya que se creía que una estructura de dos dimensiones no podría existir físicamente. La definición oficial fue dada por la IUPAC en 1994, que considera al grafeno como una sola capa de la estructura de grafito. En el 2004, un grupo de científicos del centro de Nanotecnología de la Universidad de Manchester, conformado por los rusos Andre Geim y Konstantin Novoselov, lograron aislar pequeños fragmentos de grafeno a partir del grafito, gracias a esta investigación fueron premiados con uno de los premios más honorables de la Física, el Premio Nobel en el año 2010 (Enserink y Vogel, 2010).

El grafeno, ya que se obtiene del grafito, tiene la misma estructura. Consta de una sola capa de átomos de carbono dispuestos en una retícula como un panal de abejas, y unas dos dimensiones de materiales compuestos de átomos de carbono, dispuestos en una red hexagonal. Debido a su estructura, este material se ha tornado de gran interés científico, y al tener una serie de propiedades únicas, lo convierten en uno de los materiales más prometedores del siglo XXI (Serena, 2010.)

El grafeno puede considerarse como el bloque constructor a partir del cual se forman todos los demás materiales grafiticos. Si se lo envuelve puede formar una bola (fullereno); o si se lo enrolla cilíndricamente en forma de un tubo (nanotubos); si muchas de estas hojas se apilan, se tiene grafito tridimensional. Además de tener propiedades electrónicas excepcionales, propiedades térmicas y de conductividad muy alta, el grafeno ofrece a la industria una alternativa potencial ante el silicio y el diamante que son los elementos que en la actualidad se utilizan (Fernández, 2013).

Para la obtención de grafeno muchos métodos de síntesis han sido desarrollados, sin embargo, la escala de calidad y la producción sigue siendo una barrera al uso del mismo en la industria. Los recientes métodos de caracterización requieren la transferencia de grafeno a un sustrato específico, lo que disminuye la eficiencia de la caracterización. Es por esto que en este trabajo se hace referencia a algunas investigaciones realizadas, donde se ha hecho pequeñas variaciones a los métodos que en la actualidad existen, ya sea utilizando otras técnicas de extracción de grafeno, o cambiando los surfactantes utilizados, y que de alguna manera faciliten su obtención sin perder la calidad de éste.

Las aplicaciones del grafeno abarcan campos tan diversos, que van desde la electrónica hasta la ingeniería de tejidos, así como diversas aplicaciones en el campo de la biotecnología. Es importante conocer los tipos de biotecnologías existentes, y las diferentes áreas de aplicación. Para su identificación se lo ha hecho mediante colores; rojo para el área de salud, blanco industrias, verde para procesos agrícolas y azul medios acuáticos (Palladino, 2010).

El desarrollo de esta monografía tiene como objetivo principal investigar sobre la diversidad de aplicaciones que se le pueden atribuir a este maravilloso material y como el grafeno puede realizar asombrosos cambios a las técnicas utilizadas en la actualidad, para lo cual es muy importante conocer las características, propiedades y los métodos para su obtención. Y lograr que en unos pocos años el hablar del grafeno no sea tan extraño y desconocido como lo es al momento.

Algunas de las aplicaciones de mayor importancia encontradas bibliográficamente, son por ejemplo el uso de grafeno para la secuenciación del ADN por medio de nanoporos de este material, obteniendo mejores resultados que con los clásicos nanoporos de nitruro de silicio con fines forenses; la elaboración de espumas de grafeno para regenerar tejidos gran aplicabilidad en biomedicina; fabricación de equipos biónicos, donde el grafeno actúa como transistor de neuronas para la recuperación de la movilidad de alguna parte muerta del cuerpo, o al aumentar la vida útil de equipos biónicos colocados en el interior de una persona; también audífonos nanométricos de alta calidad de audición, lentes de contacto con visión nocturna para el uso a nivel policial o militar, aquí el grafeno se usa como sensor; también el desarrollo de biosensores para detectar bacterias

vivas, gran aplicación en el área de alimentos; la elaboración de Generadores de Hidrogeno con la finalidad de reducir el calentamiento global al utilizar energías renovables, y por último pero no menos importante, el uso de grafeno en un sensor que se coloca en los dientes, y a través de nuestro aliento, el sistema permite detectar si estamos enfermos y genera una señal indicando a tiempo una enfermedad ayudando a prevenir una posible infección provocado por bacterias

Si el desarrollo de todas estas aplicaciones se logran dar con éxito y se comercializan a un futuro, podemos tener la certeza de la ayuda que todos estos inventos tendrán en nuestra vida diaria, lo que implica mejoras también en diferentes sectores productivos.

1. EL GRAFENO

1.1. HISTORIA

La estructura del grafeno fue descubierta en la década de 1930, mientras que la estructura de bandas fue calculada en 1949 por el físico Russell Philip Wallace (1915-2006). La descomposición térmica de hidrocarburos, permitía la primera posibilidad de formar filamentos de carbono, y esta técnica fue descubierta en 1889, pero no se le dio mayor importancia al grafeno, ya que se suponía era inestable y se pensaba que las fluctuaciones térmicas destruirían el orden del cristal.

En el año de 1994 se le puso el nombre de grafeno a la mono capa del grafito. Proviene de GRAFITO + ENO, pero no es sino hasta el año 2003 que los profesores de la universidad de Manchester, Andre Geim y su compañero Novoselov, tomaron un bloque de grafito un poco de cinta adhesiva y empezaron a jugar literalmente con este material hasta obtener una capa de tan solo el espesor de un átomo de carbono, sin imaginarse lo que se vendría con este descubrimiento. (Wikispaces, 2015).

En el 2004, Geim publica un artículo llamado “Efecto de campo electrónico de las películas de carbono de grosor atómico”, en este artículo, el físico ruso anunciaba el uso de las hojas de grafeno, y tras 6 años de estudios Geim y Novoselov, fueron galardonados con el Premio Nobel de Física 2010. (El mundo

ciencia, 2010). En la **Figura 1** podemos ver el certificado que se otorgó a los físicos por el trabajo desarrollado con el grafeno en el año 2010.

El grafeno, al estar formado por átomos de carbono y siendo éste el elemento químico más alucinante que podemos encontrar en la tabla periódica, al ser la base del ADN, por tanto, de toda forma de vida en la tierra, existen diversidad de aplicaciones y multitud de usos por descubrir debido a sus innumerables y asombrosas capacidades, lo que hace que este material sea investigado a fondo y sea considerado un material maravilla en avances biotecnológicos.

1.2. ESTRUCTURA

El carbono es uno de los elementos químicos que ha llamado mayormente la atención en estudios científicos. El carbono presenta varias formas alotrópicas, según el tipo de hibridación que se haya producido en sus orbitales y pueden ser: (Rodríguez, 2012).

- Estructuras tridimensionales con hibridación sp_3 : formado por una estructura laminar plana en forma de panales superpuestos uno sobre otro, como el diamante y el grafito. Esta hibridación surge de la mezcla de un orbital s con tres orbitales p que originan cuatro orbitales híbridos equivalentes.
- Estructuras bidimensionales con hibridación sp_2 : formado por una sola estructura laminar plana en forma de panal extendido, como el grafeno. En este tipo

de hibridación del carbono se generan tres orbitales híbridos equivalentes provenientes de la mezcla de un orbital s con dos orbitales p.

- Estructuras monodimensionales con hibridación sp: Al enrollar una estructura laminar plana en forma de panal formando un cilindro, como los nanotubos. Aquí dos orbitales híbridos son generados por la combinación de un orbital s con un orbital p.

- Estructuras cero dimensionales con hibridación sp o mezcla de hibridación: si se enrolla una de las estructuras laminares planas en forma de panal formado una esfera, por ejemplo los fullerenos.

Esta alotropía tan extensa se debe a la capacidad de los átomos de carbono para formar redes muy complicadas y con diversas estructuras que presentan características y propiedades muy variadas. En la **Figura 2**. Podemos observar las diferentes estructuras que se pueden formar con los alótropos de carbono.

El grafeno es una estructura nanométrica, bidimensional, de átomos de carbono adheridos a una superficie uniforme, ligeramente plana con ondulaciones de un átomo de espesor, haciendo que se vea o tome una forma con apariencia semejante a una capa de un panal de abejas como se muestra en la **Figura 3**. Debido a su configuración atómica hexagonal (Menéndez, 2012).

La hibridación sp₂ (ángulos de 120°) explica la estructura hexagonal. Cada uno de los carbonos contiene cuatro electrones de valencia en el estado hibridado, tres

de esos electrones se alojan en los orbitales sp_2 , y forman enlaces covalentes simples. El electrón sobrante se aloja en un orbital atómico de tipo «p» perpendicular al plano de los orbitales. 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 (Arguello *et al.*, 2012).

La estructura del grafito está formada por una serie de láminas de grafeno una encima de otra. Las fuerzas que unen las distintas capas apiladas de grafeno se debe a fuerzas de Van der Waals e interacciones entre los orbitales π de los átomos de carbono. Como podemos observar en la **Figura 4**. La representación de la estructura del grafito formado por tres láminas de grafeno.

Por lo tanto, podemos considerar la estructura del grafeno como una molécula aromática extremadamente extensa en las dos direcciones del espacio, el grafeno perfecto está construido exclusivamente de celdas hexagonales, cualquier otra forma se considera defecto, y el término grafeno debe ser usado solo cuando las reacciones, relaciones estructurales o cualquier otra propiedades hable de capas individuales, así el grafeno se ha definido como un hidrocarburo aromático policíclico infinitamente alternante de anillos de solo seis átomos de carbono .

1.3. PROPIEDADES

En esta sección introduciremos las propiedades básicas y más destacadas del grafeno con la finalidad de entender un poco más de donde provienen sus magníficas características (Bosch, 2014).

- Alta conductividad térmica: ésta es una propiedad física que mide la capacidad que tiene un cuerpo para conducir el calor, en el caso del grafeno se ha medido, y se encuentra en un valor de, aproximadamente, $5000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. El cobre presenta un valor de $400 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a temperatura ambiente. Por tanto, el grafeno conduce 100 veces mejor el calor que el cobre.

- Alta conductividad eléctrica: el grafeno presenta una conductividad eléctrica de $0.96 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. La conductividad del cobre es $0.60 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ y la del silicio es $100 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. Por tanto, el grafeno conduce la electricidad mejor que el cobre y, asombrosamente, 100 veces mejor que el silicio, además el grafeno necesita de menor cantidad de electricidad para transportar energía característica que podría aplicarse en un futuro en la fabricación de baterías de los celulares haciendo que duren mayor tiempo.

- Se lo considera semiconductor con banda prohibida cero. Esto se debe a la inusual forma de cono de sus bandas, donde en las proximidades del nivel de Fermi la banda desocupada de menor energía (banda de conducción) se une en un solo

punto con la cima de la banda ocupada de mayor energía (banda de valencia) (Introducción a los nanomateriales, 2012).

- Alta dureza: se define como la resistencia que presenta un material a ser penetrado por un cuerpo sólido, el grafeno presenta esta característica y se estima que es unas 200 veces más duro que el acero, lo que hace que sea un material resistente al desgaste y que pueda soportar grandes pesos.

- Flexibilidad: al tener una alta flexibilidad, el grafeno podría moldearse de diversas maneras abriendo así un sin número de aplicaciones.

- Elasticidad: el grafeno presenta una alta elasticidad, se puede expandir un diez por ciento de forma reversible, lo que facilita la aplicación en diferentes superficies, aumentando su tiempo de vida ya que al ser elástico tendrán menos posibilidades de quebrarse.

- Soporta la radiación ionizante: el grafeno al ser un material que resiste este tipo de radiación, podría aplicarse en la creación de sistemas de radioterapia que se desgastan con facilidad, ahorrando así costos por su larga durabilidad.

