The page features a decorative graphic consisting of three overlapping blue circles of varying sizes, arranged vertically. Two thin blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the circles. The largest circle is at the top, a smaller one in the middle, and a large one at the bottom right, partially cut off by the edge of the page.

Terrorismo de última generación: terrorismo genético y nanoterrorismo

Laura Salamanca Rodríguez

La etapa actual por la que pasa el fenómeno terrorista le brinda la posibilidad de utilizar nuevas armas de una sofisticación nunca antes vista obligando a las instituciones democráticas a investigar en su prevención

Red SAFE WORLD

22/11/2011

Objetivos del presente trabajo:

Mostrar la evolución del terrorismo genético

Indicar los peligros del nanoterrorismo

Laura Salamanca Rodríguez¹

1) Introducción:

De todos es sabido, que el terrorismo va evolucionando paralelamente a las nuevas tecnologías y que de igual manera que los diferentes grupos terroristas adaptan su metodología de actuación a esas nuevas tendencias para causar el mayor daño posible, nos corresponde a nosotros ir uno o varios pasos por delante previendo o contrarrestando dicha acción.

Esa evolución ha podido ser estudiada y analizada a lo largo de la historia, a través del tipo de armamento cada vez más sofisticado que se ha ido empleando, pudiéndose hablar de esta manera de diferentes etapas¹ del terrorismo:

- La primera etapa la protagoniza la aparición de la denominada primera generación de armas biológicas antiguas (s.XII a.C. al s.V d.C.), es decir, guerra biológica practicada por los imperios clásicos de la antigüedad y cuyo procedimiento más conocido era el envenenamiento de aguas con animales muertos.
- La segunda etapa la protagoniza la segunda generación de armas biológicas antiguas (s.VI d.C. al s.XVI d.C.), cuyos principales actores fueron los reinos medievales euroasiáticos, y cuyo procedimiento más conocido es el de la propagación de epidemias a través de animales y alimentos contaminados.
- En la tercera etapa aparece la tercera generación de armas biológicas antiguas (s.XVII d.C. al s.XIX d.C.), practicada principalmente por los imperios coloniales

¹ Especialista NBQ y Máster en Fenomenología Terrorista por la Universidad de Granada ha participado en investigaciones del Área de Bioinformática y Salud Pública del Instituto Carlos III

occidentales y cuyo procedimiento más conocido era la infección de diferentes utensilios, ropas y alimentos para contaminar a la población con diferentes agentes como por ejemplo, la viruela o la gripe.

- En la cuarta etapa surge por primera vez la denominada primera generación de armas biológicas modernas (1925), constituida por la dispersión intencionada de venenos, virus y bacterias.
- La quinta etapa la protagoniza la aparición de la denominada segunda generación de armas biológicas modernas (1945), constituida por la aparición de las “bombas estanco” cargadas con esporas de ántrax.
- La sexta etapa se caracteriza por la aparición de la tercera generación de armas biológicas modernas (1970), constituida por el empleo de la “encapsulación” de agentes biológicos (tales como ántrax, viruela, etc.) para producir plagas, y dispuestos para ser lanzados con bombas y misiles.
- En la séptima etapa tenemos la cuarta generación de armas biológicas modernas (1990), constituida por la aparición de la biotecnología, y más concretamente, la ingeniería genética, es decir, “la manipulación deliberada de la información genética, con miras al análisis genético o al mejoramiento de la especie”. Existen varias técnicas muy empleadas en esta campo, como por ejemplo, la electroforesis en gel, sondas, amplificación de genes, vectores y la técnica ADN recombinante.
- Y por último, la octava etapa del terrorismo, la cual es protagonista de la quinta generación de armas biológicas modernas (2005), constituida por la obtención del genoma humano.

Es de esta manera, que la primera parte del trabajo se centrará en el terrorismo genético con algunos ejemplos prácticos, y más adelante, nos plantearemos la aparición de una posible “novena etapa” del terrorismo (nanoterrorismo) con una “sexta generación de armamento biológico moderno”: (las nanoarmas).

2) Proyecto Genoma humano (PGH):

Con el desarrollo tecnológico de nuevos métodos, se ha conseguido preparar muestras de DNA para su secuenciación y posterior lectura con el principal objetivo de tener todo el genoma humano descifrado. El Proyecto Genoma Humano fue el más ambicioso e internacional de todos los proyectos que tenían este objetivo, y se centraba en construir mapas genéticos y físicos detallados.

Los dos proyectos de secuenciación del genoma humano más importantes fueron:

- El Consorcio público Human Genome Project, lanzado por el Ministerio de Energía y el Instituto de Salud de USA (DOE-NIH) además de la participación de 20 Universidades y centros de investigación (USA, Europa, Japón y China), bajo la dirección del D. James Watson, que fue iniciado en 1990, con un plazo de realización de 15 años.

