

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

Trabajo de referencia bibliografica:

La nanotecnología



INDICE

PORTADA	1
ANTECEDENTES	3
INTRODUCCIÓN A LA NANOTECNOLOGIA	
Definición.....	4
aplicaciones de los nanorobots	4
Nanorobots	4
Tamaño.-	5
Componentes.-	5
Velocidad de procesamiento.-	5
El ensamblador.-	5
perspectivas sobre nanotecnología	5
Proyectos	5
Foresight Institute	6

NANOTECNOLOGIA APLICADA A LA MEDICINA:

LA NANOMEDICINA.

Introducción 6

Nanorobot inmunológicos 6

Substituyendo al eritrocito 6

La biostasis: una aplicación para el futuro 7

Modificando el DNA 7

CONSECUENCIAS Y PELIGROS DE LA NANOTECNOLOGIA.

Accidente biológico..... 8

Abusos 8

Problemas éticos 8

¿Los nanorobot realmente se auto replicarán?.- 8

Ampliación de la expectativa de vida.- 9

Reanimación de pacientes criogenizados (biostasis).- 9

Existencia electrónica.- 9

¿Dejaran de existir los médicos?.- 9

CONCLUSIONES 10

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS 11

ANTECEDENTES

Con el comienzo del siglo XX la ciencia dio grandes pasos en el conocimiento, se empezó a conocer que toda la materia esta compuesta por las partículas diminutas llamadas átomos, aunque todo esto se conocía ya en parte, es en este siglo cuando finalmente se le empieza a dar utilidad. De tal forma tenemos que varios átomos forman moléculas, por ejemplo una molécula de oxígeno con dos de hidrógeno forman agua.

Pero estos conocimientos fueron más allá ya que con esto se pudo modificar la estructura de las moléculas como es el caso de los polímeros o plásticos que hoy en día los encontramos en todos nuestros hogares y que sin ellos no podríamos vivir. Pero hay que decir que este tipo de moléculas se les puede considerar grandes...

Con todos estos avances el hombre tuvo una gran fascinación por seguir investigando mas acerca de estas moléculas, ya no en el ámbito de materiales inertes, sino en la búsqueda de moléculas orgánicas que se encontrarán en nuestro organismo. Se descubrió que el cuerpo humano además de consistir como unidad fundamental: la célula, ésta tenía pequeños componentes llamadas organelas y éstas a su vez estaban compuestas por numerosas partículas o moléculas que juegan un papel importante en la regulación de los

procesos fisiológicos del organismo.

No fue sino hasta principios de la década de los cincuenta cuando Watson y Crick propusieron que el DNA era la molécula principal que jugaba un papel clave en la regulación de todos los procesos del organismo y de aquí se tomo la importancia de las moléculas como determinantes en los procesos de la vida.

Hoy en día la medicina se le da más interés a la investigación en el mundo microscópico ya que en este se encuentran posiblemente las alteraciones estructurales que provocan la enfermedad, y no hay que decir de las ramas de la medicina que han salido mas beneficiadas como es la microbiología. Inmunología, fisiología, en fin casi todas las ramas de la medicina.

Con todos estos avances han surgido también nuevas ciencias como es la ingeniería genética que hoy en día todos han oído escuchar acerca de las repercusiones que puede traer la humanidad como es la clonación o la mejora de especies. Entre estas ciencias también se encuentra otras no muy conocidas como es la *nanotecnología*, a la cual se le puede definir como aquella que se dedica a la fabricación de la tecnología en miniatura.

La *nanotecnología*, a diferencia de la ingeniería genética, todavía no esta en pasos de desarrollo; Se le puede considerar como una ciencia teórica ya que todavía no se le ha llevado a la practica ya que aun no es viable, pero las repercusiones que acarreará para el futuro son demasiadas.

Ya que la *nanotecnología* aun no es viable cabría preguntarse: ¿ para que preocuparse?, Pero la importancia radica en adelantarse a los problemas éticos que acarrearía tener esta tecnología antes de que ésta llegue súbitamente. Sin lugar a dudas esta ciencia va a ser la más importante en el tercer milenio.

