

ÍNDICE

- **INTRODUCCIÓN**

- **LOS GENES: PRIMEROS INTENTOS DE LA INGENIERÍA GENÉTICA**
- **ADN RECOMBINANTE**
- **APLICACIONES:**
 - ♦ **AGRICULTURA**
 - ♦ **ALIMENTACIÓN (MONSANTO)**
 - ♦ **GANADERÍA**
 - ♦ **TERAPIA GÉNICA**
 - ♦ **OTRAS APLICACIONES**

- 3. **BENEFICIOS Y RIESGOS**

- 4. **GENOMA HUMANO**

- ♦ **CIENTÍFICAMENTE**
- ♦ **ÉTICAMENTE**

- 5. **SALUD**

- 6. **CASOS**

- 7. **PUNTO DE VISTA ÉTICO:**

- ♦ **¿HA DE ESTAR AMPARADA POR LA LEY?**

- 8. **CONCLUSIÓN:**

- ♦ **ENCUESTA**
- ♦ **OPINIÓN**

- 9. **BIBLIOGRAFÍA**

- **INTRODUCCIÓN**

La ingeniería genética consiste en la manipulación del ácido desoxirribonucleico, o ADN. En este proceso son muy importantes las llamadas enzimas de restricción producidas por varias especies bacterianas. Las enzimas de restricción son capaces de reconocer una secuencia determinada de la cadena de unidades químicas que forman la molécula de ADN, y romperla en dicha localización. Los fragmentos de ADN así obtenidos se pueden unir utilizando otras enzimas llamadas ligasas. Por lo tanto, las enzimas de restricción y las ligasas permiten romper y reunir de nuevo los fragmentos del ácido. También son importantes en la manipulación de éste los llamados vectores, partes de ADN que se pueden auto-replicar con independencia del ADN de la célula huésped donde crecen. Estos vectores permiten obtener múltiples copias de un fragmento específico de ADN, lo que hace de ellos un recurso útil para producir cantidades suficientes de material genético con el que trabajar. El proceso de transformación de un fragmento de ADN en un vector se denomina clonación, ya que se producen copias múltiples de un fragmento específico de éste. Otra forma de obtener muchas copias idénticas de una parte determinada de ADN es la reacción en cadena de la polimerasa, de reciente descubrimiento. Este método es rápido y evita la clonación de ADN en un vector.

El redescubrimiento de las leyes de Mendel ha llevado a la genética a un progreso espectacular. Dos hitos fundamentales han sido: **a)** la determinación del ADN (ácido desoxirribonucleico) como la

molécula de la herencia de los caracteres y **b)** el descubrimiento de su misma estructura. Estos avances han motivado e impulsado la manipulación e instrumentación de la ingeniería genética.

El término de ingeniería genética se emplea en doble sentido. En un sentido amplio, se utiliza para expresar cualquier manipulación de la vida o intervención en la naturaleza humana. Incluiría las técnicas de fecundación e inseminación artificial, clonación y diagnóstico prenatal. Pero en sentido estricto, significa la intervención directa en la estructura genética de un ser viviente. Se trata de un conjunto de técnicas capaces de intervenir en la sustitución o aumento de nuevos genes en el código genético. Las posibilidades que abren estas intervenciones son de extrema importancia.

En ingeniería genética, los científicos utilizan ***enzimas de restricción** (1) para aislar un segmento de ADN que contiene un gen de interés, por ejemplo, el gen que regula la producción de insulina. Después (2), un plásmido extraído de su bacteria y tratado con la misma enzima de restricción puede formar un híbrido con estos extremos 'pegajosos' de ADN complementario. A continuación (3), el plásmido híbrido se reincorpora a la célula bacteriana, donde se replica como parte del ADN celular. Finalmente (4), se puede cultivar un gran número de células hijas y obtener sus productos genéticos para uso humano.

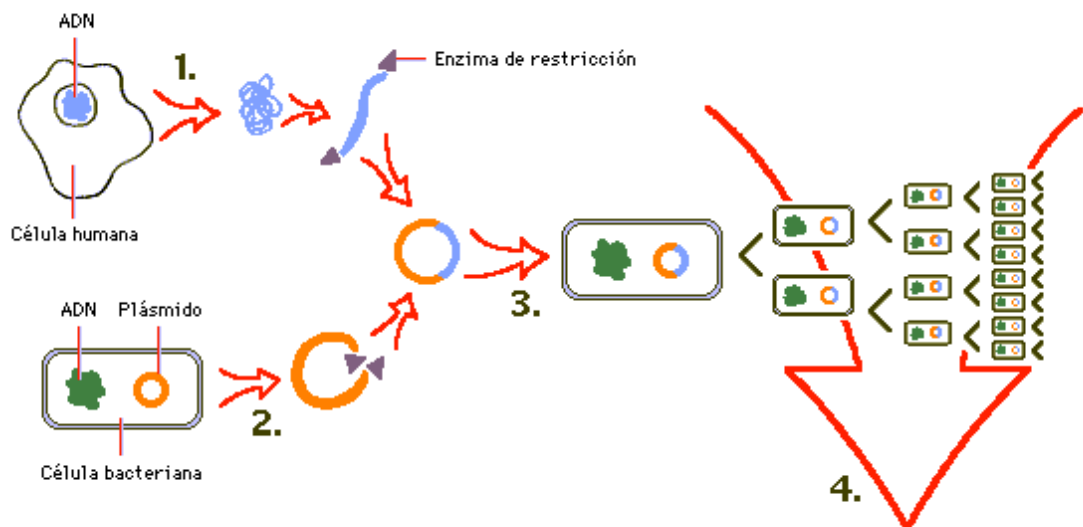
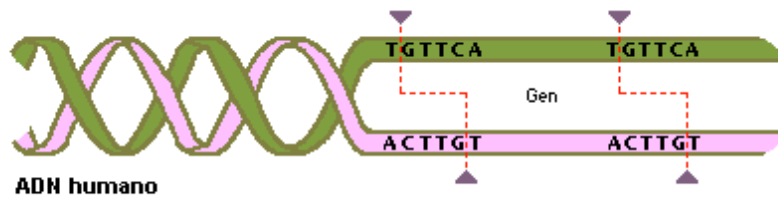


Ilustración de Microsoft

(*) Enzimas de restricción

Las enzimas de restricción, que son producidas por varios tipos de bacterias, reconocen secuencias específicas de ADN e interrumpen la doble cadena donde aparece dicha secuencia. El tratamiento del ADN de dos organismos diferentes con la misma enzima de restricción produce fragmentos complementarios, o fragmentos con extremos que se acoplan. Estos se pueden combinar en una molécula de ADN híbrida, que si forma parte de una célula viva, expresa rasgos de ambos progenitores.