- La empresa Celera Genomics. Fundada en 1998 con el objetivo inicial de secuenciar y ensamblar el genoma humano en plazo de tres años. La investigación del proyecto se convirtió en una carrera frenética para llevar a cabo la secuenciación lo más rápido posible para así atribuirse la patente.

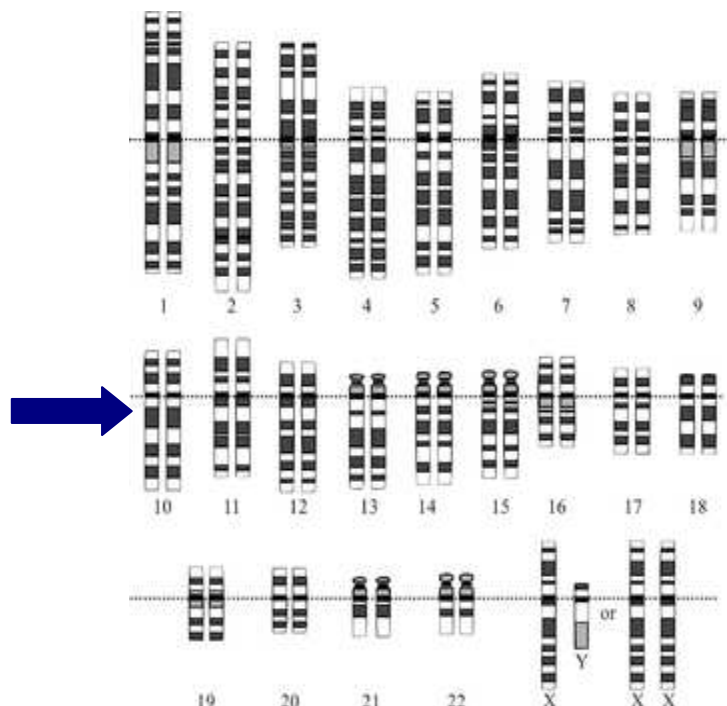
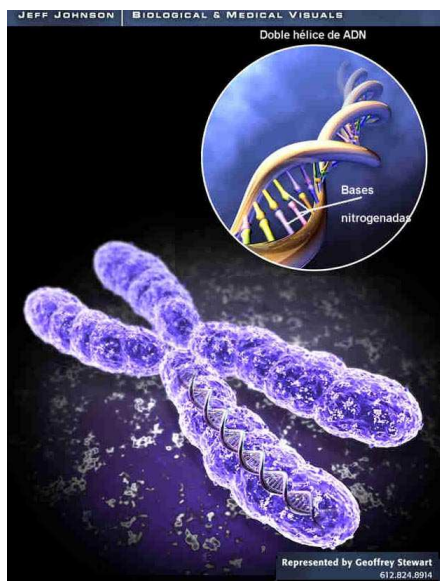
Desde el principio de la investigación, se propuso desarrollar el PGH a través de dos vías independientes pero esenciales:

- Secuenciación: averiguar la posición de todos los nucleótidos del genoma (cada una de las cuatro posibles bases nitrogenadas típicas del ADN – ATGC).
- Cartografía o mapeo genético: localizar los genes en cada uno de los 23 pares de cromosomas del ser humano.

De esta manera, en el año 2001 se produjo el primer borrador del genoma y en el 2003 se dio la secuencia completa del mismo. Este paso, supuso una nueva forma de avanzar en el entendimiento de las enfermedades, diseñar nuevos sistemas diagnósticos, nuevas terapias,...etc.

Algunas de las conclusiones obtenidas más relevantes fueron ²:

- En una célula hay dos metros de ADN muy compactado en los cromosomas
- Nuestro genoma tiene 3.000 millones de pares de bases
- Contiene unos 100.000 genes (un gen es la unidad funcional. Los genes se distribuyen en forma dispareja dentro del genoma)
- Existen 24 pares de cromosomas; el menor tiene unos 50 millones de pares de bases y el mayor unos 250 millones.
- La mitad del genoma está formado por secuencias repetitivas
- 1.5 millones de variaciones SNPs (polimorfismos de un solo nucleótido)
- Dos genomas difieren alrededor de 1 cada 1250 bases



3) Postgenómica y armas genéticas:

Llegados a este punto y aunque se conocía el número de genes, no ocurría lo mismo con su localización ni tampoco con su funcionamiento, por lo que a partir de este momento nos adentramos en una nueva etapa: la era post-genómica, es decir, la interpretación del genoma.

Entre cualquiera de nosotros las diferencias entre nuestro genoma de 3200 millones de pares de bases constituyen sólo el 0,1%, es decir, de cada 1000 letras somos iguales en 999. Esas pequeñas diferencias son las responsables de las diferentes apariencias físicas, de las diferentes probabilidades de tener una determinada enfermedad o de las diferentes reacciones a medicamentos³.