INTRODUCCIÓN A NANOTECNOLOGIA

definición

La nanotecnología se puede definir como la ciencia que se encargará del diseño y construcción de maquinas capaces de la manipulación atómica y molecular; tambien varios investigadores la definen como la tecnología de manufactura del siglo veintiuno. A esta rama hoy en día no se le puede considerar como ciencia-ficción debido a que países tan importantes como EUA, Japón y varios países europeos están invirtiendo grandes cantidades de dinero para la realización de proyectos y su posible aplicación, ya que están convencidos que esta es la tecnología del futuro. En general, las principales expectativas que se esperan de la nanotecnología son la manipulación de átomos y la mejora de chips computacionales más complejos.

Es difícil prever lo que la nanotecnología puede alcanzar, pero su ruta debería ser la de la vida, relacionando física, química, biología y nuevos modelos y simulaciones matemáticas. Es una ciencia multidisciplinaria, y esta tecnología sólo será realizable cuando se comprendan los mecanismos básicos en el rango nanométrico. Los países que se lancen a esta aventura serán nuevos líderes mundiales.

aplicaciones de los nanorobots

Los diseños de nanorobots son muy variados. En el campo de la medicina se piensa hacer diseños que mejoren al eritrocito¹, a la mitocondria, a los leucocitos e incluso pequeños nanorobots que modifiquen las cadenas del DNA.

En el campo computacional se prevé que esta tecnología va a ser que los chips sean cada vez más pequeños y por consiguiente aumenten su capacidad de procesamiento, y es este campo donde se obtuvieron las primeras ideas acerca de lo que podría hacer la nanotecnologia, ya que los ingenieros de IBM a mediados de los 80's

propusieron dos tipos de tecnología de prueba proximal: AFM10 (*atomic force microscope*) y STM10 (*scanning tunneling microscope*) que como su nombre lo indica una se basa en el monitoreo microscópico y manipulación mediante una aguja electrónica pequeña (STM) y la otra en la manipulación molecular (AFM); siendo mediante estas tecnologías la que se basa IBM para el grabado de su logo en los chips electrónicos. Los primeros productos serán seguramente materiales de construcción superfuertes a una nanoescala, tales como los tubos Bucky propuestos por el Dr. Richard E. Smalley, profesor de química y física de la Universidad de Rice. Los *Buckytubes* son tubos de forma de malla de gallinero hechos de moléculas de carbón de forma de domo geodésico, llamados Buckyballs por Buckminster Fuller. Estos tubos son esencialmente fibras de grafito de tamaño de nanómetros, y su dureza es 100 a 150 veces más que el acero, con un cuarto del peso de este.

También se provee que esta tecnología ofrecerá importantes cambios en el mantenimiento del medio ambiente ya que los nanoinventos podrán degradar o utilizar los componentes contaminantes, eliminando así la contaminación.

nanorobots

Aunque todavía no se han fabricado nanorobots, existen múltiples diseños de éstos, incluso no pueden ser del todo robots es decir pueden hasta ser modificaciones de células normales llamadas también células artificiales. Las características que éstos deben de cumplir, entre las que se pueden mencionar:

Tamaño.—Como el nombre lo indica, los nanorobots deben de tener un tamaño sumamente pequeño, alrededor de 0.5–3 micras ($1\text{micra}=1\cdot 10^{-6}$) más pequeños que los hematíes (alrededor de 8 micras).

Componentes.—El tamaño de los engranes o los componentes que podría tener el nanorobot sería de 1–100 nanómetros ($1\text{nm}=1\cdot 10^{-9}$) y los materiales variaría de diamante como cubierta protectora, hasta elementos como nitrógeno, hidrógeno, oxígeno, fluoruro, silicón utilizados quizás para los engranes.

Velocidad de procesamiento.—El procesador central del nanorobot solo poseerá una velocidad de 10^6 – 10^9 operaciones por segundo (será más lento que la velocidad de procesamiento de una Apple vieja), por lo tanto una mayor inteligencia de procesamiento no será requerida.