- El grafeno puede activarse o desactivarse según la presencia de otros materiales haciendo que varíen sus propiedades: dependiendo del sustrato sobre el cual se deposite el grafeno, las propiedades como conducción de electricidad y/o

interacción química con otros compuestos varían considerablemente. Esta característica abre muchas puertas en investigaciones con este material, ya que al interactuar el grafeno con unas sustancias y con otras no, el campo de aplicación es mucho más amplio.

- Es ligero y transparente: una lámina de un metro cuadrado pesa tan solo 0.77 mg y posee una transparencia casi completa, al ser un material que presenta estas características, permitiría su utilización en la creación de aparatos tecnológicos de grafeno mucho más livianos y prácticos de los que en la actualidad existen.

- Alta densidad: el grafeno presenta una densidad de 0.77 mg/m^2 , es tan denso que ni una sola partícula de helio lo puede atravesar.

- Estabilidad termodinámica el grafeno al formar hexágonos similares a los de benceno y como este se caracteriza en la existencia de seis electrones p. La existencia de este rasgo estructural confiere al benceno esta propiedad.

- El grafeno es el material más bidimensional que se conoce en la actualidad y se debe a su grosor, que es de un solo átomo de carbón; al tratarse de una sola capa, aunque habláramos de muchas capas de grafeno, por ejemplo, cincuenta, seguiría siendo extremadamente delgado.

- Impermeable: el material es altamente impermeable, excepto por el agua. Debido a su gran densidad hay unos poros nanométricos que no dejan pasar ninguna sustancia a excepción del agua líquida. Por este motivo, se ha comprobado la posibilidad de destilar bebidas alcohólicas para aumentar el grado de alcohol filtrando su agua y se están consiguiendo resultados prometedores.

- Efecto antibacteriano: al realizar estudio con organismos vivos se pudo constatar que las bacterias no se desarrollan en este material, características que puede ser aplicada en la industria alimenticia como en biomedicina.

- Es ecológico, ya que es materia orgánica al estar formado por tan solo carbono, por lo tanto no contamina nada el medio ambiente, por eso las pilas y baterías que son altamente contaminantes quedaran en la sombra del grafeno.

- Auto reparación: El grafeno es capaz de auto repararse solo. Cuando la estructura se rompe, hay fuerzas de atracción que afectan a los átomos para cubrir la zona afectada.

1.4. MÉTODOS DE OBTENCIÓN

Como se mencionó anteriormente el grafeno en estado libre fue obtenido por primera vez en el año 2004, por los físicos Geim y Novoselov, mediante una técnica llamada exfoliación micro mecánica. El termino exfoliación se refiere a la “tendencia

que tiene un mineral a lo largo de una superficie plana en formar laminillas” (López, 2013).

Para la obtención de estas laminillas de grafeno por primera vez, los físicos tomaron la superficie limpia de un cristal de grafito y lo sometieron a un raspado muy fino de arriba hacia abajo con la aplicación de cinta adhesiva o con un objeto de superficie sólida. El grafito, al ser un material constituido por capas superpuestas de grafeno y al ser sometido a este proceso de raspado, se obtuvo un sin número de hojuelas o laminillas delgadas impregnadas en estos objetos, algunas de ellas son tridimensionales, es decir grafito, pero del mismo modo habrá otras bidimensionales que son grafeno. Para su identificación se utiliza la técnica de microscopía óptica que al contacto con una oblea de óxido de silicio producen una ligera variación de color con respecto a una oblea vacía, una vez obtenidas las hojuelas se supone son grafeno, se utiliza una técnica final de aseguramiento donde se seleccionan las hojuelas obtenidas en el paso anterior que presenten un grosor aparente de aproximadamente la distancia de intercapas en los correspondientes cristales y se analiza con la técnica de microscopía de fuerza atómica o microscopía de barrido electrónico. Sin embargo el gran problema de la exfoliación micro mecánica para la obtención del grafeno es que siendo una técnica sencilla y que da lugar a láminas de grafeno de muy alta calidad estructural, presenta un bajo rendimiento, lo que hace totalmente inadecuado la producción a gran escala para sus usos prácticos, lo que ha obligado a desarrollar métodos de preparación alternativas que permitan obtener un grafeno de alta calidad estructural mediante métodos económicamente viables (Rodríguez y Vasilevna, 2008).

Se han estudiado algunos procesos que pueden agruparse como técnicas de arriba hacia el fondo (top-down) y del fondo hacia arriba (bottom-up). La primera se refiere cuando se obtiene grafeno de un espesor nanométrico a partir de un material de espesor micrométrico como el grafito, y aunque es inherentemente más sencilla que la aproximación bottom-up, la principal desventaja de esta técnica es la imperfección en la superficie de la estructura. El segundo se refiere cuando se obtiene grafeno a partir de átomos de carbono generados mediante descomposición de moléculas orgánicas como por ejemplo en un horno de Deposición Química en fase de vapor térmica conocido como (CDV) por sus siglas en Inglés (Fernández, 2013).

Las técnicas más utilizadas para la obtención de grafeno son:

- Obtención epitaxial: La obtención del grafeno epitaxial consiste en calentar carburo de silicio (SiC) a más de 1100 °C para reducirlo a grafeno. El grafeno epitaxial se desarrolla en el sustrato semiconductor que en este caso es el silicio, formando una estructura cristalina similar a él.
- Síntesis química por reducción del óxido de grafito: Este método permite obtener grafeno a partir de la síntesis de óxido de grafito, consiste en mezclar grafito con nitrito de sodio, permanganato de potasio y ácido sulfúrico, se someten a un proceso llamado sonicación que mediante la vibración se logra la separación de las láminas de grafeno, en la fase líquida, se adiciona dimetilhidracina o hidracina para que se dé el proceso de reducción además de la formación de un surfactante que

contiene una suspensión coloidal homogénea del grafeno. Aunque esta técnica fue reconocida por Geim, tiene la desventaja de no producir un grafeno de alta calidad, ya que no hay una completa eliminación de algunos grupos funcionales como ocurre con el método de exfoliación mecánica.

- Deposición química en fase de vapor térmica o (CVD): Se usan uno o más gases precursores, normalmente son una mezcla de metano y helio. Estos ingresan a un cámara donde se mantiene un sustrato caliente que son láminas de cobre, se debe controlar la temperatura y la presión, se forma una película de grafeno polí cristalino sobre el sustrato de cobre que es un subproducto de los gases precursores, en una segunda etapa ocurre que sobre un sustrato de interés se da la transferencia del grafeno para lo cual se adhiere un polímero sobre grafeno/cobre, posteriormente se disuelve el cobre por inmersión en ácido, finalmente con presión de rodillos calientes como se muestra en la Figura 5. se logra despegar el grafeno del polímero y se adhiere al sustrato de interés.

- Deposición química en fase de vapor asistido por plasma o (PECVD): Esta es una técnica que hace una variación al CVD, que consiste en formar una columna de plasma dentro de la cámara, cerca al sustrato, que es generado por radiofrecuencia o microondas a baja presión. Esta variación permite crear un ambiente que es muy reactivo y la temperatura es baja, por lo que se puede usar una gran variabilidad de sustratos incluidos los no metálicos.

- Exfoliación en fase líquida: como ya se mencionó anteriormente el grafito es una serie de láminas acopladas entre sí, unidas por fuerzas débiles como son las

de Van der Waals, estas laminillas pueden ser separadas usando un solvente orgánico adecuado, según la bibliografía consultada estos son N-Metil-2-pirrolidona (NMP), N,N-Dimetilacetamida (DMA), γ -butirolactona (GBL), 1,3-dimetil-2-imidazolidinona (DMEU), benzoato de bencilo. Mediante la técnica de sonicación aquí es donde las ondas sonoras hacen agitar sus partículas y mediante la técnica de centrifugación finalmente conseguimos la separación del grafeno del grafito. Se puede decir que esta es una de las técnicas donde se ha visto mayor efectividad al lograr conseguir una alta concentración de grafeno y de muy alta calidad. En la **Figura 6**. Podemos observar el grafeno obtenido bajo este método químico.

Se han desarrollado trabajos investigativos con pequeñas variantes de los métodos antes mencionados a fin de conseguir una técnica que permita la obtención del grafeno de forma más rápida, reproducible, que produzca muestras sin defectos, de menor costo, escalable y que sobre todo no genere contaminación o al menos sea menor y así obtener grafeno a gran escala que es un limitante en la actualidad.

Por ejemplo en la Universidad Pontificia de Comillas, en Madrid, se desarrolló una tesis donde el principal objetivo fue la optimización de la técnica de top-down, específicamente el proceso de exfoliación química, donde se usó dos tipos de surfactantes diferentes a los clásicos utilizados para la obtención de grafeno que son el N-Metil-2-pirrolidona (NMP), y el N,N-Dimetilacetamida (DMA), los surfactantes escogidos en esta investigación fueron el dodecilbencen sulfonato de sodio (SDBS) y dodecil sulfato de sodio (SDS), a diferentes concentraciones y utilizando diferentes solventes como el etanol y la acetona (Sánchez, 2013).

Además se optimizó variables en la técnica de determinación utilizada que fue la espectrofotometría de ultravioleta- visible con el fin de obtener la mayor absorbancia posible con muestras que tengan concordancia en exactitud y precisión.

Los resultados obtenidos de esta investigación fueron que la utilización de los diferentes surfactantes como son el dodecibencen sulfonato de sodio y el dodecil sulfato de sodio frente al N-Metil-2-pirrolidona y el N,N-Dimetilacetamida, no dio mayor variabilidad en cuanto a la absorbancia de la muestra, sin embargo los dos primeros compuestos son mucho más económicos, lo que hace más viable la obtención del grafeno con el uso de éstos surfactantes aniónicos, otra de las conclusiones que se llevó a cabo en este proyecto es la reutilización del grafito que no se exfolia, pudiendo así ser usado nuevamente para la obtención de más laminillas de grafeno, sin embargo se observó que a la cuarta exfoliación ya no se obtienen más laminillas de grafeno, ya que es mucho más complicado la separación del mismo. Se concluyó también que el mejor proceso de separación del grafeno de grafito se logró con el sonicador, al tener valores con mayor repetitividad que al utilizar un baño de ultrasonido, se obtuvo laminillas de grafeno de un espesor de entre 1 a 10 monocapas y también se pudo constatar que el grafeno puede permanecer sin decantar alrededor de 14 días. Este tipo de investigaciones se están llevando a cabo por la gran importancia que tiene la producción a gran escala de este material (Sánchez, 2013).

Otro trabajo realizado por unos alumnos de la Facultad de Química de la Universidad de Autónoma de Querétaro para la obtención de grafeno a partir de la

preparación de óxido de grafito por el método de Hummers modificado, nos muestra como el proceso se da en tres pasos básicamente y son: oxidación, dispersión y reducción del grafito (Martínez *et.al*, 2012).

- Oxidación: se consigue óxido de grafito al tratar grafito en polvo en presencia de un oxidante fuerte como es el permanganato de potasio (KMnO_4).
- Dispersión: se logra mediante un sistema de ultrasonido con el N,N-Dimetilacetamida para su posterior sonicación, obteniendo así una suspensión transparente que se supone tiene grafito y grafeno disperso.
- Reducción: se consigue al someter a la suspensión obtenida del paso anterior a 800 W en un microondas obteniendo así laminillas de grafeno.

Durante el análisis, las muestras se sometieron a diferentes técnicas de identificación, con el fin de conocer cómo se da la separación del grafeno a partir del grafito. Una de estas técnicas es la espectroscopia de Raman, donde se pudo ver las diferentes vibraciones que producen las hojuelas de grafito durante el proceso, y como se van separando las laminillas de grafeno. Otra técnica utilizada es la microscopia de barrido, a fin de determinar la morfología desde el grafito percusor hasta la obtención del grafeno como tal. La difracción de rayos X fue utilizada para determinar el tamaño y la distribución de las hojuelas, es decir, entre cada capa debe haber una distancia, ésta debe ir aumentando conforme se da la oxidación debido a la exfoliación de las capas de grafito. Las conclusiones que se

llevó a cabo en la investigación, dejan en claro que los métodos utilizados permiten observar cómo se da el proceso de oxidación del grafito, lo que no ocurre con la reducción del mismo, ya que es un proceso que se observa muy poco al no obtenerse la hoja como tal, sugiriendo intentar la reducción con otros compuestos (Martínez *et.al*, 2012).