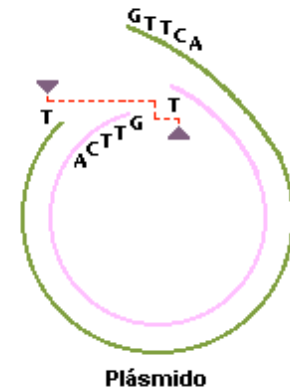


Una **enzima de restricción** (▼) siempre rompe una secuencia de nucleótidos en el mismo lugar (en este ejemplo, entre la timina y la guanina en la secuencia TGTTC A).

La misma secuencia puede aparecer en el ADN de muchos organismos, o muchas veces en una cadena de ADN.

Un **plásmido** es una molécula circular adicional de ADN que se encuentra en casi todos los tipos de bacterias.

Ilustración de Microsoft



Los genes: primeros intentos de la Ingeniería Genética

Toda célula contiene en su núcleo los cromosomas característicos de su especie, que son los responsables de la herencia. Esquemáticamente habría que decir que cada cromosoma contiene millones de moléculas, agrupadas en unidades funcionales que constituyen el gen. A todo este conjunto se le denomina con el nombre de ADN, siglas del ácido desoxirribonucleico, y genoma será el término utilizado para indicar todo el ADN de una célula. Se calcula que en el hombre podrían existir alrededor de unos 100.000 genes, de los que en torno al millar han podido ser localizados en los respectivos cromosomas, aunque se espera que a finales de siglo, se llegue a obtener un mapa completo del genoma humano. Entre las técnicas mas utilizadas está la posibilidad de cortar un fragmento del ADN, correspondiente a un determinado gen, para introducirlo, con determinados procedimientos, en el ADN de una bacteria y formar un ADN recombinante, capaz de producir, con una rapidez mucho mayor que en organismo humano, una proteína concreta.

ADN recombinante

Todo organismo esta formado por células. Su numero es muy variable: las bacterias, están constituidas por una sola célula, otros como el cuerpo humano, contiene millones. Y si es variable el número de células de un organismo vivo, mucho más lo es su dimensión.

En el interior de las células se encuentra el núcleo, que en los seres superiores está rodeado de una membrana que lo aísla. Y en el seno del núcleo se hallan los cromosomas, partículas en forma de granos o filamentos. El cuerpo humano posee 46 cromosomas.

Los cromosomas son los responsables de la transmisión de la herencia. En el siglo pasado, Mendel demostró que la transmisión de los caracteres hereditarios era regulada por un factor que residía en la célula. A este factor se le denominó gen. Un gen es, pues, una unidad, y un cromosoma, un conjunto de genes.

La ingeniería genética comienza cuando se llega a conocer la estructura y función de los genes, cuando se consigue su aislamiento o su inserción en el ADN de células pertenecientes a otras especies. Se llama recombinación genética al fenómeno del intercambio de ADN. La técnica consiste en aislar un gen, animal o vegetal, de una célula para insertarlo después en el cromosoma de otra.

Cuando ésta se reproduce, lo hace también el gen añadido. Y así es posible que de una sola bacteria transformada puedan surgir millones que contengan ya el gen introducido. El ADN recombinante surgió en el año 1.971.

En estas manipulaciones están incluidas:

- ◆ Recombinaciones genéticas: la recombinación del ADN o recombinación de genes
- ◆ Clonación del ADN: introducción de un fragmento de ADN, dentro de un ADN vector, que puede ser una bacteria o virus, célula huésped, o un animal para su manipulación y consecutiva expresión bajo la forma de producción de la proteína deseada.
- ◆ Fusiones celulares: cultivos continuos de células fusionadas productoras de anticuerpos con especificidad predeterminante.

La ingeniería genética está dejando de ser, a una velocidad alarmante, una técnica de laboratorio para convertirse en un proceso comercial. En este proceso, el material genético puede ser transferido entre organismos de especies no relacionadas, una habilidad que ha sido apropiada por la industria, como un método para introducir nuevas características en las plantas, animales y microorganismos. Se pretende que muchos de ellos sean producidos comercialmente a gran escala, originando la liberación al ambiente de enormes cantidades de organismos vivientes "diseñados".

Lo ideal de recurrir a la ingeniería genética es que la utilicen para prevenir o corregir enfermedades serias. El problema es que la ciencia sigue progresando a velocidad de un tren bala, llegando a menudo a una estación determinada mucho antes de que hayan podido analizarse y comprenderse a fondo todas las consecuencias derivadas de los adelantos.

Esta técnica abre la puerta a posibilidades de experimentación mucho más complejas y que pondrían en grave peligro tanto la dignidad como la supervivencia de la especie humana. También en este campo la humanidad puede verse afectada no ya por medio de la manipulación directa sobre su patrimonio genético, sino mediante la transformación genética de especies vegetales fundamentales para su supervivencia o mediante la liberación irresponsable en el medio ambiente de microorganismos mutados genéticamente. La supervivencia de la especie humana y los derechos de todo hombre a ser único e irrepetible, a poseer un patrimonio genético inviolado y a preservar la privacidad de ese patrimonio son los valores fundamentales que están en juego.

El debate ético sobre el punto recién se inicia. Con argumentos que minimizan los riesgos o señalan que vale la pena correrlos, la postura favorable a la posibilidad de alteración del **genoma** reivindica el derecho de la humanidad de dominar su propio destino contribuyendo, por todos los medios a su alcance, a tratar de mejorar su calidad de vida.

James Watson y Francis Crick descifraron en 1.953 la estructura del ADN.

• APLICACIONES

El principal avance de la Ingeniería Genética consiste en la capacidad para crear especies nuevas a partir de la combinación de genes de varias existentes, combinando también por lo tanto sus características. Cultivos con genes de insectos para que desarrollen toxinas, insecticidas, o tomates con genes de pez para retrasar la marchitación han dejado hace tiempo de ser ciencia-ficción para constituir una realidad en nuestros días.

Permitir el cultivo de hortalizas en áreas desérticas hasta ahora estériles o aumentar el tamaño de los frutos cultivados son algunos de los adelantos que la utilización de este tipo de técnicas pueden aportar a la Humanidad, con los logros que supone hacia la erradicación del hambre en el Mundo. Lo que no se ha definido todavía es cómo compatibilizar estos objetivos con los intereses económicos de

las empresas de biotecnología que los desarrollan.