El ensamblador.—Se le ha dado el término de ensamblador a aquella pieza del nanorobot que es semejante a un brazo submicroscópico, cuyas características principales son las de reaccionar con compuestos, construir secuencias de moléculas y quizás la de copiarse a sí mismo, teniendo con esto la capacidad de autoreplicarse. Se le puede comparar con los ribosomas, las organelas encargadas de la transcripción y traducción de proteínas. Según los recientes diseños el brazo del ensamblador sería de diamante, de 100 nm de largo por 30 nm de diámetro y su tamaño será más grande que el del ribosoma pero más pequeño que la *Escherichia coli*. Todo esto suena muy complejo, pero cuando se llegue a la tecnología para fabricarlo será relativamente económico.

perspectivas sobre nanotecnología

Proyectos internacionales

El horizonte y las perspectivas que vislumbra la nanotecnología son prácticamente inimaginables. Por eso, países como EUA, Japón, Suiza o Alemania han explotado en su investigación sobre la ciencia de la nanoescala y la tecnología que conlleva. No en vano, el presidente Clinton anunció en el discurso del 21 de enero de 2000, en el Instituto Tecnológico de California (Caltech), que en su nuevo presupuesto dedicaría millones de dólares a investigación biomédica, pero que también quería dejar parte del presupuesto a su Iniciativa sobre Nanotecnología, que para él tiene un horizonte sin fin.

Suiza, en su tercera fase, dedica a esta iniciativa 8.000 millones en cuatro años; Japón, unos 70.000 millones en cuatro años, así como Alemania, Holanda, Suecia, etcétera. Además, tienen centros de excelencia y

competencia en nanotecnología. Y estas inversiones son adicionales al presupuesto normal para investigación, que es grande.

En el ámbito de la investigación no se queda atrás. Los ingenieros en Cornell y en Stanford, así como en Zyvex (la autodenominada "la primera empresa de desarrollo molecular de nanotecnología") están trabajando para crear ese ensamblador ahora. Pero los obstáculos abundan. A diferencia de la construcción de materiales tradicionales que se quedan donde se les deja, los átomos y las moléculas son volátiles y se reacomodarán constantemente por sí mismos para mantener su estabilidad. De 5 a 10 años, según Zyvex, pueden pasar para que en realidad se puedan construir los ensambladores; o de 8 a 15 años, de acuerdo a la comunidad científica. Después de eso, pueden pasar décadas hasta que seamos capaces de fabricar bienes de consumo terminados.

La clave para la manufactura con los ensambladores a gran escala es la auto-reproducción. Un robot de tamaño nano haciendo trabajos en madera en tamaño nano puede ser dolorosamente lento. Pero si estos ensambladores de pueden reproducir así mismos, podemos tener trillones de ensambladores trabajando en conjunto.

Foresight Institute

Con respecto a la información que se puede proporcionar sobre la nanotecnología el Instituto Foresight⁹ tiene una amplia labor, difundir y transmitir los nuevos avances acerca de los que acontece con esta ciencia. El Instituto Foresight está dedicado "a preparar a la sociedad para anticiparla a las tecnologías avanzadas". Su objetivo primario es "que la nanotecnología, cuando esta se desarrolle, sea utilizada para mejorar las condiciones en el más amplio sentido, en vez de fines estrechos o de destrucción. La nanotecnología deberá ser desarrollada en forma abierta para que sirva al bienestar general y la continua realización del potencial humano. "Los esfuerzos del instituto incluyen el patrocinio anual de conferencias sobre el tema, la publicación del boletín trimestral *Foresight Update*, y el otorgamiento de premios para trabajos teóricos y experimentales en nanotecnología molecular. Actualmente, el Foresight Institute apoya la investigación técnica, pero la idea es que, para cuando la nanotecnología afecte nuestras vidas diarias, la infraestructura para tratar con los efectos sociales ya esté operativa.