Un equipo de investigadores británicos, aseguran que la obtención del grafeno puede ser mucho más sencilla que los métodos establecidos en bibliografía, y que cualquiera puede obtenerlo fuera de un laboratorio, tan solo basta tener una licuadora. Es así que se publica una investigación en Nature Materials, donde concretamente los científicos usan grafito en polvo, el material del cual los lápices están hechos, y un líquido exfoliante que se mezcla a alta velocidad para fabricar el material, el resultado son minúsculas hojas de grafeno, cada una de un nanómetro de ancho y cien nanómetros de longitud, suspendidas en el líquido. Las hojas giratorias de la licuadora, permiten separar el grafito en grafeno sin dañar su estructura bidimensional, y la producción del material se podría lograr a gran escala, sin embargo son técnicas que todavía no se patentan ya que se encuentran en investigación (Paton, 2014).

1.5. IMPORTANCIA DEL GRAFENO

¿Hay algo que no pueda hacer el grafeno? Es la pregunta que muchos científicos se hacen al momento de trabajar con este maravilloso material. Como ya se ha mencionado, sus propiedades son realmente extraordinarias, y en parte,

porque se ha convertido en un tema “de moda” entre los físicos, el grafeno es noticia prácticamente todos los días. Miles de laboratorios están trabajando con éste material, para descubrir nuevas aplicaciones prácticas e incluso, hay quienes ya venden patentes de este producto, y no sería novedad que en estas investigaciones se le descubrieran nuevas aplicaciones, con el paso del tiempo al grafeno.

Desde los importantes avances realizados por los investigadores de la Universidad de Manchester Andre Geim y Konstantin Novoselov, ganadores del Premio Nobel de Física de 2010, el avance para su utilización ha sido relativamente lento, a pesar de contar ya con ayuda financiera de algunos gobiernos. Por ejemplo, el Reino Unido, se comprometió con 25 millones de euros en diciembre de 2012, al considerar el potencial de este material y de esta manera poder contribuir a su comercialización. Posteriormente se creó el Graphene Flagship, conformado por 17 países europeos que a su vez han integrado alrededor de 74 organizaciones, con la promesa de una inversión de 100 mil millones de euros en diez años, para facilitar la comprensión del material y sus usos (Graphene Flagship, 2013).

El entusiasmo por el grafeno, ha sido totalmente inesperado y nadie se imaginaba que una lámina de este material pudiera ser tan fina, tan buena conductora de la electricidad, tan resistente, etc. De ahí la importancia que tiene este material en el mundo actual, y ha centrado la atención de empresas como Toshiba, que estaría trabajando para cubrir cables que se encuentran dentro de nuestros ordenadores, la fabricación de pantallas táctiles flexibles, como se muestra en la **Figura 7**. Además sensores y dispositivos de transmisión rápida de

datos por optoelectrónica, celulares del grosor de una hoja de papel, en el recubrimiento de chalecos antibalas, cascos y multitud de elementos de protección que se emplean por diversos profesionales pasarán a ser mucho más ligeros y seguros, e incluso la aplicación de este material para las compañías de aviación Airbus y Boeing para reforzar las estructuras de sus aviones (Tinnesand, 2012).

Nos encontramos en una nueva era caracterizada por el descubrimiento de nuevos materiales que ofrecen posibilidades tecnológicas solo soñadas en la ciencia ficción, y materiales como el grafeno enseñan que esto puede ser una realidad, ya que con él se pueden hacer cosas completamente nuevas.

La nanotecnología empieza a ser posible por el descubrimiento de estos materiales, creando nuevas posibilidades tecnológicas, fruto del desarrollo de la química y física aplicada, permitiendo así la aparición de nuevos dispositivos con mayor eficiencia y un consumo energético cada vez menor, su uso generalizado en la industria permitiría suprimir otros materiales más caros y contaminantes, características de gran importancia para reducir los factores que producen el calentamiento global.

El grafeno ha llegado para quedarse, y sin duda alguna no se ira, al contrario, cada vez se ve mayor importancia de este material en el mundo actual, por ejemplo, en el campo de la biotecnología, se abren un sin número de aplicaciones permitiendo que los procesos tradicionales sean más eficientes, y aunque muchos de los proyectos todavía están en investigación, es un reto para los científicos,

biotecnólogos, ingenieros químicos y demás personas involucradas en este tema, comprender y caracterizar de mejor manera los procesos, para la obtención y producción del grafeno y lograr cumplir todos y cada uno de los proyectos que estos visionarios proponen.

1.6. TOXICIDAD DEL GRAFENO

Sin duda alguna el grafeno es un magnífico material al que se le han atribuido muchos beneficios, sin embargo, existen otras características negativas poco conocidas, y por ello, muchas personas piensan que el grafeno solo traerá beneficios, por otra parte hay estudios que revelan su potencial peligrosidad en la salud de los seres humanos como en el medio ambiente, por los posibles riesgos de una hipotética contaminación. Por lo que es importante conocer sobre el manejo adecuado para estar exentos de los efectos negativos que el grafeno pueda causar en nuestro cuerpo y entorno.

Una investigación realizada por el laboratorio de Patología y medicina de la Universidad de Brown, demostró que el grafeno es un material altamente nocivo para la salud. El grafeno al estar formado por una capa de carbono del grosor de un átomo, hace que su estructura sea extremadamente delgado y resistente, son justamente estas características que lo hacen potencialmente peligroso al contacto con células humanas al ser literalmente cortadas causándoles daño y alterando su funcionamiento normal, la facilidad de ingesta del grafeno a través de las vías respiratorias, en el proceso de fabricación, por medio de otros canales ambientales, o por implantación como componente de nuevas tecnologías biomédicas, hacen

que el manejo de este material sea de uso delicado, dijo Robert Hurt, profesor de ingeniería y uno de los autores del estudio. Investigaciones preliminares demostraron que el grafeno podía entrar en las células humanas, pero no sabían cómo, ya que la energía necesaria para que una hoja de grafeno traspase una célula era muy elevada, sin embargo demostraciones futuras indicaron que el grafeno no presentaba una estructura cuadrada que era lo que en un inicio se pensaba, sino más bien presentaba formas extrañas con protuberancias irregulares llamados asperezas capaz de perfora con facilidad las membranas. Este tipo de modelo fue probado experimentalmente con pulmón, piel y células colocadas en una placa Petri junto a microsheets de grafeno, mediante microscopía electrónica, se confirmó que el grafeno es capaz de entrar en las células, destruyéndolas o afectando en su normal funcionamiento (Creighton *et al.*, 2013).

Investigadores de la Universidad de California Riverside realizaron un estudio del comportamiento del óxido de grafeno en agua, artículo publicado en la revista *Environmental Engineering Science*. Observaron que la persistencia y movilidad del grafeno depende de la carga iónica y el contenido de materia orgánica del agua. Simularon un ambiente de aguas subterráneas, es decir, con poca presencia de materia orgánica; aquí el grafeno, es poco estable y tiende a desaparecer, sin embargo, en aguas superficiales que tienen mayor carga orgánica, las partículas de grafeno se tornan estables y se adhieren a la materia orgánica lo que facilita la ingesta del grafeno en animales y personas, cuya toxicidad ha sido demostrada en estudios anteriormente mencionados (Bolster *et al.*, 2014).

2. LA BIOTECNOLOGÍA

2.1. DEFINICIÓN

La biotecnología es la tecnología basada en la biología, especialmente cuando se utiliza en la agricultura, ciencia de los alimentos y la medicina.

"Biotecnología se define comúnmente como el uso de organismos vivos, o los productos de los mismos para el beneficio humano (o el beneficio de su entorno) con el fin de desarrollar un producto o resolver un problema" (Palladino y Thieman, 2010).

De acuerdo con la Convención de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, la biotecnología significa "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos, organismos vivos o sus derivados que viven para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos" (Convenio sobre la diversidad biológica, 1992).

La definición amplia de la biotecnología es el uso de organismos vivos o partes de ellas, para la producción de bienes y servicios. En esta definición encajan un conjunto de actividades que el hombre ha venido desarrollando desde hace miles de años, y tal vez nos sorprenda decir que es una ciencia que implica varias practicas ancestrales, como la utilización de microorganismos para producción de

alimentos mediante el proceso de fermentación para hacer pan, queso, yogur y bebidas alcohólicas como la cerveza y el vino.

Durante miles de años, el hombre ha utilizado la crianza selectiva, sin saber que es una aplicación más de la biotecnología, al tratar de emparejar organismos con ciertas características, con el fin de obtener plantaciones mucho más grandes, con características óptimas, produciendo mejores cosechas. De igual forma se trabajaba con los animales de corral, sin saber que son aplicaciones directas de esta rama de la biología y sin la necesidad de la utilización de grandes laboratorios, equipos sofisticados, o científicos con doctorados. El cruce de genes ha sido manipulado hace cientos de años (Palladino y Thieman, 2010).

Además, la biotecnología moderna posee nuevas aplicaciones gracias a los conocimientos en biología molecular y genética. Se considera que hace uso de la información de genes para su clonación, y mediante la ingeniería genética, la incorporación de técnicas de ADN recombinante, que tiene una gran importancia en la salud humana ya que permite identificar enfermedades genéticas (Duque, 2010).

La biotecnología combina disciplinas y sería casi imposible hablar de ella sin considerar las importantes contribuciones de diversos campos de la ciencia como la genética, la biología molecular, la bioquímica, la embriología y la biología celular, como también la ingeniería química, la informática, matemáticas, la robótica, la

bioética y el bioderecho, además de otras disciplinas como la filosofía y economía entre otros.

La biotecnología no se limita a aplicaciones en la medicina y la salud. (A diferencia de la ingeniería biomédica, que incluye biotecnología). Aunque no suele ser considerado como la biotecnología, la agricultura se enmarca claramente en la definición amplia de utilizar un sistema biotecnológico para hacer productos, por lo que el cultivo puede ser visto como el primer desarrollo de la biotecnología. Las teorías han considerado que la agricultura se ha convertido en la forma dominante de producción de alimentos desde la revolución neolítica (Biotecnología Agropecuaria, 2012).

Los procesos y los métodos de la agricultura han sido refinados por otras ciencias mecánicas y biológicas desde su creación. A través de la biotecnología temprana, los agricultores fueron capaces de seleccionar los mejores cultivos adecuados, con los rendimientos más altos, para producir alimentos suficientes para sostener a una población en crecimiento. Otros usos de la biotecnología se han requerido cuando los cultivos y campos son cada vez más grandes y difíciles de mantener. Órganos específicos y subproductos de organismos se utilizaron para el fertilizante, la restauración de nitrógeno y control de plagas. Durante el uso de la agricultura, los agricultores han alterado inadvertidamente la genética de sus cultivos mediante la introducción a nuevos entornos y cultivar artificialmente con otras plantas, una de las primeras formas de la biotecnología.

Las nuevas biotecnologías irrumpen en la sociedad contemporánea, sin dejar a nadie indiferente, con promesas deslumbrantes de bienestar y con múltiples impactos sobre los más diversos ámbitos: ambientales, sociales, económicos, políticos, culturales, éticos, etc. El revuelo es de tal magnitud, que han aparecido reacciones muy variadas y extremas, desde el entusiasmo de sus promotores, hasta los miedos de los que se perciben expuestos a unos riesgos que consideran inaceptables.

Debido a las poderosas aplicaciones y potenciales usos de la biotecnología, se ha despertado debates y diálogos entre científicos, público en general, religiosos, políticos, abogados y otros, despertando conciencias éticas opuestas. Sin embargo, a pesar de toda la problemática generada, es una ciencia con un enorme desarrollo a nivel mundial.