Aplicaciones de la era postgenómica^{4,5}

- Genómica Individual: consiste en comparar las diferencias genéticas entre personas y ver cómo pueden influir en cada caso. Las secuencias de un mismo gen pueden variar de unos individuos a otros provocando una mutación. Los SNPs están causados por la mutación de un único residuo de ADN, pudiendo conducir a una pérdida de la función del gen, a una patología o a adquirir susceptibilidad frente a una enfermedad.
- Genómica Microbiana⁵. Hasta la fecha se han secuenciado más de treinta genomas de microorganismos y algunos más de organismos pluricelulares eucarióticos. Además se están secuenciando los genomas de otros agentes patógenos como por ejemplo, el carbunco, la peste bubónica o la disentería. La posibilidad de conocer estos genomas y de experimentar con organismos modelo aporta una grandísima cantidad de pistas para descifrar las bases moleculares de las enfermedades en los seres vivos.

El diagnóstico basado en la detección de microorganismos permite su identificación rápida y un conocimiento más profundo de los mecanismos asociados a su patogenicidad. Su finalidad es estudiar los mecanismos de resistencia frente a antibióticos, desarrollo de medidas preventivas frente a enfermedades infecciosas...etc.

Aprovechando este enorme aumento de información y conocimiento, científicos de todo el mundo tratan de desarrollar una protección más eficaz contra los agentes biológicos susceptibles de ser usados en un ataque bioterrorista. Por ejemplo, el laboratorio militar de Fort Detrick (EEUU) en colaboración con el Instituto de Virología de Marburg (Alemania), los Institutos Nacionales de la Salud (NIH), la Universidad de Manitoba y la Universidad Claude Bernard de Lyon (Francia) han desarrollado una vacuna contra una de las cepas del virus Ébola y otra contra el virus Marburg mediante la manipulación del gen que fabrica la glicoproteína exterior de los virus

Sin embargo, al igual que existen objetivos que conllevan un beneficio para los seres humanos, estos conocimientos unidos a la ingeniería genética son de nuevo usados para fines totalmente contrarios, es decir, para nuevas formas de ataque a las poblaciones, de ahí el nacimiento de las armas genéticas:

Armas basadas en técnicas de ingeniería genética:

Técnica del ADN recombinante: Una molécula de ADN contiene miles de genes. No existe técnica alguna que permita distinguir entre uno y otro. Se seleccionan aquellas células en que el gen se exprese en mayor cantidad y de ellas se aísla el correspondiente ARN mensajero (ARNm). La información almacenada en el ARNm se convierte en un segmento de ADN, utilizando las transcriptasas inversas de los virus. Una vez conseguido esto, se emplean las enzimas ADN polimerasas para convertir el filamento simple de ADN en un segmento de doble hélice (ADN copia o ADNc), que es el objetivo final de la primera etapa.

Una vez conseguido el ADNc correspondiente, se introduce en un plásmido. En esta etapa se utilizan enzimas de restricción para cortar el ADN en diversos fragmentos. Después, una enzima llamada ligasa hace posible la unión del ADNc con el plásmido y logra que la molécula recombinante sea estable. El plásmido recombinante se introduce en un hospedador, por ejemplo, la bacteria E. Coli. Una vez en el interior del hospedador, el plásmido se reproduce, y con él su ADNc. Cuando la bacteria se divide, las hijas tienen el mismo ADNc. De entre todas las bacterias, se identifica cuáles portan plásmido recombinante, mediante un marcador.

Ya desde hace algunos años la base de ésta y otras técnicas genéticas es empleada para crear estas armas, entre las que se pueden mencionar:

- Programación de genes en microorganismos infecciosos
- Inserción de genes que alteren las funciones reguladoras que controlan el estado de ánimo, el comportamiento y la temperatura corporal.
- Clonación de toxinas selectivas para predisponer a un organismo a una determinada enfermedad
- producción de los denominados gérmenes “troyanos”, que ingresan en el organismo directamente o mediante los alimentos y que posteriormente, cuando lo desee el agresor se añadiría el gen o plásmido desencadenante de la enfermedad. Sería ésta un arma binaria en la que los componentes se unirían en el organismo. Este método se puede usar también para facilitar la manipulación de las armas biológicas, disponiendo del germen en dos partes inofensivas que cuando se unen constituyen el patógeno agresor y se procedería a la constitución final del germen en el momento del lanzamiento o de la dispersión.
- el RNA de interferencia, que permite controlar la expresión genética de los organismos. El RNA de interferencia es la capacidad que poseen células de plantas o animales para bloquear un gen específico destruyendo la copia del RNA antes de que pueda codificar la proteína correspondiente. Su descubrimiento fue considerado como el hito científico del año 2002.

También se hace imprescindible mencionar la biología negra, es decir, la producción sintética de nuevos agentes de agresión biológica, incluidas toxinas.