La ingeniería genética tiene un gran potencial. Por ejemplo:

- El gen para la insulina, que por lo general sólo se encuentra en los animales superiores, se puede ahora introducir en células bacterianas mediante un vector. Después la bacteria puede reproducirse en grandes cantidades constituyendo una fuente abundante de la llamada **insulina recombinante** a un precio relativamente bajo. De esta forma, la producción de insulina no depende del variable suministro de tejido pancreático animal.
- Fabricación de **factor VIII recombinante**, el factor de la coagulación ausente en pacientes con hemofilia. Casi todos los hemofílicos que recibieron factor VIII antes de la mitad de la década de 1980 han contraído el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) o hepatitis por la contaminación viral de la sangre utilizada para fabricar el producto. Desde entonces se realiza la detección selectiva de la presencia de VIH (virus de la inmunodeficiencia humana) y virus de la hepatitis C en los donantes de sangre, y el proceso de fabricación incluye pasos que inactivan estos virus si estuviesen presentes. La posibilidad de la contaminación viral se elimina por completo con el uso de factor VIII recombinante.

Algunos de los usos de la ingeniería genética son el aumento de la resistencia de los cultivos a enfermedades, la producción de compuestos farmacéuticos en la leche de los animales, la elaboración de vacunas, y la alteración de las características del ganado.

El llamado enfoque reduccionista de la ingeniería genética consiste en elaborar soluciones para remediar problemas causados por una mala utilización de los recursos naturales.

Aplicaciones en la agricultura

Hasta hace apenas cinco años, la ingeniería genética parecía algo imposible de alcanzar. Ahora es una realidad. Ya es posible extraer los genes de una planta e introducirlos a otras de diferentes especies.

El material genético de las plantas es similar al de los animales. No hay ninguna razón para pensar que no se puede extraer un trozo de material genético de una planta para inyectarlo en la semilla de otra. La clonación también se puede desarrollar en las plantas. Se ha descubierto que cualquier célula individual de una planta lleva en sí toda la información genética para desarrollar la planta entera. Es decir, a partir de cualquier célula de la planta nace una nueva con información necesaria para crear sus raíces, hojas, flores y frutos. A partir de una planta pueden crearse innumerables plantas exactamente iguales, con las mismas características.

La manipulación genética de plantas ofrece la posibilidad de modular la expresión de genes específicos, que son importantes para un cierto proceso metabólico. Abre las puertas a progresos que pueden incluir:

- ♦ Nuevos compuestos para prevenir las enfermedades más dañinas de las plantas y de los animales.
- ♦ Sustancias para regular el crecimiento animal y vegetal, y reducir el uso de insumos escasos.
- ♦ Animales con mejores características productivas físicas y nutricionales.
- ♦ Métodos nuevos y menos costosos de producir insumos agrícolas.
- ♦ Y aunque probablemente sea dentro de bastantes años, algún día podremos ser capaces de producir maíz fijador de su propio nitrógeno, extrayéndolo del aire.
- ♦ Pensemos en el impacto que estos logros producirán sobre el abastecimiento del petróleo y sobre las economías mundiales.

A medida que se avance se permitirá ver y separar los genes de las plantas y trasladarlos de una

especie a otra, en lugar de cruzarlas simplemente, como se hacía antes. Con esta nueva tecnología será posible lograr avances extraordinarios y alcanzar en pocos meses lo que antes los criadores de plantas demoraban cinco años o más, esperando el resultado del cultivo en terreno.

Se está convirtiendo en una industria de enormes dimensiones, uno de cuyos campos de aplicación más preocupantes es la alimentación, la producción de alimentos e ingredientes alimentarios a partir de organismos modificados genéticamente. Ha roto los límites naturales, permitiendo el intercambio de genes entre especies totalmente diferentes, a pesar de que se desconocen los riesgos de estos experimentos para la salud humana y para el medio ambiente.

Por ejemplo, muchas plantas poseen la habilidad de desarrollar resistencia a los plaguicidas cuando estos se aplican con mucha frecuencia. Un aumento en estas aplicaciones creará un "**circulo vicioso**", que hará necesario usar cada vez más plaguicidas para lograr los mismos efectos. Al mismo tiempo se acumularían niveles peligrosos de residuos en las cosechas destinadas al consumo humano, con los consiguientes daños para la salud. Otro peligro es que la planta manipulada genéticamente, se puede transformar a su vez en una maleza.

Otras manipulaciones genéticas en agricultura, son el **uso de insecticidas** que utilizan organismos manipulados genéticamente y también la creación de plantas que generan sus propios insecticidas. Pero igual que en las plantas, el uso constante y repetido de insecticidas hace que los insectos desarrollen resistencia a los insecticidas, incluso a los más poderosos. También se ejerce en ellos una fuerte presión selectiva, que puede originar "**súper insectos**", complicando así su control.

Otro tipo de experimento es la producción de **variedades de plantas** resistentes a virus, hongos y bacterias. Se señala que existe evidencia científica de que la manipulación genética para crear plantas resistentes a los virus podría producir nuevos virus, potencialmente más potentes que los originales.

Alimentación

Nuevos y extraños alimentos jamás pensados por la naturaleza ya están apareciendo en tu supermercado. Los efectos de estos alimentos aún no se conocen completamente y algunos ya han tenido un efecto devastador en la salud.

La ingeniería genética (transgénica) ha dejado de ser una técnica de laboratorio para convertirse en una industria comercial de enormes dimensiones. El campo que mayor interés ha captado entre las multinacionales ha sido el de la alimentación, y más concretamente el de la agricultura. La ingeniería genética ha roto los límites: genes de escorpión en el maíz o el tomate, genes sintéticos en la soja, genes de rata en tabaco o truchas, genes de polilla de patata, genes humanos en salmones, cerdos o arroz, virus en melón o calabaza, etc.

Los motivos para la modificación genética son principalmente comerciales y políticos, sin tomar en cuenta la salud y la nutrición.

Las mismas multinacionales químicas que desde hace décadas nos envenenan con sus pesticidas tóxicos, que contaminan nuestro entorno (aguas, suelo y atmósfera), destruyen la capa de ozono, o crean armas químicas; son las que controlan la mayor parte de este negocio de billones de dólares.

Se indica que las grandes corporaciones involucradas en la producción de cosechas genéticamente manipuladas, postulan que debido al aumento de la población mundial, ésta no podrá ser alimentada a menos que se utilice la ingeniería genética para mejorar el rendimiento de los cultivos, pero en la práctica, se señala que tal forma de producción sólo aumentará la dependencia de sustancias químicas ecológicamente dañinas utilizadas en la agricultura industrial y acelerará la evolución de malezas e

insectos resistentes a pesticidas y fertilizantes.