NANOTECNOLOGIA APLICADA A LA MEDICINA:

LA NANOMEDICINA.

introducción

La nanotecnología al aplicarse a la medicina se le conoce como nanomedicina. Con la descripción de los nanorobots, se puede intuir que la utilidad de éstos en las ramas medicas será muy importante. Para empezar los nanorobot medirán de alrededor de 0.5–3 micras, por lo cual podrán flotar libremente por los vasos sanguíneos. Las principales aplicaciones de estos será la interacción de los nanorobots con las células sanguíneas (eritrocitos y leucocitos) en la reparación de los tejidos, la cura del cáncer o SIDA y la posible terapia de enfermedades genéticas.

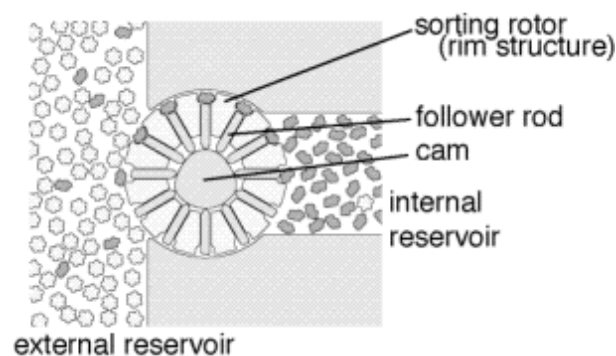
Sin lugar a dudas la nanotecnología cambiara en gran medida a la medicina, ya que aunque la medicina de hoy comprende que la mayoría de las enfermedades se deben a cambios estructurares en las moléculas de las células, dista mucho ahora de corregirlas. Esto es el caso con el cáncer ya que se sabe que se debe a una reproducción anormal de un tejido, pero la solución sigue siendo extirpar el tejido afectado, seguimos dando soluciones macroscópicas, sin resolver las microscópicas y este tipo de problemas es de lo que se encargará de resolver la nanomedicina.

nanorobots inmunológicos.

El sistema inmune de nuestro cuerpo es el encargado de proporcionar defensas contra agentes extraños o nocivos para nuestro cuerpo, pero como todos los sistemas éste siempre no puede con todo. Entre estas deficiencias se encuentra que muchas veces no responde(como es el caso con el SIDA) u otras veces sobrerresponde (en el caso de enfermedades autoinmunitarias). Cabe decir que los nanorobots estarán diseñados para no provocar una respuesta inmune, quizás las medidas que tienen estos bastaran para no ser detectados por el sistema inmune. La solución que ofrece la nanomedicina es proporcionar dosis de nanorobots para una enfermedad específica y la subsecuente reparación de los tejidos dañados, substituyendo en medida a las propias defensas naturales del organismo.

substituyendo al eritrocito

Una de las aplicaciones inmediatas que se planea alcanzar con la nanomedicina es la de hacer un diseño que mejore la funcionalidad de la hemoglobina, la proteína encargada de la transportación de oxígeno y dióxido de carbono en los tejidos, la cual se encuentra en el eritrocito. Hoy en día hay avances en este campo, siendo los principales investigadores Chang y Yu los cuales están desarrollando un nuevo sistema¹ basado en la encapsulación de hemoglobina a través de nanocapsulas.



En la figura se muestra un diseño de un nanoinvento el cual se encuentra en pulmón, se observa un rotor el cual va a acarrear el oxígeno por diferencia de las presiones parciales del oxígeno ya que por fuera hay mayor cantidad que adentro por lo tanto el nanoinvento va a meter el oxígeno en un pequeño tanque. Todos estos procedimientos van a ser controlados por el médico, se supone que mediante mecanismos de ondas de baja frecuencia que el nanoinvento los interpreta como comandos a seguir. Este procedimiento será el mismo a nivel periférico. La utilidad de esto es que estos aparatos proporcionaran alrededor de un almacén de 530 litros de oxígeno aumentando 2000 veces el almacenamiento de oxígeno comparado con la hemoglobina.

la biostasis: una aplicación para el futuro

El término de biostasis se aplica a la capacidad de tener un tejido que se mantenga en condiciones estables durante un lapso de tiempo indefinido. También es sinónimo de criogenia ya que para este tipo de método se propone utilizar alguna sustancia que vitrifique o congele los tejidos a fin de protegerlos. Este método es una esperanza para las personas que tienen alguna enfermedad que no puede ser curada en su tiempo. Aunque esta técnica por ahora no se le puede relacionar con la nanotecnología, en un futuro sí ya, que la idea es reparar los tejidos de la persona en un futuro, y los nanorobots van a ser los encargados de este trabajo.