Se trataría de la reconstrucción de una bacteria (o virus), a la que se le darían las propiedades adecuadas para su empleo como agente biológico, haciéndola más resistente a las defensas disponibles, más agresiva, mejor preparada para resistir un ambiente extremo o más difícil de detectar, mayor virulencia, dificultad de identificación, etc. Es decir, armas genéticas obtenidas por técnicas de ingeniería genética.

El National Research Council de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos publicó en 2003 un informe⁶ que ponía de manifiesto los riesgos asociados al uso indebido de la “nueva biología”

Otros ejemplos actuales de terrorismo genético^{7, 8, 9,10}

- Biorreguladores de última generación: involucran el desarrollo biotecnológico y especialmente la interpretación del genoma humano. Se trata de compuestos orgánicos minúsculos, biológicamente activos, capaces de regular los diversos sistemas del cuerpo, pudiendo producir agresiones del sueño, del nivel de glucemia, de la visión, de las funciones psíquicas y otras.

Entre estos agentes figuran hormonas, como por ejemplo las citoquinas, que son producidas por los linfocitos (citoquinas 1, 6 y 18, interferón gamma o el factor de necrosis tumoral), eicosanoides, (prostaglandinas o leucotrienos), neurotransmisores y las llamadas enzimas líticas.

Características más importantes:

- Su desequilibrio causa mucho daño
- Su utilización es difícil de incriminar
- Son sustancias normales en el organismo
- Difícil de detectar en el medio ambiente
- De acción rápida
- El periodo entre su exposición y su manifestación es muy corto

Hasta el día de hoy, sólo la insulina y la epinefrina han sido investigadas como potenciales armas biológicas, aunque esto no quiere decir que no puedan darse más posibilidades. Teniendo en cuenta que son sustancias endógenas, producidas por el propio organismo, su identificación como agente causal de la muerte sería más difícil en una investigación forense, lo cual las convierte en una posible amenaza a tener en cuenta.

Sin embargo, también hay que decir que dado que los biorreguladores sólo afectan a las personas directamente expuestas, y no pueden ser contagiados, su posible utilización con carácter masivo tiene por tanto la dificultad de que hay que hacer llegar a cada persona la dosis adecuada para que surta el efecto deseado, por ello cabe pensar que su utilización sería más probable frente a colectivos menores, entre los que sería más fácil su distribución.

Etnobombas o bombas raciales: armas biológicas genéticas para acabar con determinados grupos étnicos. La secuencia completa del genoma humano permitirá tener acceso a más de un millón de los llamados polimorfismos de un sólo nucleótido. Basándose en un principio similar al de la terapia genética, estas armas servirían para explotar las variantes genéticas características de determinados grupos, con el único fin de que se vuelvan en contra sus propios portadores, que se convertirían así en víctimas. Esto se podría conseguir a través de la disrupción de las vías de señalización celular o por la modificación de la acción de genes específicos.

En 1996 el gobierno británico advirtió en la Convención sobre Armas Biológicas y Tóxicas de Ginebra que la información obtenida del Proyecto Genoma Humano "...podría ser considerada para diseñar armas dirigidas contra grupos étnicos o raciales específicos..."

En 1998, la Asociación Médica Británica propuso una resolución, adoptada por la Asociación Médica Mundial, según la cual las "etnobombas" son una verdadera amenaza para el bienestar humano, y en 1999 señaló que esa década había protagonizado diversos genocidios contra los kurdos en Irak, los tutsi en Ruanda y los pueblos de Timor Oriental. Los gobiernos de Gran Bretaña y de Estados Unidos han reconocido que alrededor de una docena de países están investigando el uso de etnobombas.

Sin embargo, hay que puntualizar que en el caso de querer atacar contra una raza concreta habría que tener en cuenta que aún dentro de cualquier grupo humano se da una cierta diversidad genética. Estas leves diferencias no son completamente conocidas, por lo que es probable que un arma dirigida contra la variedad de un gen predominante en un grupo determinado no conseguiría exterminar a todo el grupo sino sólo a una parte, y a todo esto habría que añadirle los posibles efectos colaterales que podrían producirse sobre otros grupos raciales.

- También tenemos que mencionar diversas formas de Ecoterrorismo^{11, 12} que usan la manipulación genética de microorganismos para destruir cosechas y afectar a la población de forma directa o indirecta. Aunque es un término relativamente reciente, diversos sucesos demuestran que se han dado casos desde hace tiempo:

En 1997 el gobierno de Sudáfrica, después de admitir que el anterior gobierno del apartheid había emprendido investigaciones sobre guerra biológica tanto contra cultivos como grupos étnicos, publicó una lista de veinte patógenos de cultivos que habían sido investigados para su posible utilización como armas.