Aquí, sin embargo, queremos referirnos a las nuevas biotecnologías, las que se desarrollaron durante las últimas décadas del siglo XX, gracias a la posibilidad técnica de manipular la información genética de los organismos vivos. Sus promotores y defensores procuran argumentar que la nueva biotecnología no supone ninguna ruptura radical con la antigua, sino que es simplemente la resultante de la aplicación a aquella del enorme caudal de conocimiento científico y tecnológico generado durante el siglo XX (Esquirol *et al.*, 2000).

A grandes rasgos, este argumento podría ser aceptable, pero si hilamos más delgado, nos daremos cuenta de que entre ambas tecnologías hay una diferencia

cualitativa destacable: los biotecnólogos de las culturas tradicionales no podían aislar material genético de un organismo cualquiera e insertarlo en otro sin más, sino que sólo podían entrecruzar variedades o especies emparentadas entre sí.

En cambio, la nueva biotecnología permite ignorar las barreras biológicas que separan las diferentes especies y entregan información genética de unos organismos a otros que no tienen nada que ver. Aunque en la naturaleza también hay casos espontáneos de transferencia horizontal de genes, sobre todo en el mundo de las bacterias, la norma general es la transferencia vertical, de una generación a la siguiente.

A nuestro entender, el hecho de que los humanos puedan realizar de manera planificada esta transferencia horizontal es una novedad histórica, más que destacable. Si desde los tiempos prehistóricos la especie humana ha utilizado la tecnología para modelar el entorno en función de sus necesidades, las nuevas biotecnologías suponen una intensificación sustancial de las posibilidades de intervención humana en la naturaleza.

El gran salto de la nueva biotecnología se produce a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, como consecuencia de los descubrimientos propiciados por la biología del ADN y con el apoyo instrumental y metodológico de otras disciplinas científicas como la genética, la bioquímica, la biología molecular, la biología celular o la informática, entre otros. En 1953 James Watson y Francis Crick, basándose en datos y técnicas desarrolladas por Rosalind Franklin, formularon y publicaron la

hipótesis de la estructura en doble hélice del ADN, lo que permitió ampliar el conocimiento de las estructuras moleculares de la herencia en los seres vivos.

Durante los años 50 y 60 averigua el papel del RNA en la codificación de proteínas y se avanzó bastante en descifrar el código genético. Pero no fue hasta 1970 que se encontró la manera de segmentar las cadenas de ADN mediante el uso de enzimas, y así combinar fragmentos de ADN de diferentes especies e insertarlos en una misma célula, lo que dio lugar al nacimiento de la ingeniería genética (Voet, 2009).

Los primeros medicamentos producidos con biotecnología se empezaron a comercializar a partir de los años 80 (la insulina humana -humulina- en 1982) y los primeros cultivos modificados genéticamente en los años 90 (un maíz transgénico en 1992). Queramos o no la era biotecnológica ha llegado en nuestro mundo y está presente en nuestras vidas cotidianas (Palladino y Thieman, 2010).

La biotecnología abre enormes posibilidades de intervenciones en materia de salud, de alimentación, de procesos industriales, de aplicaciones medioambientales, etc. Por ejemplo, en las biotecnologías industriales, que pueden servir para producir energía o para sintetizar productos químicos, así como en la rama de la alimentación, donde se han trabajado con los tan polémicos alimentos transgénicos, así mismo se han realizado modificaciones a nivel de plantas y animales con diversos objetivos, como evitar que los cultivos se vean afectados debido a las plagas o por condiciones climatológicas adversas, o como la

introducción de elementos de interés para el organismo humano como son las vitaminas, proteínas, etc., de igual forma para el estudio de enfermedades se han desarrollado líneas de producción de animales transgénicos como modelos de investigación.

En el campo sanitario, la ingeniería genética puede ser aplicada a la farmacología, para la obtención de vacunas o medicamentos como ya se hace con la hormona del crecimiento o el interferón, y en la medicina se realizan ensayos de terapia génica con el fin de curar ciertas enfermedades. Muchas de sus aplicaciones son objeto de un claro interés por parte del mundo empresarial y de los mercados de capitales, por lo que desde hace un par de décadas se vierten cantidades importantes de recursos económicos a su promoción (Lydia, 2011).

Asimismo, los gobiernos dedican una atención especial a la investigación biotecnológica, porque son conscientes de que es un campo de alto valor estratégico en términos geopolíticos y económicos. Además, la biotecnología fascina el mundo científico, porque abre las puertas a nuevas respuestas a los interrogantes sobre los fundamentos de la vida misma. Tras las espectaculares contribuciones al conocimiento propiciadas por la física y por la química durante los siglos XIX y XX, la disciplina paradigmática del siglo XXI parece ser la biología, y muy especialmente las ramas vinculadas a la biotecnología.

Sin embargo, todas estas expectativas tan elevadas se ven contrapesadas por la desconfianza y los temores expresados por ciertos sectores de población, que

piden mayores controles o restricciones a las investigaciones y aplicaciones biotecnológicas. Además, a menudo los medios de comunicación presentan los descubrimientos e innovaciones biotecnológicas como una mezcla de promesas de un futuro mejor y un mundo lleno de sombras y riesgos, lo que parece generar en el público una mezcla de fascinación y de miedos (Lydia, 2011).

Un aspecto muy importante del negocio de la biotecnología son los procesos de regulación que lo constituyen, la mayoría de los productos de la biotecnología también debe examinarse cuidadosamente antes de aprobar su uso bajo dos procesos importantes que son: el control de calidad y la garantía de calidad, para asegurar que los productos de la biotecnología alcancen estrictos niveles de calidad en cuanto a pureza y fabricación, hasta los temas relacionados con patente, la resolución de asuntos legales y los procesos de regulación que se necesitan para realizar pruebas de los productos en pacientes.

2.2. TIPOS DE BIOTECNOLOGÍA

Ahora que se conoce sobre la enorme cantidad de campos de la ciencia que contribuyen a la biotecnología a continuación se enumera algunos de los tipos de biotecnologías, pero primero se enuncian los colores que se usan para esta clasificación que dependen del sector en el que se aplica y son: roja, blanca, verde y azul.

- **Biología roja:** También conocida como la biología de la salud, hace referencia en el área de salud tanto para humanos como para animales, basa su estudio en la elaboración de medicamentos o técnicas para combatir enfermedades; sin embargo, según la Asociación Europea de Bioindustrias, solo un veinte por ciento de lo que se produce se llega a comercializar y un cincuenta por ciento todavía se encuentra en ensayos clínicos.

- **Biología verde:** Este tipo de biología es la que se aplica en los procesos agrícolas, para mejorar la industria alimentaria al desarrollar ya sean biocidas, biofertilizantes o creando plantas transgénicas. Estas últimas son las que mayor controversia traen en la sociedad, ya que se realizan cambios genéticos entre especies, sin embargo esta técnica presenta algunas ventajas, por ejemplo, en España se cultiva maíz transgénico, éste necesita menor cantidad de pesticidas, lo que reduce radicalmente la contaminación a los acuíferos, que es lo que normalmente ocurre con los cultivos, así mismo se puede reducir el riesgo de contraer enfermedades al crear alimentos funcionales.

- **Biología blanca:** También conocida como biología industrial, trabaja en la producción de compuestos químicos, biocombustibles y biomateriales, con la aplicación de herramientas biotecnológicas con el fin de reducir el impacto ambiental causado por las industrias, así como el desarrollo de nuevos productos mediante el uso de células vivas o de sus sistemas enzimáticos.

- **Biología azul:** como su nombre lo indica, incluye las aplicaciones en ambientes acuáticos y marinos, este tipo de biología sirve de base en los

avances en los sectores blanco y rojo, con el uso de algas en la fabricación de biocombustibles y medicinas.

Una vez identificados los colores que se utilizan para clasificar los sectores donde se aplica la biotecnología, Se puede nombrar algunas áreas donde se aplica la biotecnología y dar a conocer las aplicaciones que hay en cada una de ellas.

2.2.1. BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA AGRICULTURA

Uno de los principales ámbitos donde se han aplicado las nuevas biotecnologías es el de la agroalimentación, sobre todo con el fin de generar plantas y animales más productivos y más resistentes. Las aplicaciones más relevantes hasta ahora han tenido lugar en el ámbito vegetal, ya que el mundo animal es comparativamente más complejo y difícil de gestionar técnicamente.

Los primeros desarrollos han consistido en introducir en las plantas genes provenientes de otros organismos, generalmente de bacterias o levaduras. La mayoría de los productos para uso agrícola de origen biotecnológico aún están en fase de desarrollo, por lo que los productos que se cultivan a escala comercial en todo el mundo por ahora se reducen básicamente a la soja, el maíz, el algodón y la colza. Las modificaciones genéticas más comunes que incorporan estos cultivos son la resistencia (tolerancia) a herbicidas (71%) y la resistencia a insectos (22%).

Por otra parte, hay una serie de productos agrarios genéticamente modificados para los cuales existe autorización (como el tomate, la patata, el tabaco, etc.), pero que se comercializan en menor escala, así como muchos otros que se encuentran en fase de experimentación (como arroz, berenjena, calabacín, cebada, trigo, fresa, espárrago, lechuga, manzanas, pimientos y un largo etcétera) (Hobbelink, 1992).

Las utilidades que presentan los cultivos genéticamente modificados (GM) son de varios previamente descritos por Lydia (2011).

- Aumentan los rendimientos de los cultivos: Los defensores de estas aplicaciones argumentan que la mejora del rendimiento favorecerá a los agricultores productores, porque de una misma extensión de tierra podrán sacar una mayor cosecha. Se dice también que la producción de mayor cantidad de alimentos tendrá un efecto en su abaratamiento, por lo que serán más accesibles a la población.

Además, se dice, el aumento de la productividad agraria permitirá alimentar mejor la creciente población del mundo, aunque que este último argumento ha sido contundentemente rebatido por los críticos, porque la problemática del hambre en el mundo está más vinculada a las dificultades de distribución y de acceso a los recursos alimentarios, que a la hipotética falta de producción de alimentos, como la propia agencia de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) ha reconocido en numerosas ocasiones.

- Añadir cualidades a los alimentos: Estos son unos rasgos que pueden beneficiar a los consumidores, ya que se pueden modificar los alimentos para incluir cualidades positivas para la salud (como bajo contenido en grasas, eliminar toxinas, medicamentos, etc.) o cualidades preferidas por cuestiones estéticas (sabores, colores, etc.). Además, las poblaciones de zonas con déficits proteicos o vitamínicos, por ejemplo, podrán consumir alimentos GM que incorporan lo que les falta (valores nutritivos, como el arroz con betacaroteno de Monsanto). Los productos así manipulados se denominan de "segunda generación", pero hasta ahora su desarrollo ha sido muy escaso, ya que las empresas agroindustriales han preferido centrarse en aumentar los rendimientos productivos (productos de la "primera generación").

- Reducir el uso de pesticidas: Hay cultivos que se han modificado genéticamente para poder ser resistentes a determinados herbicidas de amplio espectro, lo que, supuestamente, contribuirá a ahorrar gastos en tratamientos con pesticidas y, en consecuencia, a reducir la contaminación ambiental. Sin embargo, no hay muchos datos fiables sobre si este ahorro de pesticidas se da realmente en la práctica o no.

- Hacer cultivos que crezcan en condiciones ambientales difíciles, como en climas áridos, demasiado cálidos o demasiado fríos, etc. Esto supondría también una mejora para la dieta de las poblaciones que habitan en lugares con aquellas características.

- La modificación genética de plantas puede ser útil también para la medicina, por ejemplo, para desarrollar medicamentos u hormonas humanas.

- La aplicación de la biotecnología en el ámbito de la zootecnia, en cambio, presenta unas dificultades mayores que en el caso de los vegetales, ya que las células animales son muy diferentes de las vegetales y, hoy por hoy, hay mayores carencias científico-técnicas.

En este campo, la mayor parte de las aplicaciones existentes se basan en:

- Transferencia de genes en ovocitos, lo que da lugar a la producción de animales transgénicos (la mayoría destinados a experimentos de laboratorio con otros fines, como probar medicamentos, etc.).