Aunque aun los médicos no se ponen de acuerdo si la resucitación del paciente puede ser viable, los investigadores de este tema sostienen que en un futuro se tendrán las técnicas para lograr hacer esto.

modificando el dna

Otra de las expectativas que se pueden lograr con la nanomedicina será sin duda la modificación de material genético humano y por consiguiente la cura de las enfermedades genéticas asociadas. Aunque la ingeniería

genética es la que se encarga de la investigación en especial de esta molécula, la nanotecnología va a ser la encargada de proporcionar las herramientas necesarias para la manipulación de tan preciada molécula.

CONSECUENCIAS Y PELIGROS DE LA NANOTECNOLOGIA.

Quizás el mayor temor que las personas sienten cuando una nueva tecnología emerge es la seguridad propia o mundial. Los peligros de la tecnología han quedado manifiestos con las bombas nucleares, en donde en ese tiempo hubo la conmoción de las posibilidades y repercusiones que puede tener una tecnología aplicada a fines militares.

ACCIDENTE BIOLÓGICO

Un peligro que puede tener el nanoinvento es sin duda si éste se puede replicar. La mayoría de la gente cuando escucha que una maquina pudiera autoreplicarse teme que ésta pueda salirse de control de las manos del hombre. Para seguridad de estas personas Ralph Merckle² en la primera conferencia de nanotecnología del Instituto Foresight dice de manera resumida: Para prevenir esto al nanorobot en la fabrica se le tiene que abastecer siempre de suficiente energía y partes, ya que de lo contrario como sucede con las bacterias el nanorobot podría sintetizar sus propias partes lo cual sería muy peligroso. Además enfatiza que nunca se le daría a un nanorobot una fuente de energía que fuera un compuesto abundante en la naturaleza. Si todo esto no se llegara a cumplir el nanorobot se podría escapar del control de los humanos y constituir un verdadero problema semejante o aun peor que los virus.

ABUSOS

Este será principalmente el mayor problema que traerá la nanotecnología, ya que ésta se puede utilizar tanto para fines benéficos como para fines no muy buenos. Prueba de ello es que los terroristas tendrán nuevas herramientas para poder matar a mas gente, pero la solución de esto será la regulación que deberá de tener a nivel internacional y la planeación de programas para impedir que esto suceda, así como de protocolos para regular la producción de nuevos nanoinventos. Hay que decir que lo más peligroso sería intentar detener esta tecnología ya que con estos los investigadores se verían atados de manos y los militares quizás los reclutarían para llevar a cabo programas clasificados.

En el ámbito medico quizás la organización encargada en la regulación de que nanoinventos deberán de salir al mercado será la FDA.

PROBLEMAS ÉTICOS.

Como se había señalado anteriormente de las aplicaciones de la nanotecnología, esta traerá muchos beneficios para la medicina, ya que tal vez en esta ciencia se encuentren los problemas a las enfermedades que la medicina de hoy no puede resolver, pero como toda tecnología deberá de ser regulada.

Los problemas éticos que traería tener toda esta tecnología serán...

¿Los nanorobot realmente se auto replicarán?.-Aunque este punto suene difícil de entender hay una discusión de que si éstos deben de autoreplicarse. El problema radica en que según los biólogos el termino de vida lo definen como la capacidad de crecer, replicarse y responder a un estimulo, ¿entonces los nanorobots tendrán vida?. Nadie puede decirlo al igual que nadie puede decir si los virus realmente tienen vida ya que estos también cumplen con estas características.