En 1999, Scientific American publicó un informe de investigadores de la Universidad de Bradford, en Gran Bretaña, en el que describían la guerra biológica vegetal en Sudáfrica, Estados Unidos, Gran Bretaña, Rusia e Irak. En el caso de éste último, tuvo lugar en los años 90 e incluía la bioingeniería de patógenos del trigo.

En 2008 el Departamento de Agricultura en EU añadió a su lista de potenciales armas bioterroristas una bacteria llamada *Xanthomonas oryzae*, que afecta al arroz, según la agencia Nature news. En 2010 se produjeron 464 millones de toneladas de este cultivo, así que no es difícil imaginar el daño que podría producir un ataque con esta bacteria.

Es interesante mencionar también el caso de los hongos bomba. Hace unos años, tanto Estados Unidos como Gran Bretaña canalizaron fondos a través del programa antidrogas de la ONU para obtener acceso a hongos microscópicos manipulados para convertirlos en armas en Uzbekistán y que iban a ser rociados desde aviones para acabar con determinados cultivos de narcóticos.

Agentes patógenos susceptibles de ser utilizados como armas en diferentes cultivos:

Cultivo	Región(es)	Patógeno	Comentario
Frijoles, soya, cacahuete, girasol, verduras	Mundo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Alto potencial militar. Este hongo causa podredumbre o moho en muchas especies, con excepción de cereales y plantas leñosas. Sumamente destructivo por ser una enfermedad que se transmite por el aire y se aloja en la semilla.
Papa, tomate	Mundo	<i>Phytophthora infestans</i>	Bajo potencial militar. Es transportado por la lluvia, el viento y las heladas tardías. Es extremadamente destructiva.
Papa, tomate, tabaco, plátano	Mundo, excepto Sudamérica	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Alto potencial militar. Material bacterial pegajoso sumamente destructivo. Se transmite a través de material infectado y por otros medios. No hay defensa efectiva.
Maíz, caña de azúcar, gramíneas	África, Asia, Australia, Centroamérica	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Mediano potencial militar. La bacteria quema la hoja
Caña de azúcar	Islas de Asia, Pacífico Sur	Virus de Fiji de la caña de azúcar	Mediano potencial militar. Virus difundido por plantas infectadas. Es altamente destructivo.

Caña de azúcar	Madagascar China, India	Puccinia erianthi	Bajo potencial militar. Ataca a la hoja. Es transportado por el viento pero requiere de una temperatura específica. Existen variedades resistentes.
Cereales (incluyendo 40 géneros de gramíneas)	Mundo, excepto Australia y Sudáfrica	Puccinia striiformis	Mediano potencial militar. La roya amarilla y rayada es muy destructiva y puede ser transportada a grandes distancias por el viento.
Trigo	Mundo	Tilletia tritici	Mediano potencial militar. Hongo que causa tizón, mal olor y achaparramiento con seria pérdida de rendimiento.
Trigo, triticale	India, Paquistán, Irak, Afganistán, México, Brasil	Tilletia indica	Escaso potencial militar. Causa tizón (Bunt Karnal), es moderadamente destructivo y se difunde a través de las plantas y el suelo infectado.
Trigo, cebada	Mundo	Puccinia graminis	Mediano potencial militar. La roya negra o del tallo es sumamente destructiva pero existen variedades resistentes. Es transportado por el viento.
Arroz	Mundo	Pyricularia oryzae	Mediano potencial militar. Es sumamente destructiva y es transportada por el viento. Existen variedades resistentes.
Arroz	Mundo	Cochliobolus Miyabeanu	Escaso potencial militar. Hongo de mancha café controlado por fungicidas. Hay variedades resistentes.
Cultivos industriales (o no alimentarios básicos)			
Cítricos (especialmente toronja)	África, Asia, Australia, Sudamérica	Xanthomonas campestris pv. Citri	Mediano potencial militar debido a la inestabilidad de la bacteria (cancro cítrico).

Cítricos	Sudáfrica	Enf. bacteriana de cítricos verdes	Escaso potencial militar. Necesita insecto vector y condiciones climáticas.
Café	Sureste asiático, Centro y Sudáfrica	Var virulans, Colletotrichum coffeanum	Mediano potencial militar. Podredumbre fúngica, muchos vectores.
Pino	Mundo	Dothistromia pini	Mediano potencial militar. Causa tizón. Es transportado por el viento o por las semillas. Puede ser sumamente destructivo.
Manzana, pera, membrillo.	Norteamérica, Norte de África, Europa, China, Japón, Nueva Zelanda	Erwinia amylovora	Mediano potencial militar. Es transportado por agua e insectos. Es sumamente destructivo. Centroamérica, Tizón de fuego.
Caucho	Zona tropical y Centroamérica	Microcyclus ulci	Bajo potencial militar. Tizón aerotransportado sumamente destructivo, pero es inestable y de Sur requiere una temperatura y una humedad específicas.