♦ **Monsanto** (la gran multinacional de la agricultura transgénica en España)
Tristemente famosa por ser la productora del "agente naranja" usado como defoliante en la guerra de Vietnam, y que aún hoy sigue siendo una pesadilla para los habitantes de ese país. También fue una de las principales productoras de los cancerígenos que en la actualidad pueden encontrarse en prácticamente todos los organismos y partes de mundo. Actualmente cuenta con unos ingresos que superan el billón de pesetas al año.

Monsanto se está convirtiendo en la mayor multinacional biotecnológica del mundo. Su nuevo invento es la creación por medio de ingeniería genética de "cultivos de diseño". La mayoría de sus investigaciones van encaminadas a conseguir variedades de cultivos resistentes a sus herbicidas, lo que permite incrementar el uso de éstos.

El gobierno de EE.UU. que siempre ha mostrado una actitud protectora y permisiva con sus multinacionales químicas, ha amenazado a la UE con una guerra agrícola en caso de cualquier tipo de impedimento o etiquetamiento a sus productos alimenticios **transgénicos**.

Además del riesgo para la salud, los organismos de ingeniería genética suponen que sería un riesgo para el medio ambiente.

Con motivo de todo este revuelo, el pasado mes de febrero se publicó en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el **Reglamento (CE) N° 258/97** sobre *Nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios* que tiene por objeto la puesta en el mercado de la Comunidad de nuevos alimentos y de nuevos ingredientes alimentarios. El Reglamento se aplicará a los **alimentos e ingredientes alimentarios que contengan organismos modificados genéticamente**, que consistan en dichos organismos, o que hayan sido producidos a partir de ellos pero que no los contengan:

Los alimentos e ingredientes alimentarios contemplados en el Reglamento no deberán suponer ningún riesgo para el consumidor ni inducir a error al consumidor.

Serán sometidos a una evaluación de seguridad única antes de ser puestos en el mercado. Por otra parte, debido a que es posible que vayan asociados riesgos para el medio ambiente, para dichos productos deberá efectuarse una evaluación de riesgo medioambiental.

Cuando un nuevo alimento o ingrediente alimentario deje de ser equivalente a un alimento o ingrediente alimentario existente, se establecerán requisitos específicos en materia de etiquetado para así garantizar al consumidor la información necesaria sobre la composición, el valor nutritivo y el uso a los que el alimento está destinado. Los requisitos exigidos a todas las productoras de alimentos son los siguientes:

- La etiqueta deberá indicar las características o propiedades modificadas y el método por el cual se ha obtenido dicha característica o propiedad.
- Se deberá informar igualmente al consumidor de las consecuencias de dichos productos para la salud.
- Se establece que para dichos productos modificados genéticamente debe efectuarse siempre una evaluación de riesgo medioambiental.
- Se ha presentado una propuesta que pretende que se incluya la siguiente información en el etiquetado:

- ◆ Etiquetas específicas para los organismos genéticamente modificados que quieran introducirse en el mercado.
- ◆ Ciertos datos moleculares que serían incluidos en un registro.

Es de esperar que según aumente el número de autorizaciones para productos que contengan organismos genéticamente modificados, aumentará la complejidad de la evaluación del riesgo.

Aplicaciones en la ganadería

Introduciendo determinados genes a un mamífero, se puede lograr que su leche produzca diversas proteínas de uso médico. Una nueva tecnología que puede llegar a reemplazar los costosos reactores en que actualmente se cultivan bacterias o levaduras transgénicas con igual propósito.

La clonación de animales mamíferos, puede significar un gran avance para la medicina, por la producción de moléculas proteicas complejas, que son imposibles de sintetizar por ahora.

Existe una enorme posibilidad que acarrearía enormes beneficio: llegar a clonar animales transgénicos a los cuales se hubiese transferido un gene especial, que tuviese alguna ventaja terapéutica y comercial para el hombre. Con ello se reemplazarían los bio-reactores convencionales, que en la actualidad se utilizan para cultivar bacterias transgénicas que producen una proteína humana de uso médico. De este modo se reducirían los costos enormemente.

Los organismos transgénicos prometen estimular la productividad ganadera alterando la calidad nutritiva de carnes. Al introducir el ADN clonado en huevos fertilizados de animales se pueden desarrollar organismos superiores alterados genéticamente.

Los animales que hemos comentado con anterioridad se han utilizado en la creación de capas que secretan importantes proteína en la leche. El gen para el Activador Tisular de Plasminógeno (TPA), una proteína que disuelve los coágulos sanguíneos que provocan los infartos cardiacos se introdujo transgénicos; el gen para un factor de coagulación humano, en ovejas. Estos genes recombinantes se fusionaron con secuencias reguladoras de los genes de las proteínas de la leche y, se activan solamente en tejidos que intervienen en la producción de la leche y por ello se inactivan en otros tejidos. La ventaja de producir la proteína en leche es que se produciría en grandes cantidades con el simple hecho de dar leche al animal. Estos animales no son afectados por el gen, y debido a que la descendencia de estos animales también produce la proteína recombinante, se producirían nuevas cepas transgénicas con solo cruzar estos animales.

Hasta hace sollo unos pocos años, la posibilidad de producir proteínas humanas de uso médico en la leche de animales, a un costo razonable, parecía solo una fantasía. Ahora es ya una realidad. Con la ya logrado, sin duda que esta tecnología va a reemplazar a los grandes fermentadores de bacterias o levaduras transgénicas, que hasta ahora se han estado utilizando para ese propósito.

Esos bio-reactores son muy costosos, y su operación es muy sensible a pequeños cambios de temperatura, os molaridad o pH, o a variaciones de la composición del medio de cultivo en que las bacterias están creciendo. Además, los cerdos no necesitarían de nadie que los cuide y su leche estaría produciendo la proteína deseada. Sin embargo, es posible que exista algún riesgo en el sentido de gérmenes patógenos se transmitieran desde los cerdos a los seres humanos. Para ello habría que ser cuidadoso con el pedigrí de los animales, en el sentido que estuvieran libres de cualquier enfermedad conocida.