- El uso de la hormona del crecimiento bovina, que se ha utilizado como una alternativa para superar las dificultades técnicas de la transgénesis ovocitaria, así como para obtener carnes más magras y una mayor producción (incrementos de rendimientos significativos). La hormona del crecimiento también se aplica a algunos peces (anguila, dorada, salmón, atún, trucha, etc.) y se obtienen notables incrementos de la talla de los individuos de estas especies.

- Producción de proteínas por la glándula mamaria en vacas, para aumentar la actividad lactogénica (hasta en un 30%) y conseguir una carne más pobre en grasas.

2.2.2. BIOTECNOLOGÍA MICROBIANA

La Biotecnología microbiana, a través de la manipulación de microorganismos como bacterias y levaduras, ha creado mejores enzimas y organismos para hacer muchas comidas, simplificando los procesos de producción y manufacturación y haciendo más eficientes los procesos de descontaminación facilitando la extracción de los productos de desecho industriales. Los microbios también son utilizados en la clonación y producción importante de proteínas para la fabricación de medicamentos de uso humano como la insulina y la hormona del crecimiento. Otro ejemplo de este tipo de biotecnología es la lixiviación de aceite y minerales del suelo para incrementar la eficiencia de la explotación minera, todo esto mediante el uso de bacterias (Ingraham e Ingraham, 1998).

2.2.3. BIOTECNOLOGÍA FORENSE

La biotecnología forense es una poderosa herramienta para determinar la inclusión o exclusión de una persona como sospechoso, basándose en rastros de ADN mediante las huellas genéticas y un conjunto de métodos para la detección del patrón genético, que es único para cada individuo. Otra aplicación es para

determinar si un producto alimenticio caro contienen misteriosos sustitutos cárnicos baratos de especies como gatos y anguilas. También se utiliza la biotecnología forense para la identificación genética de especies en peligro de extinción, reduciendo la caza furtiva al localizar por medio de las huellas genéticas a las personas involucradas en este tipo de delitos (Palladino y Thieman, 2010).

2.2.4. BIOTECNOLOGÍA ACUÁTICA

El agua, al ser el medio que cubre la mayor parte de nuestro planeta, presenta enormes posibilidades en la biotecnología. Una de las aplicaciones más antiguas de la biotecnología acuática es la acuicultura, donde bajo condiciones adecuadas se crían pescados y mariscos para el consumo humano. En los últimos años han surgido nuevos y fascinantes desarrollos en la biotecnología acuática que incluyen el uso de la ingeniería genética para producir, por ejemplo, ostras que sean resistentes a enfermedades, o elaboración de vacunas contra virus que afecten al salmón u otros peces. También se han creado salmones transgénicos para lograr que en un corto periodo de tiempo la especie crezca a un ritmo acelerado, disminuyendo así el gasto para criar la especie hasta la salida del salmón a la venta al público. Se ha descubierto también que los caracoles y algunas especies de plancton son fuentes ricas en moléculas anticancerígenas y antitumorales. La investigación sigue progresando para comprender la riqueza de las potenciales aplicaciones de la biotecnología que pueden albergar los medios acuáticos. (Biotecnología aplicada a la acuicultura, 2007).

2.2.5. BIOTECNOLOGÍA Y BIORREMEDIACIÓN

En esta área, el uso de la biotecnología se usa para procesar y degradar varias sustancias naturales y artificiales, en concreto aquellas que contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

Muchos procesos de la biorremediación dependen de aplicaciones de la biotecnología microbiana se ha conseguido limpiar muchos peligros ambientales derivados del progreso industrial.

La patente estadounidense de Chakrabarty y colaboradores desarrollaron un tipo de bacteria capaz de degradar componentes del petróleo crudo, logrando limpiar kilómetros afectados, mucho más rápido de lo que se hubiera tardado solamente aplicando agentes químicos de limpieza.

Otra de las aplicaciones de la biorremediación es en la limpieza de aguas residuales, domésticas e industriales. Se realizan análisis para determinar la cantidad de metales pesados antes de la intervención de bacterias, demostrando así el papel que cumplen al recuperar el medio (Palladino y Thieman, 2010).

2.2.6. BIOTECNOLOGÍA Y SALUD

El otro gran ámbito de desarrollo de las nuevas biotecnologías es el de la salud humana, con aplicaciones en el campo de los medicamentos, vacunas, diagnósticos, terapias, etc. Es un ámbito en plena expansión que, aparentemente, no ha generado una respuesta social tan contundente como en el caso de la agroalimentación, quizá porque los beneficios para las personas resultan más claros y directos. No obstante, los desarrollos en este ámbito han generado numerosos debates éticos sobre la mercantilización del cuerpo humano y las posibles derivaciones eugenésicas y discriminatorias de sus aplicaciones (Borj y Colin, 2006).

Las aplicaciones de las nuevas biotecnologías en materia de salud humana se centran sobre todo en:

- Farmacología: en el mercado ya hay al menos una veintena de medicamentos generados por ingeniería genética, como la eritropoyetina, insulina humana, hormona del crecimiento, interferón alfa, etc. y vacunas por ejemplo, contra la hepatitis B, o contra ciertos parásitos, etc.

- Diagnósticos genéticos: pre o postnatales, orientados a la detección de genes defectuosos, a veces responsables de enfermedades hereditarias, también llamada medicina predictiva, que permite no sólo tratar las enfermedades sino determinar la predisposición de los individuos a sufrir en un futuro.

Estas aplicaciones se potencian con los proyectos de secuenciación del genoma humano, encaminados a establecer la secuencia química integral de todo el material genético presente en los cromosomas humanos. Los diagnósticos prenatales a veces dan lugar al "consejo genético", que no ofrece soluciones terapéuticas pero que proporciona información a los individuos sobre posibles enfermedades futuras (por ejemplo, información a los padres para decidir o no la interrupción del embarazo). Estos consejos genéticos han generado problemas éticos relacionados con la eugenesia.

- Terapia génica: es el intento de abordar la curación de las alteraciones genéticas. Su objetivo es introducir un gen plenamente funcional para reemplazar el gen diagnosticado como defectuoso (una especie de trasplante de genes). Aunque hasta el momento no deja de ser una esperanza para un futuro indeterminado. Puede ser por línea somática (si se hace en células no reproductoras) o por línea germinal (si se hace en células reproductoras).

- Investigación con células madre: las células totipotentes de la masa celular interna del embrión en fase de blastocisto (quinto día después de la fecundación del óvulo por el espermatozoide) pueden posibilitar la regeneración de tejidos o incluso órganos simples, lo que permitiría realizar intervenciones para curar numerosas enfermedades. Estas células indiferenciadas y totipotentes pueden, en las condiciones adecuadas, convertirse en cualquier tipo de tejido, por lo que es previsible en un futuro obtener, por ejemplo, neuronas para tratar enfermedades

neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer o de Parkinson, o islotes pancreáticos para tratar la diabetes, o reparar las regiones del corazón necrosadas por un infarto de miocardio (Thieman, 2010).

2.2.7. BIOTECNOLOGÍA Y NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología es un campo completamente nuevo que está surgiendo rápidamente como una gran área de investigación, es un área de la ciencia que trata del diseño, la construcción y manipulación de estructuras a escala nanométrica, las aplicaciones se basan en incorporar estos diminutos dispositivos en el organismo y que lleven a acabo multitud de funciones. En el área de la medicina se incluyen los nanodispositivos, sensores para controlar la presión sanguínea, los niveles de oxígeno en la sangre y las concentraciones hormonales, así como nanopartículas que pueden desatascar arterias bloqueadas y detectar y eliminar células cancerígenas.(Rodríguez, 2013)

Existen aplicaciones de esta área de la biotecnología en lo que es construcción con el desarrollo de nanomateriales fuertes y ligeros, en la industria textil, con los nombrados tejidos inteligentes, a los que se les ha incorporado nanochips para cambiar el color de las telas, también encontramos aplicaciones en tecnología de comunicación e informática al igual que en electrónica consiguiendo un aumento de la velocidad en computadoras y circuitos basados en grafeno y nanotubos de carbono.

Aplicaciones de la nanotecnología en medio ambiente con la fabricación de nanosensores que detecten sustancias tóxicas, como en la elaboración de procesos capaces de descontaminar suelos, tratamiento de aguas residuales y residuos., así también la aplicación de la nanotecnología en el área de alimentos con la elaboración de nanosensores y nanochips capaces de asegurar la calidad y vida útil de un alimento, también con la detección de microorganismos, metales, toxinas, aditivos y otros contaminantes (Owens, 2007).

Una aplicación prometedora en esta área, ha sido el desarrollo de pequeñas partículas que pueden utilizarse en el sector energético, en especial en lo que se refiere a energías limpias y renovables, como es la energía solar aumentando la eficiencia de los paneles solares al implementar nanomateriales que son capaces de capturar y almacenar energía solar.

2.2.8. BIOTECNOLOGÍA Y ÉTICA

La ética es un código de valores que rigen nuestros actos con respecto a otras personas. En general, ésta debe considerarse como la guía que separa lo bueno de lo malo, lo correcto de lo incorrecto. La rama de la ética que se ocupa de las implicaciones de la investigación biológica y de las aplicaciones biotecnológicas, en especial en relación con la medicina, se denomina bioética (Palladino y Thieman, 2010).

La biotecnología es una ciencia polémica, que presenta muchos dilemas éticos, en la que los descubrimientos y sus aplicaciones pueden tener un gran impacto en la salud humana y en el entorno, es importante que el mundo se plantee las siguientes preguntas: ¿Esto se puede hacer?, ¿Esto se debe hacer? Si algo se debe hacer, la pregunta sería ¿Cómo se puede hacer de forma correcta? Estas preguntas no solo llegan al corazón de la sociedad, sino también al fondo de la ciencia y su función en la sociedad.

Al contrario de las diversas aplicaciones de laboratorio e industriales de la biotecnología, la bioética no necesita de un equipamiento especializado, más solo requiere de una mente abierta y lógica capaz de valorar una situación de forma cuidadosa desde numerosos puntos de vista del tipo médico, religioso, legal, científico y social.

En el mundo moderno es importante conocer también los organismos reguladores y la normativa vigente, con la única finalidad de realizar desarrollos tecnológicos que se rijan bajo estos conceptos.

En el Ecuador el órgano regulador de la bioética está establecido a través de la Constitución de la República del Ecuador por medio de la Asamblea Nacional, quien a su vez establece la Ley orgánica de la Salud con el fin de regular y vigilar el cumplimiento de normas establecidas en esta ley, además en el país se ha creado la Sociedad Ecuatoriana de Bioética (SEB) nace en Quito, en el año 2003, motivada en parte por el interés de diversos actores de la sociedad civil por generar un

espacio de diálogo amplio para tratar los conflictos que confronta la humanidad con la globalización, el desarrollo de la investigación médico-biológica, la biotecnología y la informática; también por el atropello a los derechos humanos y la depredación del bioambiente, los conflictos que ponen en peligro la supervivencia de la especie, los derechos y deberes de los individuos, el desarrollo sustentable, la justicia social, la equidad y todas las formas de vida (Sociedad Ecuatoriana de Bioética, 2008).

3. APLICACIONES DEL GRAFENO EN BIOTECNOLOGIA

Debido a sus propiedades, pensar en la multitud de aplicaciones que se podrían lograr con este material es realmente ambicioso e ilimitado, y ya en la actualidad existen un sin número de empresas que están investigando sus posibilidades y tratando que todas estas aplicaciones sean una realidad, si el material maravilloso, llamado grafeno, llega a alcanzar su esplendor. A continuación se enumeran algunas de estas aplicaciones.