*Fuente: Grupo Ad Hoc de los Estados Participantes en la Convención sobre la Prohibición de Desarrollo, Producción y Almacenamiento de Armas Bacteriológicas (Biológicas) y Toxinas y sobre su Destrucción, "Plan Pathogens Important for the BWC", Working Paper de Sudáfrica, Document BWC/AD HOCGROUP/WP.124. 3 de marzo de 1997, Sexta Sesión, Ginebra, 3-31 de marzo de 1997

4) Nanoterrorismo: próxima generación del terrorismo? ^{13, 14, 15, 16}

La Nanotecnología es la tecnología de lo pequeño, tecnología atómica, tecnología gris o tecnología molecular. Su escala de trabajo está entre un nanómetro (1nm) y cien nanómetros (100nm). Un nanómetro equivale a 10^{-9} metros, es decir, una milésima de millonésima de metro. La nanotecnología se define como una ciencia que se encarga de diseñar, controlar y/o modificar la materia orgánica e inorgánica, a través de la manipulación de sus componentes en un rango que oscila entre un submicrón hasta dimensiones atómicas individuales o moleculares (0.1nm y 100nm).

La nanotecnología abarca tres grandes campos de investigación y desarrollo:

Nanotecnología seca: Se deriva del estudio de la física de superficies y la fisicoquímica de materiales. Se emplea en la construcción de estructuras, usando como materia prima átomos de carbono, silicio, óxidos metálicos y materiales inorgánicos, aprovechándose la propiedad de los electrones de ser altamente

reactivos en estos compuestos, sobre todo en ambientes húmedos, lo que los hace prometedores para la fabricación de dispositivos con capacidad de ensamble y autoensamble in vivo y exvivo. Por ejemplo, diseño de nanotubos con aplicaciones en nanoelectrónica y nanomedicina o construcción de ensambladores y autoensambladores moleculares para múltiples aplicaciones industriales.

Nanotecnología húmeda: su desarrollo está dirigido básicamente a la investigación de sistemas biológicos de escala nanométrica, tales como el material genético, enzimas, hormonas, proteínas y componentes celulares en general (nanobiotecnología y nanobiología)

Nanotecnología computacional: En ella encontramos la computación cuántica y la orgánica o molecular. También abarca los campos de simulación y modelado de nanoestructuras, como son nanocircuitos y nanotransistores. Combina la nanotecnología seca y húmeda.

El número de aplicaciones de esta disciplina es muy amplio, pero dado el tema que estamos tocando, nos enfocaremos en unas pocas que tienen carácter dual, por un lado pueden traer una mejora en la calidad de vida de las poblaciones, mientras que si son mal empleadas pueden traer destrucción.

a) En primer lugar no podemos dejar de mencionar todos los avances que trae la nanotecnología a la medicina, en tal caso, hablaríamos de nanomedicina. Algunos ejemplos actuales que se están empezando a ensayar con finalidad terapéutica son:

- Construcción de nanorobots médicos, compuestos por unas pocas moléculas que se usarían para realizar diferentes tareas como la reparación de vasos sanguíneos, la destrucción de células cancerígenas o la construcción de tejidos nerviosos átomo por átomo para terminar con una parálisis.
- Diseño de vacunas a través del ensamblaje de partículas a nanoescala que puedan dirigirse a determinadas partes del cuerpo o a virus específicos en la sangre.
- Llegada de medicamentos a zonas específicas del cuerpo y diagnóstico de enfermedades más eficientes.
- Vitaminas en spray que se absorben directamente en la piel más rápidamente que si se tomaran por vía oral.

Sin embargo la nanomedicina también permite trabajar con microorganismos a nanoescala para producir nanoarmas biológicas: ejércitos de nanomáquinas especializadas en matar a un determinado objetivo según su ADN o crear vectores virales letales superiores a los actuales.

b) Desde el punto de vista de la defensa también se están desarrollando nuevas aplicaciones “nano”, que tienen como objetivo la seguridad y la protección. Es el caso por ejemplo de los “uniformes inteligentes”, que pueden brindar apoyo externo a través de nanosensores que controlan y aseguran continuamente la salud del soldado que los lleva cuando resulte herido, o aquellos trajes hechos con nanomateriales que lo protejan por ejemplo de la radioactividad.

Otros ejemplo que tienen que ver con los sistemas de defensa y que mejorarían todo el ámbito de las comunicaciones son: nanosensores que aumentan la capacidad de los satélites y las estaciones terrestres, y que permiten observar la superficie mediante lentes que funcionan como el ojo humano; los nanomicrofonos que eliminan el ruido de fondo de un campo de batalla limpiando las comunicaciones; la detección de campos magnéticos débiles, como el de un rifle o el de un submarino, capaces de activar medidas defensivas anticipadas que neutralicen un ataque; o técnicas nanotecnológicas que disminuyen el estrés de los soldados y aumentan su capacidad de movimiento en el campo de batalla.