El temor de esto quizás radique en que si a un aparato se le da la cualidad de autoreplicarse se estaría en un gran peligro ya que si este se saliese de control las consecuencias serían catastróficas. Este hecho es el principal temor de las personas al momento que se expone este tipo de problemas, la incertidumbre si esto se

salga de control y en vez de ser un bien resulte más perjudicial de lo esperado.

Es por este tipo de problemas, que motivan a los investigadores a plantear la forma que va a ser estos inventos y las repercusiones que van a tener estos en nuestra vida, algo así como predicciones. Por lo que refiere a la cualidad de estos inventos de autoreplicarse existen dos corrientes: una que apoya esta premisa propuesta por Drexler y Von Neumann³; Aunque difieren solo en las características del tamaño que debe de tener el nanoinvento, su idea viene siendo la misma, la de una computadora universal que tiene la capacidad de construir otras maquinas constructoras las que se van a encargar de hacer el trabajo, e incluso estas maquinas universales serán capaces de construir mas computadoras universales.

La otra corriente es la de no darle a los nanorobot la capacidad de autoreplicarse y esta es apoyada por los laboratorios Zyvex 3 (autodenominada la primera empresa de investigación nanotecnologica) los cuales proponen un modelo de replicación que no sé autoreplique, ya que para ellos esta cualidad demuestra demasiada complejidad para un aparato que tarde o temprano va a ser inútil en los tejidos. Ellos proponen buscar un sistema de replicación en masa tal como la manufactura de automóviles, teniendo una gran maquina que ensamble las partes de los nanorobots.

Ampliación de la expectativa de vida.– Al haber más métodos con los cuales se combatan las enfermedades, las personas vivirán más, y con ello quizás traiga otro tipo de enfermedades... ¿qué pasaría si las personas se cansarán de tanto vivir? ¿Realmente serán felices? ¿La nanotecnología traerá una mayor incidencia de personas deprimidas con sus vidas?....Nadie puede predecirlo.

Reanimación de pacientes criogenizados (biostasis).– Otro problema que se deriva de las aplicaciones de esta tecnología será el de revivir a pacientes que en el pasado fueron congelados ¿cómo reaccionaran éstos al despertar de su largo sueño?. Con estas técnicas ¿en realidad se alcanzara la vida eterna?.

Existencia electrónica.– Con la implementación de un escaneo cerebral se podrá reproducir las sinapsis cerebrales de es individuo, así como toda su memoria, por lo tanto la mente de una persona va a poder ser trasferida a una computadora, con lo cual va a poder quizás vivir eternamente al ya no depender de un cuerpo orgánico. Este proceso va a requerir de la nanotecnología debido a que con esta se va mejorar muchos los sistemas de computo, ya que esos al reducirse cada vez más de tamaño, aumentaran mas su capacidad de procesamiento.

¿Dejaran de existir los médicos?.– Con los avances que va a provocar esta ciencia en la rama de la medicina uno se puede preguntar si realmente se va a requerir de la participación del medico. Lo más probable es que cambie la relación medico–paciente, en donde el paciente va a acudir al doctor para que éste le administre las dosis de nanorobots que le hagan falta.

Además de todos estos problemas, el investigador Eric Drexler en su libro *Engines of Creation* ⁹ propone otras cuestiones: ¿Que pasará con el orden global cuando los ensambladores y la ingeniería automatizada eliminen la necesidad de casi la totalidad del intercambio comercial internacional? ¿Cómo cambiará la sociedad cuando los individuos puedan vivir indefinidamente? ¿Que haremos nosotros cuando los ensambladores hagan casi cualquier cosa sin necesidad de intervención o trabajo humanos? ¿Que cosa haremos cuando todos los sistemas puedan pensar más rápido que los humanos?

CONCLUSIONES: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS

La nanotecnología en la medicina traerá grandes adelantos como los que ya se mencionaron, quizás traerá la cura del cáncer o la protección contra diferentes infecciones causadas por bacterias u otros microorganismos o más aun la cura de la enfermedad que hoy en día tememos demasiado: el SIDA.

Entre las cuestiones éticas y filosóficas que traerá seguramente será la definición de lo que verdaderamente es

la vida, quizás una definición desde el punto de vista molecular, ya que como señalaba anteriormente la definición clásica de la vida por los biólogos ya esta quedando obsoleta con los nuevos adelantos de la ciencia.