3.1. SECUENCIACIÓN DEL ADN POR MEDIO DE NANOPOROS DE GRAFENO

Una de las tantas aplicaciones de las que se ha investigado y ha llamado la atención es el uso de este material para la secuenciación de ADN por nanoporos de grafeno, estudios revelan que desde el año de 1995, se ha tratado esta secuencia del ADN con el uso de nanoporos en diferentes materiales. Las propiedades que presenta el grafeno, les hizo suponer que sería un buen material para el propósito planteado, que es la manipulación del genoma humano con fines netamente científicos, que ayudaría a conocer de mejor manera la estructura y fisiología celular; en lo social ayudaría a la identificación inequívoca de personas, con fines policiales o legales; en el campo de la salud ayudaría en la prevención de enfermedades genéticas; y con respecto a la eugenesia, se podría modificar la información genética para intentar obtener individuos con características determinadas.

No es sino hasta el año 2013, cuando un grupo de investigadores de la universidad de Harvard USA, lanzan el proyecto “Molecule-hugging graphene nanopores”, donde utilizan el grafeno en la secuenciación del ADN y aunque es una técnica que todavía está en investigación, los resultados obtenidos demostraron que el uso de nanoporos con grafeno optimiza el resultado y reduce tiempo que al utilizar nanoporos en nitruro de silicio y otros materiales (Branton *et al.*, 2013).

3.2. ESPUMAS DE GRAFENO PARA REGENERAR TEJIDOS

Investigadores asturianos adscritos al centro tecnológico ITMA, con sede en Avilés, España, están probando la idoneidad de espumas de grafeno para aplicaciones biomédicas. El grafeno, al tener un alto contenido de carbono, resulta ser muy buen regenerador de células vivas, según Nuria Campos, investigadora del ITMA. Para la regeneración se necesita de una estructura tridimensional, que es lo que se consigue con la formación de espumas mediante la técnica de CDV, utilizan como catalizador una espuma metálica microestructurada con poros en torno a las cien micras, este servirá como molde donde crecerá el grafeno, por medio de un atacador metálico se disuelve el metal y así se logra conseguir esta estructura tridimensional sin que se rompa, siendo este el principal reto para este grupo de investigadores (ITMA materials technology, 2015).

3.3. EQUIPOS BIÓNICOS

El término biónico se refiere a la mezcla de biología y electrónico, al ser el grafeno un material flexible y ser resistente a soluciones salinas, puede ser integrado en los aparatos que ayudan o mejoran un órgano o tejido, por ejemplo, corazones artificiales o en los aparatos para las personas con problemas de audición, prolongando la vida útil del aparato, quizás para toda la vida, lo que no sucede con los actuales que se pueden corroer al tener partes metálicas. De igual manera se puede utilizar el grafeno como un transistor de neuronas, al conducir señales eléctricas a alguna parte muerta de nuestro cuerpo, como una medula espinal, o un brazo y/o pierna, recuperando así la movilidad de las mismas (Tinneland, 2012).

3.4. AUDIFONOS DE GRAFENO QUE SUPERARÍAN EN CALIDAD DE AUDIO A LOS DEMÁS AUDÍFONOS.

Los físicos Qin Zhou y Alex Zettl de la Universidad de California, Berkeley, crearon unos audífonos de sólo 30 nanómetros de grosor y 5 mm de diámetro, cuyo diafragma está hecho de capas de grafeno, ubicado entre dos electrodos que crean un campo eléctrico. Cuando el campo oscila, provoca que el grafeno vibre y esto genera el sonido. "El audífono de grafeno, casi sin diseño acústico especializado, se desempeña de forma comparable a audífonos de alta calidad que existen en el comercio" (Electrostatic Graphene Loudspeaker, 2013).

3.5. LENTES DE CONTACTO CON VISIÓN NOCTURNA

En la Universidad de Michigan, Estados Unidos, un grupo de investigadores lograron crear un detector de infrarrojo a base de grafeno. Al ser delgado este podría ser adaptado a un lente de contacto o a un celular para obtener una visión nocturna.

El grafeno, al tener un átomo de carbono, puede captar la luz visible y ultravioleta, pero hasta ahora, era imposible detectar un espectro de infrarrojo, al no poder capturar suficiente luz para generar una señal eléctrica detectable. El grafeno no se puede usar como sensor, si la luz no logra generar una señal eléctrica. Esta problemática fue resuelta por los investigadores, al diseñar una nueva forma de generar la señal eléctrica que no se puede capturar, y lo que hicieron fue colocar entre dos capas de grafeno una barrera aisladora, así, cuando la luz toca la capa superior, se liberan electrones, creando agujeros cargados positivamente. Luego, los electrones viajan y traspasan la barrera hacia la capa inferior de grafeno, que tiene una corriente pasando a través de ella, los agujeros de la capa superior producen un campo eléctrico que interfiere con el flujo de electricidad que corre en la capa inferior, debido al cambio de corriente que se da entre las capas los investigadores pudieron deducir que tipo de luz llega al sensor (Avarius *et al.*, 2010).

Esta aplicación todavía se encuentra en estudios, pero si se logra desarrollar, este proyecto tendría gran aplicabilidad en el uso militar y ámbito científico.

3.6. BIOSENSOR DE GRAFENO PARA DETECTAR *Staphylococcus aureus*

Aprovechando las propiedades conductoras y capacitivas del óxido de grafeno un grupo de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad Rovira i Virgili, participaron en el diseño y desarrollo de un biosensor para la detección rápida y selectiva de bacterias vivas, como *Staphylococcus aureus*. Utilizaron el óxido de grafeno como capa transductora, para convertir el evento de detección en una señal eléctrica, y una molécula de ácido nucleico de cadena sencilla que actúa como capa de detección. Con la funcionalización del sistema transductor con aptámeros tipo ADN, que actúan como capa para detectar los microorganismos, los investigadores han dado el último paso en la construcción del biosensor completo antes del estudio de su funcionalidad operativa. Según sus creadores, con un límite de detección de una unidad de formación de colonias, supera los métodos actuales en simplicidad y rendimiento, por lo tanto representa un progreso decisivo hacia sistemas de detección de microorganismos rápida y de tolerancia cero, destaca Jordi Riu, investigador de la Universidad Rovira i Virgili (Benito *et al.*, 2014).

3.7. GENERADOR DE HIDRÓGENO BASADO EN GRAFENO Y NANO-BIO CATALIZADOR, UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR.

Existe un gran interés por desarrollar nuevas tecnologías que utilicen energías renovables, con el fin de reducir el calentamiento global, es así que un grupo de investigadores están trabajando en el desarrollo de un generador de Hidrogeno,

incorporando una superficie de óxido de grafeno reducido, éste utiliza energía solar y un foto catalizador en base a nanopartículas de óxido de titanio o platino, son las que se colocan sobre la superficie del óxido de grafeno reducido y un fotoreceptor biológico llamado Bacteriorodopsia, que es una proteína capaz de absorber la energía solar. Los resultados obtenidos del estudio permitieron comprobar que la adición de la superficie del óxido de grafeno reducido y la proteína Bacteriorodopsina, lograron aumentar la producción de Hidrogeno por unidad de tiempo (Generador de Hidrógeno basado en grafeno, 2014).

3.8. SENSORES DE GRAFENO QUE SE TATUAN EN LOS DIENTES PARA DECTECTAR EMFERMEDADES

En la Universidad de Princenton, Mike McAlpine, ingeniero investigador, ha desarrollado un sensor de grafeno capaz de predecir si el cuerpo está siendo afectado por alguna bacteria. Este sensor se lo coloca a manera de un tatuaje en el diente, determinando qué tipo de patología enferma a la persona gracias a las bacterias presentes en el aliento, la principal ventaja que presenta este desarrollo, es el lograr saber antes de agravarse la enfermedad con una infección produciendo una señal capaz de informar que bacteria está atacando el cuerpo y así, combatirla a tiempo.

En la superficie del grafeno se implanta una secuencia corta de aminoácidos cuidadosamente construidos, estos sensores pueden detectar bacterias de forma individual, incluso se podrá detectar bacterias a nivel de células individuales.

Los trabajos realizados fueron con un diente de vaca, el sensor de grafeno se colocó sobre una película de seda, ésta se implanta en el diente, como se muestra en la **Figura 8**. Con acción de la saliva, la película de seda se disuelve, logrando que el grafeno se quede pegado al diente en forma de un tatuaje, permitiendo la comunicación inalámbrica con un detector.

Los siguientes avances para este grupo de investigadores están en reducir el tamaño para ajustarlo realmente a un diente humano, así como patentar y empezar a comercializarlo. (McAlpine, 2012)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Como se ha podido constatar en este trabajo bibliográfico, existen diferentes técnicas para la obtención de grafeno, todas buscan obtener el material a gran escala y a un bajo costo.
- Se espera que el grafeno sea uno de los materiales más utilizados en lo que a avances tecnológicos se refiere, debido a la cantidad de propiedades que presenta.
- Con toda la información recopilada, se puede afirmar que las expectativas que se tienen con este material son ciertas, pues al momento no existe ningún material que presente tantas ventajas juntas y a la vez una sola desventaja que sería la obtención de laminillas de grafeno de alta calidad.
- El desarrollo de las diferentes investigaciones que se han realizado con el grafeno a nivel mundial son de gran importancia para que en un futuro no muy lejano podamos gozar de todas las aplicaciones antes mencionadas.
- El impacto que tendrá el grafeno a un futuro en la sociedad, será de considerable magnitud, al estar presente en una serie de nuevas áreas, convirtiéndose en la base donde se desarrollen nuevos avances tecnológicos.

- El grafeno tiene la capacidad de cambiar una industria sucia e ineficiente
- La Biotecnología es una ciencia que abarca muchas áreas y en cada una de ellas hay un desarrollo tecnológico avanzado a favor de la humanidad y el medio ambiente.
- La nanotecnología es una rama de la biotecnología que hace uso de nanomateriales tan importantes como los nanotubos de grafeno que en la actualidad sirven para nuevas aplicaciones en diferentes áreas.
- Las necesidades del hombre serán cada vez más exigentes y con ello la presión de descubrir nuevos materiales que cubran dichas necesidades, por tal motivo es de vital importancia la inversión de los gobiernos para la continuidad en el estudio y desarrollo de los nanomateriales
- La ética es muy importante tenerla en consideración en este tipo de investigaciones porque resulta muy fácil hacer lo que se quiere, no lo que se debe y en esta nueva era tecnológica hay que tener mucho cuidado hasta qué punto se debe llegar en estos avances.
- Muchas investigaciones testifican sobre las ventajas del uso del grafeno, sin embargo, existe muy poca información sobre las desventajas y toxicidad del uso de este material.