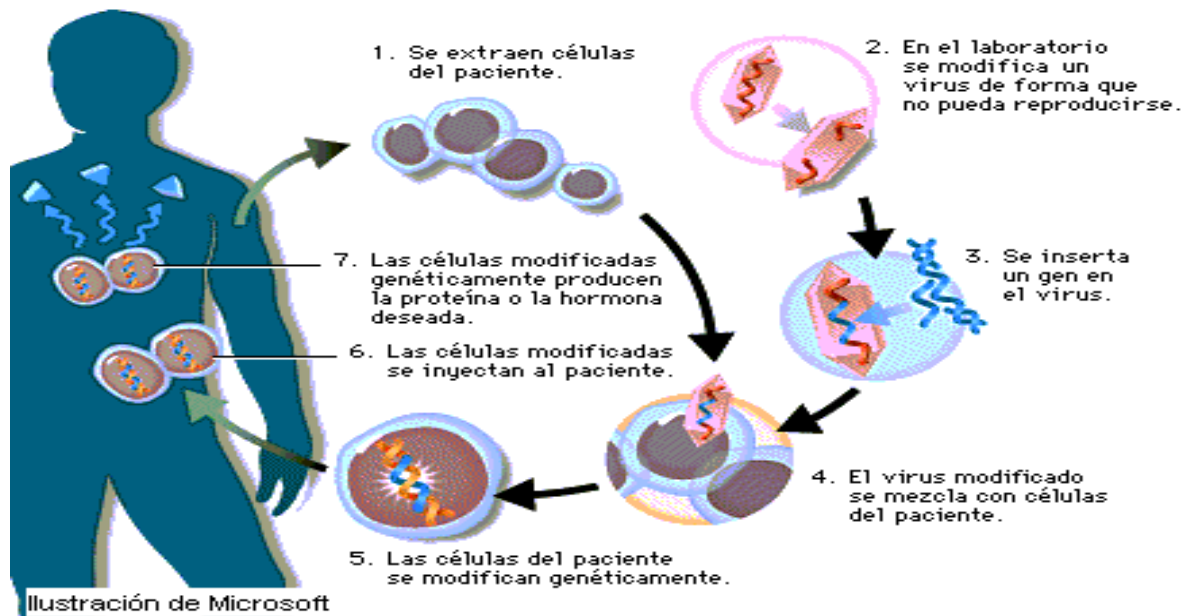
Sin duda que las proteínas producidas en esta forma requieren de un cuidadoso ensayo antes de utilizarse en la terapia humana. Actualmente es posible combinar las tecnologías de animales

transgénicos que originen una proteína en su leche, y las posibilidades de clonarlos para que sean muchos los que la produzcan.

Terapia génica

Los logros conseguidos y previstos llevan a pensar que la medicina del futuro va a orientarse no ya a curar a individuos enfermos. Se conocen mas de 4.000 enfermedades genéticas. Su causa última es siempre la alteración de un gen.

Consiste en la aportación de un gen funcional a las células que carecen de esta función, con el fin de corregir una alteración genética o enfermedad adquirida.



Se divide en dos categorías: **a)** alteración de las células germinales, es decir, espermatozoides u óvulos, lo que origina un cambio permanente de todo el organismo y generaciones posteriores. Este tipo de terapia no se considera en los seres humanos por razones éticas; y **b)** se denomina terapia somática celular y es análoga a un transplante de órganos. Uno o más tejidos específicos son objeto de la adición de un gen o genes terapéuticos en el laboratorio, junto con la reposición de las células tratadas en el paciente. Se han iniciado diversos ensayos clínicos de terapia genética somática celular destinados al tratamiento de cánceres o enfermedades sanguíneas, hepáticas o pulmonares.

La terapia genética o génica quiere llegar a un tratamiento radical y definitivo de las enfermedades hereditarias, corrigiendo o reemplazando el gen anormal. Las mayores posibilidades existen en las enfermedades monogénicas, es decir, las que dependen de un solo gen. Sin embargo en las enfermedades que dependen de varios genes, el problema es mucho más complicado. Hoy por hoy, no es técnicamente viable ni la modificación ni la sustitución del gen anómalo. El gen puede entrar en la célula y pasar a formar parte de su ADN. Pero la dificultad está en que el gen sano no reemplaza al gen alterado, sino que más bien se sitúa al azar en el ADN. Y así, puede situarse en un lugar incorrecto y dañar incluso a otros genes.

Ciertamente, todos estos experimentos con plantas y animales transgénicos se llevan a cabo con cautela. Y son muchas las protestas de quienes advierten sobre las consecuencias negativas de las mutaciones y los riesgos ecológicos que todo ello puede comportar. El hombre, creando nuevas especies de seres vivos, plantas o animales, ha empezado a competir con los mecanismos naturales de la evolución. Es posible que pronto pueda incluso guiar la evolución física de sí mismo y forjar así su futuro en el plano biológico. Esta posibilidad científica abre unos interrogantes éticos sumamente

complejos.

Como caso anecdótico, la revista **NATURE** publicó en 1984 el nacimiento de una ovicabra: una oveja que no es oveja y que, a la vez, es una cabra que no es cabra.

Otras aplicaciones

Las técnicas de ingeniería genética despiertan ya una fuerte esperanza para la mejora de cereales y leguminosas. La investigación se orienta para intentar conseguir que el nitrógeno atmosférico se convierta en orgánico y nutritivo sin el empleo de fertilizantes químicos, que encarecen y dificultan por ello la producción. De igual modo, con estos mecanismos de inserción podrían introducirse en las plantas genes que las dotaran de mayor resistencia y adaptabilidad a la dureza del clima, sequedad de la tierra, a otras infecciones, aumentando al mismo tiempo su capacidad de producción y la riqueza de sus elementos nutritivos.

Su aplicación resultará beneficiosa incluso para la purificación de los metales, como lo sería también para eliminar los peligros de las mareas negras mediante bacterias que se alimentarían precisamente de estos residuos oleosos.

En los casos de ingeniería celular no se trata de introducir un gen en otra célula, sino de sustituir el patrimonio genético de una con el de la otra. Este tipo de clonación ya se ha efectuado en algunos animales y ha servido para conocer mejor el mecanismo de la diferenciación.

• BENEFICIOS Y RIESGOS

Beneficios

Durante los últimos 10 años, la comunidad internacional se ha visto conmovida por los anuncios de espectaculares avances en el campo de la biología molecular, centrados, en el ámbito de la genética. Lo que hasta entonces parecía ser un territorio desconocido para el hombre, la clave del misterio mismo de la vida, de a poco comenzó a ser descubierto.

En la ingeniería genética se busca el conocimiento de lo que son los cada uno de los genes de un mapa genético. Esto no está tan lejos como parece, la capacidad de eliminar el factor azar de nuestro perfil genético esta cada vez mas cerca.

Los descubrimientos en materia genética son asunto de todos los días, hay bancos de datos que poseen la codificación parcial de más de la mitad de los genes humanos. Millones de nuevas entradas del código genético ingresan al banco público de genes del Centro Nacional de Información Biotecnológica.

En el campo de la medicina es dónde la ingeniería genética ha despertado mayores expectativas, y temores, con la esperanza de encontrar una terapia a muchas enfermedades que tienen su origen en una patología de los cromosomas o los genes. En teoría son posibles tres formas de intervención:

- A) Introducción de un gen en la célula para que corrija su anomalía.
- B) Modificación de un gen en el interior mismo de la célula para normalizarlo en sus funciones.
- C) Sustitución del gen o cromosoma anómalo por otro en buenas condiciones.