Sin embargo, como en el caso de la nanomedicina, en el campo de la defensa también tenemos que hablar de esa otra cara de la moneda menos pacífica.

Ya es un hecho que la introducción de la nanotecnología en cada área tecnológica, industrial sanitarias o ambiental está cambiando el panorama internacional al mismo tiempo que despeja el camino para la fabricación y empleo de un nuevo tipo de armas militares, (nanoarmas) accesibles a cualquier país o grupo terrorista en parte porque los materiales necesarios para su fabricación están por todas partes. Estas nanoarmas, son mucho menos costosas, más rápidas y mucho más pequeñas que cualquiera de las que existen hoy en día en circulación. Asimismo, darán menos tiempo de respuesta a un ataque y mejorarán la capacidad de dirigir con mucha más precisión la destrucción de los recursos enemigos. Aunque mejorarán las defensas de los países pioneros, las nanoarmas cambiarán las reglas de disuasión y los esquemas de poder mundial. Este panorama nos expone ante una nueva forma de guerra y por qué no, de terrorismo: el nanoterrorismo.

Posibles ejemplos:

- Balas inteligente, es decir, balas a las que se le añaden sensores y tecnología informática para permitir que se trasladen con mayor precisión.
- Lanzamiento de nanorobots de guerra desde un avión sobre el campo enemigo, con capacidad de dañar la electrónica adversaria, infiltrarse en el cuerpo de soldados o dormir en su sangre hasta que son activados por señal.

En general, podemos afirmar, que tanto la ingeniería genética como la nanotecnología pueden hacer mucho bien por la población en general, ya que son muchas las ventajas que se derivan de su uso. A nivel individual y como hemos visto, pueden mejorar nuestra salud y nuestra vida diaria y pueden, asimismo y a nivel colectivo, mejorar la capacidad defensiva de un país.

Sin embargo existe también una parte negativa asociada a su uso, por un lado, hay que contar con la existencia de diversos grupos radicales que se oponen al avance tecnológico aunque éste traiga un beneficio sobre los seres humanos. Un caso reciente es el del grupo anarquista internacional Individualidades Tendiendo a lo Salvaje (ITS) que fue responsable del paquete bomba que estalló el pasado ocho de agosto en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) en el Estado de México y que ha herido a dos nanotecnólogos.

Tales sucesos siempre traen un “recordatorio” de la importancia del trabajo conjunto de los diferentes sectores, de la rápida notificación a las autoridades sobre cualquier situación irregular o sospechosa y además fuerzan a revisar, actualizar y fortalecer continuamente los protocolos de seguridad. Asimismo cada país, debería evaluar las consecuencias del desarrollo de esta disciplina (desde todos los ángulos y tratando de meter en la ecuación a todos los actores que pueden estar implicados), y considerar las necesidades legislativas, es decir, las políticas que controlan la nanotecnología, preparando a las sociedades para hacer frente a estos avances.

Por otro lado, las armas basadas en estas tecnologías tendrán una capacidad de destrucción masiva superior a la de las armas nucleares, químicas y biológicas; y no sólo las nuevas generaciones de armas sino que las armas ya existentes, que pueden aumentar su capacidad de destrucción hasta límites insospechados. En el caso de la nanotecnología, puesto que se desconocen los efectos de las partículas extremadamente pequeñas y sintéticas sobre el medioambiente y la salud, esto nos lleva a preguntarnos cuál podría ser su efecto tóxico si se liberaran. De hecho, numerosas compañías de seguros ya han expresado su preocupación por los riesgos que implica el uso de esta nueva tecnología.

A modo de ejemplo práctico, se puede mencionar la activa participación de varios equipos de investigación españoles en un proyecto estratégico llevado a cabo recientemente: NanoSost (“Hacia una Nanotecnología Responsable, Segura y Sostenible”). Es un proyecto de cooperación público-privada financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, cuyo objetivo es establecer las bases científicas y técnicas para garantizar un uso seguro de la nanotecnología a través del estudio de las repercusiones de la manipulación de nanomateriales para la salud y el medio ambiente y poniendo en conocimiento tanto de los trabajadores como de los consumidores todos los aspectos relacionados con la prevención y la seguridad a la hora de manejar nanopartículas y materiales nanoestructurados.

El proyecto se subdivide en siete áreas que abarcan los principales aspectos de la gestión de riesgos: identificación y evaluación, prevención y control y comunicación.