- Es importante darse cuenta de que este increíble material puede pasar de ser una gran idea, a la peor ideada en todos los tiempos.
- Es de vital importancia dar a conocer sobre los efectos secundarios que el uso del grafeno puede causar, para priorizar entre los avances tecnológicos o la salud como tal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arguello, L., Cid, H., Flores, C., Perez, M., y Romano, A. **Síntesis y caracterización del grafeno**. Disertación (Licenciatura en tecnología centro de física aplicada).Quéretaro, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, 8p.
- Avarius, P., Mueller, T. y Xia, F. Graphene photodetectors for high -speed optical communications. **Nature Photonic**, 4: 297-301,2010.
- Benito, A., Hernández, R., Maser, W., Riu, J., Rius, X. y Vallés, C. Graphene based potenciometric biosensor for the immediate detection of living bacteria. **Biosensor and Bioelectronics**, 54: 553-557, 2014.
- Bioteología agropecuaria** [base de datos en línea]. España: Agropecuarios, 2012. Disponible en: <http://agropecuarios.net/bioteologia-relacion-aereas-de-impacto-y-clasificacion-de-sus-tecnicas.html> [fecha de consulta : 25 de enero del 2015].
- Bioteología aplicada a la acuicultura** [base de datos en línea]. Argentina: Consejo Argentino para la formación y el Desarrollo de la Biotecnología, 2007. Disponible en:<http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Bioteologia%20y%20acuicultura.pdf> [fecha de consulta: 02 de febrero del 2015].
- Bjorn, K. y Colin, R. **Bioteología Básica**, 2da. ed. Zaragoza: Acribia S.A, 2006. 599p.
- Blanco, C. y Menéndez, R. **El Grafeno**. Qué sabemos de? [en línea]: 1 (57), pp 15-17, 2014 [fecha de consulta: 29 de enero 2015]. Disponible en : <http://www.catarata.org/libro/mostrar/id/981>. ISSN 978-848319-959-6.
- Bolster,C.,Lanphere, J., Luth, C., Rogers, B. y Walker, S. **Stability and transport of Graphene Oxide Nanoarticles in Groundwater and Surface**. Environmental Engineering Science. [en línea]: 31 (7), pp. 350-359, 2010.[fecha de consulta:16 de marzo del 2015] Disponible en: <http://online.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/ees.2013.0392>. DOI:10.1089/ees.2013.0392.
- Bosch,D. **Estudio, aplicaciones y obtención de grafeno**. Monografía (Bachillerato). Barcelona, España, Escola Vedruna Girona, 2014,46p.
- Branton, D., Galovchenko, J., Garaj, S. y Liu, S. **Molecule-hugging graphene nanopores**.PNAS [en línea]:110 (30), pp 1-7, 2013. [fecha de consulta: 11de febrero del 2015]. Disponible en: <http://www.pnas.org/search?fulltext=nanopores+graphene&submit=yes&x=0&y=0>. ISSN 12192-12196.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas**.Instituto de Química Orgánica General [en línea]. Disponible en: <http://www.iqog.csic.es/iqog/sites/default/files/public/User/Transferencia%20de%20Tecnolog%C3%ADa/Folleto%20LM_012_201331382_Herrad%C3%B3n_2013-10-07.pdf > [fecha de consulta: 16 de febrero del 2015].

Convenio Sobre la Diversidad Biológica. Naciones Unidas [en línea]. Disponible en: < <http://www.cbd.int/intro/default.shtml>> [fecha de consulta:19 de enero del 2015].

Creighton, M., Bussche, A., Gao, H., Hurt, R., Kane, A., Li, Y. y Yuan, H. **Graphene microsheets enter cells through spontaneous membrane penetration at edge asperities and corner sites.** PNAS [en línea]: 110 (30), 2013. [fecha de consulta: 18 de marzo del 2015]. Disponible en: <http://www.pnas.org/content/110/30/12295.full.pdf?with-ds=yes>. ISSN 1091-6490.

Descubrimiento y repercusión del Grafeno. Wikispaces [en línea]. Disponible en: <<http://quimica-iti-12-13.wikispaces.com/Descubrimiento+y+repercusi%C3%B3n+del+Grafeno>> [fecha de consulta: 19 de enero del 2015].

Duque, J. **Biología Panorámica de un sector** [en línea]. 1ra. ed. La Coruña, Netbiblo S. L. 2010. Disponible en: <<https://books.google.com.ec/books?id=77eWLHLyMNcC&printsec=frontcover&dq=biotecnologia&hl=es&sa=X&ei=9CTpVMnBBMOhgwTquoTwDg&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=biotecnologia&f=false>> [fecha de consulta:19 de enero del 2015].

Electrostatic Graphene Loudspeaker [base de datos en línea]. California: Arxiv, 2013. Disponible en : <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1303/1303.2391.pdf>. [fecha de consulta : 16 de febrero del 2015].

El mundo ciencia. [base de datos en línea]. Madrid: Unidad Editorial Internet, S.L., 2010. Disponible en : <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/10/05/ciencia/1286280280.html> [fecha de consulta: 28 de enero del 2015].

Enserink, M. y Vogel, G. Still in It's Infancy, Two-Dimensional Crystal Claim Prize. **Science.** 166 (330): 159, 2010.

Esquirol, J., Gascon, J., Ho, M., Lemkow, L., Muñoz, E., Puigdomenech, P., Sasson, A y Shiva, V. **La Biotecnología.** 1 ra. ed. Barcelona: Icaria editorial, 2000. 44p.

Fernández, M. **Grafenos preparados por métodos químicos: características y propiedades.** Tesis (Doctorado de Ciencia y Tecnología de Materiales). Oviedo, España, Universidad de Oviedo, 2013, 250 p.

Generador de hidrógeno basado en grafeno. [base de datos en línea]. Chile: Nanotecnología, 2014. Disponible en : <http://www.nanotecnologia.cl/generador-de-hidrogeno-basado-en-grafeno-y-nano-bio-catalizador-utilizando-energia-solar/> [fecha de consulta : 16 de febrero del 2015].

Graphene Flagship [base de datos en línea]. Europa: Graphene C.A, 2013. Disponible en: <http://graphene-flagship.eu/> [fecha de consulta:15 de febrero del 2015].

Hobbelink, H. **La Biotecnología y el futuro de la agricultura mundial**. [en línea]. 1ra. ed. Montevideo, NORDAN, 1992. Disponible en: <<https://books.google.com.ec/books?id=N7s5SKoup1wC&pg=PA56&lpg=PA56&dq=gobiernos+investigaci%C3%B3n+biotecnol%C3%B3gica&source=bl&ots=lnRjmoHgon&sig=HrPgAES-x71sTahJv7EMIKGrO44&hl=es&sa=X&ei=hezrVL3UJ4aggwSLsoTIBw&ved=0CDAQ6AEwAw#v=onepage&q=gobiernos%20in>> [fecha de consulta: 10 de febrero del 2015].

Ingraham, C. y Ingraham, J. **Introducción a la Microbiología** [en línea]. 1ra. ed. Barcelona, Reverté, S.A., 1998. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA733&dq=biotecnologia+microbiana&hl=es&sa=X&ei=Qu_rVLaOCwCnse0gsAL&ved=0CCIQ6AEwAQ#v=onepage&q=biotecnologia%20microbiana&f=false> [fecha de consulta: 10 de febrero del 2015].

ITMA materials technology . Fundacion ITMA. [en línea]. Disponible en: <<http://www.itma.es/index.php/resultados-de-busqueda?searchword=grafeno&ordering=newest&searchphrase=all>> [fecha de consulta: 13 de febrero del 2015].

Introducción a los nanomateriales [base de datos en línea] México. Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/Introduccion%20a%20los%20nanomateriales.pdf [fecha de consulta: 05 de febrero del 2015].

La revolución del grafeno ya esta aqui. [base de datos en línea]. Madrid: ABC es, 2012. Disponible en: <http://www.abc.es/20121014/ciencia/abci-grafeno-material-magico-201210132217.html> / [fecha de consulta : 16 de febrero del 2015].

López, E. **Manejo de maquinaria de corte de bloques de piedra** [en línea]. 1ra. ed. Antequera, IC, Editorial, 2013. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=wi_7AgAAQBAJ&pg=PT1&dq=manejo+de+maquinaria&hl=es&sa=X&ei=ssruVJTvJ9P3ggSKiYG4BQ&ved=0CCQQ6AEwAA#v=onepage&q=manejo%20de%20maquinaria&f=false> [fecha de consulta: 15 de enero del 2015].

López, J. y Torres, H. **Aspectos quirales del grafeno**. Ingeniare [en línea], 19 (1), pp 67-75, 2011. [fecha de consulta: 20 de enero del 2015]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/885176364?accountid=13357>. ISSN 0718-3291.

Lydia, F. Aspectos eticos de las tecnologias geneticas biomedicas. **Libre Pensamiento**, 69: 12-18, 2011.

Martínez, R., Pena, I. y Rodríguez, V. **Síntesis y Caracterización del Óxido de Grafeno**. Disertación (Licenciatura en Química). Querétaro, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, 4p.

- McAlpine, M. **Sensores de grafeno en dientes para saber si estamos enfermos.** Nature Communications [en línea], 763, pp 84-97, 2012. Disponible en : <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n3/full/ncomms1767.html>. ISSN 2041-1723.
- Menéndez, J. **El Carbon en la vida cotidiana. De la pintura Rupestre al ascensor espacial.** [en línea]. 2012. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=kPrJQptYdzcC&hl=es&source=gbs_navlinks_ [fecha de consulta: 05 de febrero del 2015].
- Nanotecnología y sus aplicaciones** [base de datos en línea]. Ohmios, 2015. Disponible en: <http://ohmios.es/> [fecha de consulta: 19 de febrero del 2015].
- Owens, F. y Poole, Ch. **Introducción a la Nanotecnología.** 1ra. ed. Barcelona: Reverté, 2007. 399p.
- Palladino, M. y Thieman, W. **Introducción a la Biotecnología,** 2da. ed. España: Pearson. 2010. 343P.
- Paton, K. Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids. **Nature Materials**, 13: 624-630, 2014.
- Rodríguez, A. Nanotecnología aplicada. **Virtual Pro**, (137): 45-48, 2013.
- Rodríguez, C. y Vasilevna, O. Propiedades y aplicaciones del grafeno. **Ingenierías**, XI (38): 1-7, 2008 .
- Rodríguez, C. **Obtención de hojas de óxido de grafeno para el desarrollo de nanocompositos poliméricos.** Tesis (Doctora en Ingeniería Física Industrial). Monterrey, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2012, 179p.
- Sánchez, C. **Obtención de Grafeno mediante métodos químicos de exfoliación.** Tesis (Ingeniero Industrial). Madrid, Universidad Pontificia Comillas, 2013, 160 p.
- Serena, P. ¿Qué sabemos de? La nanotecnología [en línea]. Madrid, Catarata, 2010. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=qRhYq6BOUWkC&pg=PA31&dq=estructura+del+grafeno&hl=es&sa=X&ei=t4sHVfv_JebdsASqyIKQBQ&ved=0CCgQ6AEwAg#v=onepage&q=estructura%20del%20grafeno&f=false [fecha de consulta: 20 de febrero 2015].
- Sociedad Ecuatoriana de Bioética** [base de datos en línea]. Quito, 2008. Disponible en: http://www.bioetica.org.ec/proyecto_ley.htm. [fecha de consulta: 14 de marzo del 2015].
- Tinnesand, M. El Grafeno: **El próximo material maravilloso?** ACS Chemistry for life [en línea] pp. 7-12, 2012. [fecha de consulta: 13 de febrero del 2015]. Disponible en: <http://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2012-2013/grafeno.html>. ISBN: 9780841228306.
- Voet, D. **Fundamentos de bioquímica: la vida a nivel molecular.** 2da ed. Buenos Aires: Medica panamericana. 2009.

FIGURAS

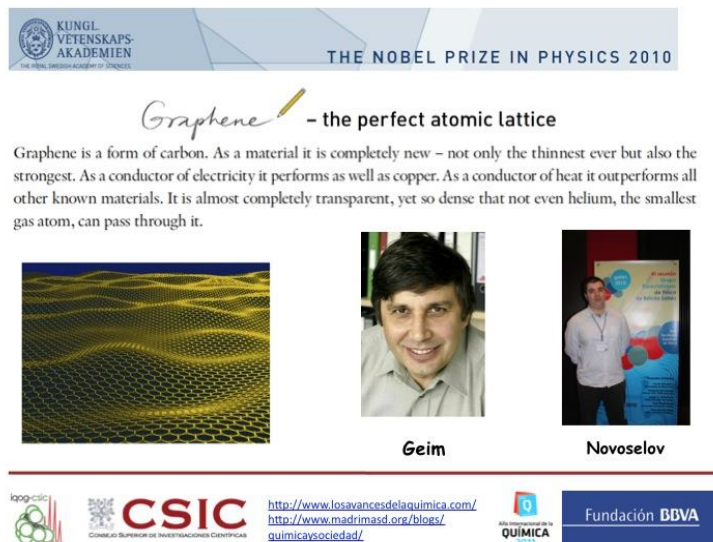


Figura 1. Certificado Premio Nobel de Física 2010 (Blanco y Menéndez, 2014)

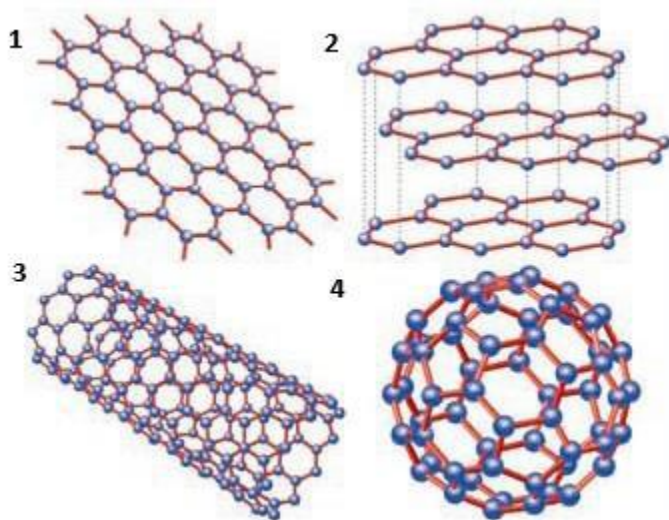


Figura 2. Estructuras Grafeno (1), grafito (2), un nanotubo de carbono (3), y un fullereno (4) (Bosch, 2014).