Semejante terapia genética podría realizarse sobre las células somáticas, cuya modificación no

afectaría en nada a la descendencia; o sobre las propias células germinales, lo que evitaría la transmisión de la enfermedad a los hijos.

En las circunstancias actuales, solo la primera de las tres intervenciones sería aplicable al hombre. La técnica del ADN recombinante, ha servido sin embargo, para detectar la presencia de genes anómalos en individuos que no han manifestado aún presencia de la enfermedad.

La técnica de recombinación del ADN ha producido ya buenos resultados en el campo farmacéutico y están abiertas las puertas para nuevas conquistas. Se ha conseguido la producción de distintas hormonas: la somatostatina, la insulina y la hormona del crecimiento humano. Antes la insulina se extraía principalmente del páncreas de los cerdos y del ganado. Desde 1.982 está industrializada la insulina de tipo humano mediante la técnica del ADN recombinante. La producción es mayor y mejor.

La ingeniería genética en el campo farmacéutico se orienta especialmente a conseguir hormonas, proteínas, compuestos antivirales, vacunas, que puedan utilizarse como fármacos contra las enfermedades humanas.

Puede ser totalmente normal la modificación de secuencias de las bases. Y no faltan tampoco quienes achacan al proyecto falta de interés científico. Sin embargo, la convicción más fuerte es que la secuencia del genoma humano tiene no solo un interés teórico para conocer la base biológica profunda del ser humano, sino que tendrá también muchas consecuencias para el desarrollo de la medicina y la biología. Entre estas consecuencias benéficas quizá la más importante es llegar a intervenir temprana y eficazmente en esas alrededor de 4.000 enfermedades genéticas. La identificación de los genes causantes de la enfermedad pueden permitir estudiar los mecanismos genéticos que lo desencadenan. Y un aspecto que reviste también cierto interés es la aportación del proyecto en el conocimiento del proceso evolutivo de nuestra especie.

Otra de las cuestiones que más preocupa a la comunidad científica tiene que ver con la liberación de organismos genéticamente modificados. Si bien éstos pueden aportar al mejoramiento de la productividad del planeta, son en realidad elementos nuevos incorporados al ecosistema, cuyo comportamiento y forma de interacción con especies ya existentes, al ser liberados, se desconocen.

La manipulación genética de animales para potenciar la producción de sustancias aprovechables industrialmente, o para aumentar su efectividad depredadora contra insectos y plagas, son otras de las aplicaciones con las que se está trabajando, así como aumentar la resistencia de los peces al frío, hacerles crecer más deprisa o ayudarles a resistir algunas enfermedades.

Los expertos advierten que detrás de las mejoras y nuevas aplicaciones se esconden también riesgos y peligros de notable importancia.

Riesgos

El negocio de la ingeniería genética está en manos de las grandes multinacionales agroquímicas y farmacéuticas, como Monsanto, Enimont, Du Pont, Ciba-Geigy, ICI y Sandoz. Sus intereses comerciales están haciendo a los investigadores intervenir directamente en procesos biológicos que apenas hemos empezado a comprender, y mucho menos a controlar.

Los peligros potenciales de la Ingeniería Genética son enormes. Las estructuras genéticas existentes han evolucionado a través de millones de años formando un ecosistema infinitamente complejo e interconectado. Ahora los científicos están estropeando este equilibrio delicado con cambios que no podrían ocurrir naturalmente. Esto se está haciendo extremadamente rápido sin suficiente cuidado para las posibles consecuencias.

Los organismos genéticamente modificados son los más peligrosos. No se pueden contener y sus efectos son irreversibles. Los peligros de la ingeniería genética incluyen comida de calidad baja, animales enfermos, insectos, organismos y enfermedades más virulentas, una biodiversidad más reducida, mayor contaminación del agua, el alimento y la tierra, y la alteración del equilibrio de la naturaleza. Con una ya mayor intervención científica en la producción alimentaria, se está haciendo más común la comida no sana y tóxica.

Esta tecnología ya ha despertado preocupación desde el punto de vista científico y socioeconómico:

- Podría resultar en algunos organismos peligrosos haciéndose resistentes a los antibióticos, y en las malas hierbas y los insectos haciéndose resistentes a los pesticidas y a los herbicidas.
- Podría accidentalmente crear nuevos venenos y enfermedades.
- Si cambiamos la estructura fundamental de un alimento, podría crear enfermedad.
- Las plantas tratadas genéticamente están dejando como resultado la contaminación de ríos y embalses.
- La modificación genética del ganado lleva a animales enfermos y sufrientes y a un alimento de ínfima calidad. Ya se están criando animales con enfermedades para experimentos y una vida de sufrimiento. Estos animales frecuentemente son enfermizos y tienen una vida más corta.
- Se están vendiendo semillas genéticamente modificadas, haciendo peligrar la biodiversidad de los cultivos a través de la pérdida de las semillas tradicionales.
- La contaminación biológica puede ser el mayor peligro resultante de la ingeniería genética. Nuevos organismos vivos, bacterias y virus serán soltados para reproducir, migrar y mutar. Pasarán sus nuevas características a otros organismos y nunca se podrán recuperar o contener.

La evidencia científica indica que las aplicaciones en gran escala de la ingeniería genética pueden:

- Ser dañinas para la salud humana.
- Amenazar al ecosistema mundial.
- Ser socialmente destructivas.

Estos peligros surgen debido a que la ingeniería genética de línea germinal altera los genes del embrión o células reproductivas de un organismo. En consecuencia, los genes alterados pasarán a todas las generaciones siguientes. Los errores y efectos secundarios causados por las manipulaciones genéticas entrarán en la base genética de esas especies y se perpetuarán creando nuevas enfermedades genéticas. Además los organismos modificados genéticamente pueden potencialmente tener enormes e imprevisibles efectos sobre el ecosistema. Habrá efectos mucho más dañinos penetrantes y de larga duración de los que produce la contaminación química o incluso la contaminación nuclear.

Esto equivale a contaminación genética y es una *invitación a una alteración ecológica desastrosa*.

• **GENOMA HUMANO**

Científicamente

Es evidente que el Proyecto Genoma conlleva múltiples interrogantes. Porque, si es posible conocer, situar, reponer los genes, puede serlo también trastocar genes para hacer individuos de una forma determinada o bien manipular a las personas. Sobre todos los avances de la ingeniería genética, es necesario proyectar la reflexión ética.

Cuando nace un ser humano, tiene ya escrito en sus células lo que va a ser. Se encuentra impreso, como hemos dicho, en el ADN, la molécula más extraordinaria que pueda existir. Aunque está

formado simplemente por cuatro elementos que se combinan formando los escalones de la doble hélice, el ADN marca las características del nuevo ser.