También quizás nos cuestionemos de si estará bien usar estos inventos para prolongar aun más nuestra vida, ya que por el momento la vejez se define como el degeneramiento de las células y de sus componentes. Y como la función de los nanoinventos será la de corregir estos problemas, quizás prolonguemos mas nuestra vida media. Finalmente hallaremos la verdadera fuente de la juventud.

Pero verdaderamente ¿toda esta tecnología nos traerá felicidad? Esta cuestión me recuerda a la planteada por Aldous Huxleys en su novela *The Brave New World* (traducida al español como: Un mundo Feliz) en la cual muestra una humanidad deshumanizada por los grandes adelantos tecnológicos. Sin embargo para impedir todo esto, esta tecnología se debe de utilizar concienzadamente y de ahí que las universidades debieren de plantear en sus programas cursos de ética ya que si esta tecnología se utiliza para fines poco éticos las consecuencias serian catastróficas ya que con los nanorobots se podrían utilizar para fines bélicos.

El temor que tiene la gente acerca de esta tecnología es sin lugar a dudas debida en parte a la ignorancia y mientras no se cambie esta actitud no se permitirán grandes adelantos en la ciencia. Aunque este miedo tiene algo de fundamento, ya que pondrá armas microscópicas al alcance de terroristas, también esta tecnología traerá múltiples beneficios en las ramas de la medicina, y la cura de múltiples enfermedades que la medicina de hoy en día no puede curar.

Aun mientras se muestren los pros y los contras, hay que tomar en consideración que una actitud de negación no resolverá nada, sino al contrario ya que al no permitirse la investigación quizás puedan surgir pequeños grupos de investigación con fines poco éticos. Sin lugar a dudas la mejor actitud será la de apertura a esta tecnología, ya que ofrecerá múltiples beneficios en todas las ramas de la ciencia, además de un mayor entendimiento de cómo es que se forma la vida en todas sus múltiples formas

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- <http://www.artcell.mcgill.ca/2000ISBP.htm>

En esta pagina se encuentra el articulo:

Artificial Cell Biotechnology For Medical Applications

Thomas Ming Swi Chang, (May 2001).

- <http://www.foresight.org/impact/impossible.html>.

En esta pagina se encuentra el ensayo:

That's impossible!: How good scientists reach bad conclusions

Ralph C. Merkle.

- <http://www.zyvex.com/nanotech/nanotechAndMedicine.html>

En esta pagina se encuentra el articulo:

Nanotechnology and Medicine

Ralph C. Merkle.

- www.nanomedicine.com

En esta pagina se encuentra el libro:

Nanomedicine

Robert A. Freitas Jr. (1999).

- <http://www.foresight.org/NanoRev/index>.

Esta pagina es del Instituto Foresight, el cual es una sociedad no lucrativa que se dedica a difundir y promover la investigación de la nanotecnología. Esta pagina tiene el índice de los temas más importantes de la nanomedicina.

- <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/intro.html>

En esta pagina se encuentra el articulo:

Overview of Nanotechnology

Adaptación de J. Storrs Hall de los textos de Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler.

- <http://www.cs.bgu.ac.il/~mos/nanotechnology.html>

Pagina web que tiene varios links para conectarse con otros Institutos o laboratorios que se dedican a la investigación de la nanotecnología.

- <http://www.foresight.org/Updates/Update16/Update16.1.html#anchor576239>

Pagina en donde se encuentra el articulo:

Nanotechnology in Medicine

Gregory Fahy

- <http://www.foresight.org/EOC/index.html>

Sitio de descarga del libro:

Engines of Creation (1986)

Eric K. Drexler

- http://www.foresight.org/UTF/Unbound_LBW/index.html

Sitio de descarga del libro:

Unbounding the Future (1991)

Eric Drexler and Chris Peterson, with Gayle Pergamit

- www.altfutures.com/

Pagina web que proporciona información acerca de las nuevas tecnologías