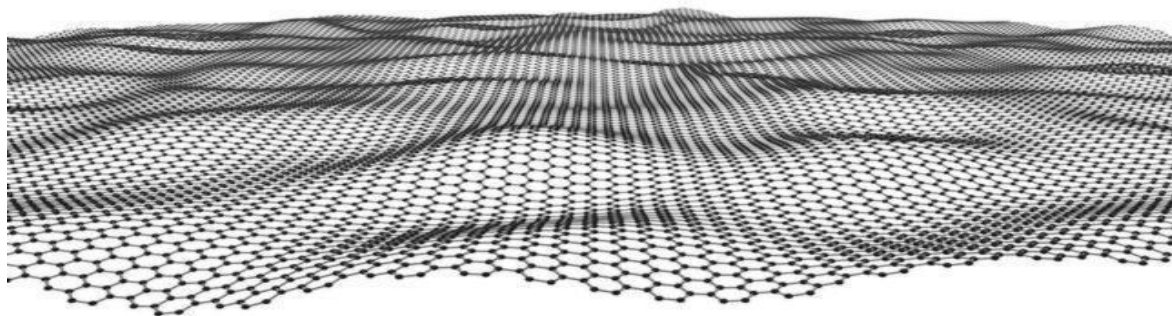


Figura 3. Una red enorme de grafeno (Bosch, 2014)

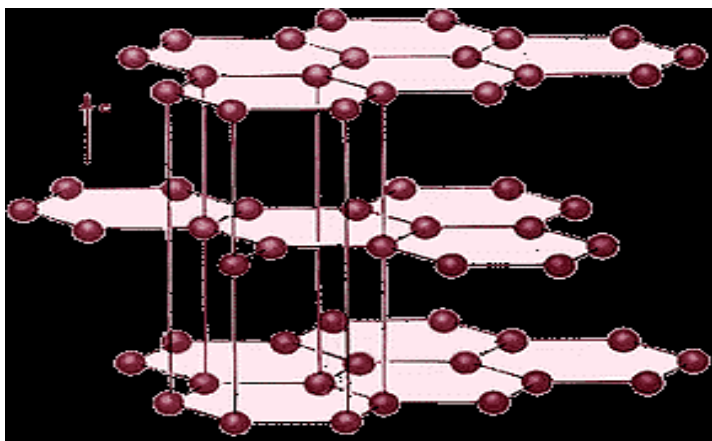


Figura 4. Estructura hexagonal del grafito en tres capas (Bosch, 2004.)

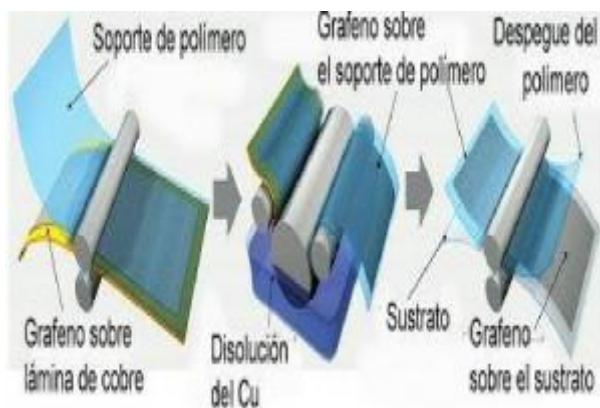


Figura 5. Obtención láminas de grafeno (Nanotecnología y sus aplicaciones, 2015).

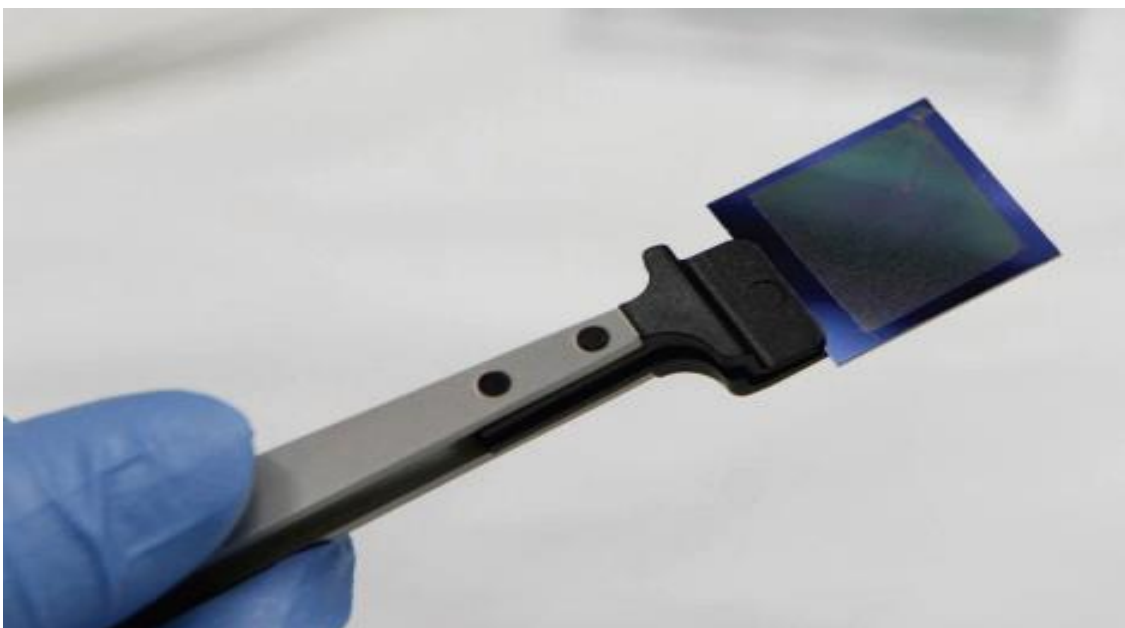


Figura 6. Método de exfoliación permite conseguir grafeno de alta calidad (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2015).

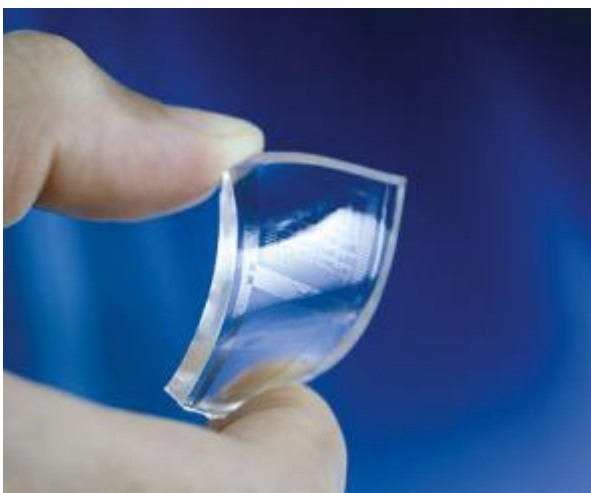


Figura 7. Los dispositivos electrónicos serán tan ligeros como una lámina plástica (La revolución del grafeno ya está aquí, 2012).

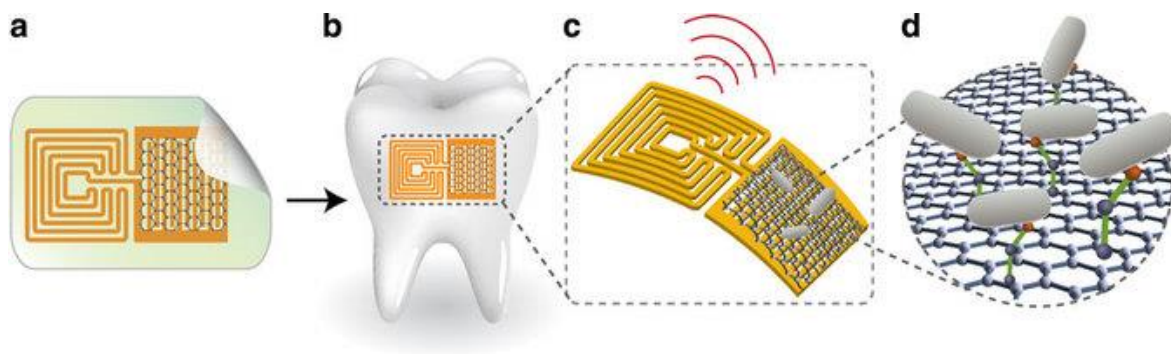


Figura 8. Implante de sensor de grafeno en diente (McAlpine, 2012)

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía de Licenciatura en Ciencias Químicas con especialidad en Química Analítica , de la Sra. María Fernanda Soria Ludeña ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Mtr. Pablo Pozo

Director de la monografía

Quito, 20 de marzo de 2015

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
1. EL GRAFENO	9
1.1. Historia.....	9
1.2. Estructura	10
1.3. Propiedades.....	13
1.4. Métodos de Obtención.....	16
1.5. Importancia del Grafeno	23
1.6. Toxicidad del Grafeno.....	26
2. LA BIOTECNOLOGÍA	28
2.1. Definición	28
2.2. Tipos de Biotecnología	35
2.2.1. Biotecnología Aplicada A La Agricultura	37
2.2.2. Biotecnología Microbiana	41
2.2.3. Biotecnología Forense	41
2.2.4. Biotecnología Acuática.....	42
2.2.5. Biotecnología y Biorremediación.....	43
2.2.6. Biotecnología y Salud.....	44

2.2.7. Biotecnología y Nanotecnología.....	46
2.2.8. Biotecnología y Ética.....	47
3. APLICACIONES DEL GRAFENO EN BIOTECNOLOGIA.....	50
3.1. Secuenciación del adn por medio de nanoporos de grafeno	50
3.2. Espumas de grafeno para regenerar tejidos.....	51
3.3. Equipos biónicos.....	52
3.4. Audifonos de grafeno que superarían en calidad de audio a los demás audífonos.....	52
3.5. Lentes de contacto con visión nocturna.....	53
3.6. Biosensor de grafeno para detectar <i>staphylococcus aureus</i>	54
3.7. Generador de hidrógeno basado en grafeno y nano-bio catalizador, utilizando energía solar.....	54
3.8. Sensores de grafeno que se tatúan en los dientes para detectar enfermedades.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
FIGURAS	64
TABLA DE CONTENIDOS	IV
TABLA DE FIGURAS	VI

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Certificado premio nobel de física 2010	64
Figura 2. Estructuras grafeno (1), grafito (2), un nanotubo de carbono (3), y un fullereno (4).....	64
Figura 3. Una red enorme de grafeno	65
Figura 4. Estructura hexagonal del grafito en tres capas	65
Figura 5. Obtención láminas de grafeno	65
Figura 6. Método de exfoliación permite conseguir grafeno de alta calidad	66
Figura 7. Los dispositivos electrónicos serán tan ligeros como una lámina plástica	66
Figura 8. Implante de sensor de grafeno en diente	67

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICA

Aplicaciones del grafeno en biotecnología

Monografía previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias

Químicas con especialidad en Química Analítica

MARIA FERNANDA SORIA LUDEÑA

Quito, 2015