Los elementos llamados bases que forman la composición química del ADN se designan con las letras C, G, T, y A. Son las iniciales de las moléculas, citosina, guanina, timina y adenina. Cada uno de los filamentos del ADN contiene miles de veces estas letras combinadas en los órdenes más diversos. Y cada gen es también una larga palabra formada por dichas cuatro letras, pero en un orden bien determinado.

Las propiedades hereditarias de cualquier organismo se pueden caracterizar por una larga secuencia escrita con los elementos – letras – señalados. Y simplemente el error de una de estas bases puede llevar consigo una alteración, y consiguientemente que se origine una enfermedad hereditaria.

El proyecto más ambicioso que tiene hoy planteado la biología es precisamente llegar a realizar el mapa genético del ser humano. Es decir, se trata de identificar a todos los genes humanos y de llegar a establecer la secuencia de sus bases. Es el Proyecto Genoma. En 1.988 se comienza este ingente trabajo de trazar el mapa genético: y, se espera que concluya para el año 2.005. La dificultad del proyecto puede intuirse si sabemos que el genoma humano cuenta con 3.000 millones de bases agrupadas en 100.000 genes. De estos, actualmente se conocen unos 5.000. Es decir, que se precisan ineludiblemente muchos años y muchos medios para poder leer ese texto cifrado que es la herencia biológica del hombre.

Este es el gran objetivo del Proyecto Genoma y, en torno a él ha surgido también un amplio debate.

Las mayores objeciones contra el proyecto son, por una parte, sus grandes costes económicos, y por otra, el gran poliformismo humano. La complejidad técnica es tal que se calculan unos costes de más de 3.000 millones de dólares con el peligro consiguiente de la retirada de fondos para otro tipo de investigaciones. Y, además, hay que tener en cuenta que cada ser humano es distinto.

Éticamente

Expectativas y temores se entrecruzan siempre que se intenta llegar a una valoración moral de los avances biológicos, cada nuevo descubrimiento tiene su lado positivo y su lado negativo. Los descubrimientos científicos pueden llevar a consecuencias extraordinarias y a aplicaciones nefastas.

Por lo que se refiere a la aplicación de la ingeniería genética en especies sub-humanas – plantas o animales – se plantean pocos problemas morales. Hay que obrar con sentido de responsabilidad. El valor ético de la investigación está condicionado no sólo por la finalidad pretendida, sino también por los medios empleados. Por otra parte hay que excluir todos aquellos objetivos que no se orienten al bien de la humanidad. Existe siempre el peligro del utilitarismo e inmediateismo, también acecha el riesgo de romper el equilibrio ecológico necesario para el bien del hombre.

Pero los grandes problemas éticos se concentran en las aplicaciones humanas. No plantearlos equivaldría a situar al ser humano al nivel de las plantas o animales, prescindiendo de su dignidad.

El primer criterio ético hay que fijarlo en el respeto a la dignidad de la persona humana, el hombre no es un objeto o un medio para conseguir otros objetivos; no puede ser tratado de esa manera en el laboratorio.

Aparecen enseguida como éticamente reprobables, independientemente de las posibilidades técnicas, los intentos de unir los gametos humanos y de animales o la gestación de embriones humanos en úteros de animales.

Además, la alteración o manipulación genética entraña el riesgo de deteriorar la identidad de una persona. La intervención genética no tiene el mismo sentido que otro tipo de intervenciones médicas. Está en juego la propia identidad personal: ¿puede ser lícito deteriorarla o cambiarla?

Los intentos de corregir radicalmente las taras hereditarias, no pueden ser más que beneficiosos para el hombre. Pero estos beneficios deben contrastarse con los riesgos que tales intervenciones implican. Es necesario reconocer también la existencia de unos límites éticos, y tener siempre en cuenta la ley de la proporcionalidad entre riesgos y ventajas.

Estos criterios tienen una vigencia especial si los aplicamos al Proyecto Genoma. Es significativo que desde el momento que surge el debate sobre genoma humano, comienza también el planteamiento de los interrogantes éticos.

Una de las preocupaciones morales es que la intimidad biológica más profunda del ser humano queda expuesta a los ojos del científico y a intereses ajenos.

Es interesante citar los acuerdos de la comisión Interministerial de Bioética de Maguncia, la cual determinó, que en modo alguno se puede exigir o practicar el análisis del genoma para tales finalidades.

En mayo de 1.993 tuvo lugar una reunión internacional sobre Derecho ante el Proyecto Genoma Humano. Estas son las conclusiones que se ofrecieron:

- 1– La incidencia del conocimiento genético en el ser humano demanda una reflexión detenida de los juristas para poder responder a los problemas que plantea su utilización.
- 2– La investigación científica ha de ser esencialmente libre. El límite de las actuaciones de técnicas genéticas en el ser humano está marcado por el respeto a los derechos humanos consagrados por las declaraciones internacionales.
- 3– La intimidad personal es patrimonio exclusivo de cada persona. El consentimiento informado es requisito indispensable para interferir en ella.
- 4– El cuerpo humano no debe ser objeto de comercialización.
- 5– La tecnología genética aplicada a la identificación personal debe restringirse a la exigencia indispensable de cada caso concreto.
- 6– Hasta que lo permitan los avances científicos es prudente establecer una moratoria en la alteración de las células germinales.
- 7– Se rechazará la utilización de los datos genéticos que originen cualquier discriminación.
- 8– Se aconseja llegar a acuerdos internacionales y armonizar las leyes nacionales para regular la aplicación de los conocimientos genéticos.

• **SALUD**

Con la ayuda de las sondas génicas, los médicos ya pueden rastrear el ADN en busca de genes defectuosos, responsables de una infinidad de males. Parte de estos genes han sido desenmascarados, aislados y clonados, por ejemplo, los genes responsables de enfermedades como: la hemofilia, esquizofrenia, cáncer de mamas, etc.

Las vacunas clásicas vivas atenuadas o inactivadas, muestran una real eficacia contra un gran número de enfermedades, pero no están exentas de ciertas reacciones indeseables.

Existe por lo tanto una real necesidad de vacunas inocuas, estables y eficaces; de bajo costo de producción, susceptibles de prepararse en grandes volúmenes y cubriendo un espectro de enfermedades superior al obtenido actualmente, con el uso de vacunas preparadas a partir del agente completo.

La Ingeniería genética se ha aplicado con igual éxito en la elaboración de vacunas de proteínas contra las enfermedades bacterianas.