SP1) Caracterización, metrología y referencias

SP2) Riesgo químico

SP3) Riesgos para la salud

SP4) Bases científicas para medición del riesgo

SP5) Bases científicas para el control del riesgo

SP6) Materiales para aplicaciones barrera

SP7) Bases técnicas para la gestión del riesgo

Existe otra preocupación a la vista relacionada con las nuevas aplicaciones de la nanotecnología, que es cómo puede influir sobre la seguridad alimentaria, es decir, qué efecto tiene sobre la agricultura industrial o en la forma en que nuestros alimentos se cultivan, se producen, se procesan, se envasan e incluso se comen. Y más concretamente, cómo estas aplicaciones pueden estar relacionadas de alguna manera con el terrorismo alimentario. A modo práctico también hay que mencionar en este caso, la presencia en España de la Agencia de Seguridad Alimentaria, encargada entre otros aspectos de dar solución a estas cuestiones.

Por otra parte, en el caso de la ingeniería genética, un tema que preocupa a la población es la confidencialidad y privacidad de información genética individual. Sin embargo, en España existe un marco jurídico básico y común, que garantiza la protección de los derechos de los pacientes en el marco de medicina individualizada. Así se establece, con carácter general, la obligación de confidencialidad de la información genética, incluso de los familiares, y la prohibición de discriminación por razones genéticas.

Éstos son sólo unos pocos ejemplos de las preguntas que surgen con la aparición de las nuevas tecnologías genéticas y “nano”, sobre todo en un mundo que se ve obligado a evolucionar ya no de forma paralela al terrorismo sino anticipándose a cada movimiento o cambio del mismo, ya sea en forma de terrorismo genético, nanoterrorismo o cualquier otra forma que adopte. Sin embargo toda la comunidad internacional está cada vez más concienciada y más informada sobre este asunto y está trabajando en las distintas áreas de forma mucho más coordinada, mejorando las técnicas de prevención, de detección y de control de cualquier intento de atentar contra la población y si no erradicando, sí neutralizando muchas de las amenazas o riesgos a los que nos enfrentamos.

Bibliografía

1. Seguridad biológica. D. Fernando Soteras Escarpín. Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado
2. Impactos de la aplicación de las nuevas tecnologías para el tratamiento de la información genética en la investigación biomédica y la práctica clínica. Fernando Martín Sánchez; Guillermo López Campos; Víctor Maojo García. Unidad de Bioinformática del Instituto de Salud Carlos III y Grupo de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.
3. Aplicaciones presentes y futuras de las tecnologías genómicas en Medicina. Fernando Martín. Instituto de Salud Carlos III.
4. Bioterrorismo: la amenaza latente. Ignacio Ibáñez Ferrándiz. Serie de Documentos de Trabajo del Instituto de Estudios Europeos. 2005
5. Bioinformática. Fernando Martín. Instituto de Salud Carlos III
6. National Research Council. "Biotechnology Research in an Age o Terrorism: Confronting the dual use dilemma", National Academies Press, Washington DC, 2003.
7. Nuevas amenazas biológicas del siglo XXI. Luis Enrique Martín Otero. Documento de opinión. Nº39. 2011
8. Nuevos riesgos para la sociedad del futuro. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Cuadernos de estrategia 120.
9. Biotecnología e ingeniería genética. Sigrid Mennickent¹, Mario Suwalsky. Departamento de Farmacia, Facultad de Farmacia. Universidad de Concepción
10. Fundamentos de epidemiología: el arte detectivesco de la investigación. Francisco Hernández-Chavarría. EUNED 2002
11. La guerra contra el campo. Agroterrorismo: la biotecnología como arma. Publicado en <http://gentealternativa.galeon.com/>
12. Transformación tecnológica. Grupo ETC, Dag Hammarskjöld Foundation y Editorial Nordan-Comunidad. 2002. Página web: www.etcgroup.org

13. Nanobioética, nanobiopolítica y nanotecnología. Jairo E. Márquez D. Artículo de reflexión. Salud Uninorte. Barranquilla (Col.) 2008; 24, (1): 140-157.
14. Portal de la Ciencia: "Nanotecnología: nueva carrera armamentística?" Jorge Pedro Ricagni
15. Tendencias 21: "La nanotecnología promete armas más destructivas que las nucleares". Yaiza Mtnez.
16. El universal: "Especialistas llaman a regular nanotecnología".

Páginas web revisadas:

- Proyecto NanoSost: <http://www.nanosost.es/>
- Portal de la ciencia: www.portaldelaciencia.net
- Gente alternativa: <http://gentealternativa.galeon.com/>
- Proyecto Genoma Humano: <http://www.ornl.gov/sci/techresources/>
- El universal: www.eluniversal.com.mx
- Tendencia 21: <http://www.tendencias21.net/>

Fuentes de noticias:

- Responsible Nanotechnology: <http://crnano.typepad.com/crnblog/>
- NanotechWire: <http://www.nanotechwire.com/>
- Nanotechnology Now: <http://www.nanotech-now.com/>
- SmallTimes: <http://www.electroiq.com/nanotech.html>
- Azonano: <http://www.azonano.com/>
- Nanosingularity: <http://nanosingularity.wordpress.com/>
- Euroresidentes: <http://www.euroresidentes.com>