Se han producido dos tipos de vacunas recombinantes virales:

- 1- Aquellas en las cuales la proteína viral se fabrica en un huésped bacteriano.
- 2- Las llamadas vacunas de sub-unidades en las que se clonan los genes para las proteínas virales de interés y se expresan en otros virus.

Parece que las vacunas producto de la ingeniería genética serán cada vez más comunes:

- Son más seguras que las vacunas de virus atenuados o muertos.
- Son más reproducibles porque sus características genéticas se pueden monitorear cuidadosamente
- Se pueden administrar en dosis altas sin el temor de efectos colaterales.

Ahora bien, el mundo enfrenta una tremenda crisis de la salud pública a medida que cada vez con mayor frecuencia aparecen rebrotes de enfermedades infecciosas y surgen otras nuevas. Las cepas de varios agentes patógenos son resistentes a los tratamientos conocidos, algunas a casi todos los medicamentos y antibiótico. No cabe duda de que es la transferencia de genes a través de especies no emparentadas de animales y plantas, es decir, la transferencia de genes horizontales, la responsable del desarrollo de resistencias a medicamentos y antibióticos. El aumento espectacular de las infecciones virulentas y la resistencia a antibióticos coincide con la comercialización de la ingeniería genética.

En los últimos 20 años, han surgido por lo menos 30 enfermedades nuevas, como el SIDA, el ébola, varios tipos de hepatitis y otros virus mortales; mientras que están reapareciendo antiguas enfermedades infecciosas como la tuberculosis, el cólera, la malaria y la difteria. Prácticamente todos los agentes patógenos son resistentes a los tratamientos con medicamentos, y muchos a varios antibióticos.

La evolución de la virulencia y la propagación de resistencias a medicamentos y antibióticos están vinculadas con los abundantes casos de recombinación y transferencia de genes horizontales entre bacterias y virus.

Lo que ahora urge es el tema de en qué medida la ingeniería genética, al facilitar la transferencia y recombinación de genes horizontales contribuye al resurgimiento de enfermedades infecciosas resistentes a los medicamentos, lo que seguirá haciendo si se permite continuar sin restricciones

• **CASOS**

Laboratorios de muchos países investigan con células vivas procedentes de una mujer muerta en

1.951. La ciencia ha una nueva y peculiar forma de entender la inmortalidad.

Henrietta Lacks tenía 31 años, un marido y cinco hijos cuando recibió de su médico el diagnóstico que ponía límite a su vida: cáncer cervical. En el cuello de su útero se había formado un tumor cuyas células pronto se extendieron por todo su cuerpo, lo debilitaron y, ocho meses más tarde, el 4 de octubre de 1951, terminaron con su vida. La historia de esta mujer afro americana, podría haber terminado ahí, pero la actuación de uno de los médicos que la atendieron en el Hospital Universitario John Hopkins (JHU) la convirtió en protagonista insospechada de un capítulo importante de la investigación científica: el doctor tomó una muestra del tumor, que se extendía con una virulencia inusitada, y la entregó a sus colegas George y Margaret Gey, del departamento de investigación de tejidos del hospital. El matrimonio Gey había estado intentando conseguir durante años una línea celular humana, un conjunto de células que continuaran dividiéndose ilimitadamente fuera del cuerpo, para poder investigar con ellas a largo plazo. Pero la mayoría de las células de tejido humano solo llegaban a dividirse unas 50 veces antes de morir. Cuando George recibió la muestra de células cancerosas de Henrietta, las colocó en un caldo de cultivo formado por plasma de pollo, extracto de embrión de vaca y suero de placenta humana. Proliferaban en las **placas de Petri** (recipiente pequeño de cristal o plástico, muy empleado para realizar técnicas de cultivo y pruebas de laboratorio) con la misma velocidad que se extendían por el cuerpo de la señora Lacks. El mismo día de la muerte de Henrietta, el doctor Gey aparecía ante las cámaras de televisión para anunciar la consecución de la primera línea celular humana, las células que denominó HeLa, y anunciar su posible utilidad en la lucha contra el cáncer. Sólo él sabía que el nombre honraba la memoria de la paciente que las había hecho posible.

En su laboratorio, y con la ayuda de las células HeLa, Gey y su equipo desarrollaron un test para distinguir los distintos tipos de virus de la polio. Este test fue uno de los instrumentos que utilizaron el bacteriólogo de la Universidad de Pittsburg Jonas Salk y sus colegas para crear la vacuna contra la poliomielitis que se hizo pública el 12 de abril de 1954 y que, junto la vacuna oral de Albert Sabin, descubierta en 1957, fue la base de las vacunaciones en masa que consiguieron desterrar prácticamente esta enfermedad.

A partir del descubrimiento de Salk, la Fundación Nacional de Estados Unidos estableció laboratorios dedicados a la multiplicación de células HeLa, que fueron distribuidas por todo el país. Mientras tanto, la noticia de su existencia se extendió por la comunidad científica internacional, que comenzó a pedir muestras.

En los laboratorios de todo el mundo seguían dividiéndose sin reducir en absoluto su ímpetu y permitiendo a los investigadores estudiar el crecimiento de los virus, la síntesis de las proteínas, los mecanismos de control genético y posibles remedios contra el cáncer. En 1960: un cultivo de sus células sería enviado al espacio a bordo del Discover 17 para comprobar si el cuerpo llegaría a desintegrarse en gravedad cero. La respuesta al experimento fue: no.

La asombrosa capacidad reproductiva de las células HeLa llegó a convertirse en un problema para la ciencia. En 1967, el especialista en genética Stanley Gartler se dio cuenta de que todas las líneas celulares de personas blancas que tenía en el laboratorio contenían un enzima exclusiva de personas de raza negra. La única razón posible era que hubieran sido contagiadas accidentalmente por las células HeLa. Una teoría que conmocionó los laboratorios de todo el mundo. La capacidad e expansión de las células de Henrietta era tal, que bastaba que una de ellas cayera casualmente en un cultivo para contaminar líneas celulares enteras de procedencia diversa. Durante años, los científicos habían investigado sobre células de varios tipos sin saber que todas eran células HeLa.

Superado el escándalo, se tomaron las medidas necesarias para controlar su crecimiento, y hoy las células de Henrietta se utilizan en todo el mundo.

Las células HeLa crecen tan rápidamente que una pequeña cantidad de ellas puede contaminar y anular millones de células de un cultivo.

El objetivo final del doctor George Gey era de encontrar una cura contra el cáncer. Aunque no lo consiguió, fue el primero en obtener una línea celular humana.

• **PUNTO DE VISTA ÉTICO**

El reciente Convenio para La protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la biología y la medicina, asume como principio fundamental, la prioridad de la dignidad humana sobre cualquier otra consideración, prohíbe expresamente toda discriminación de las personas en razón de su patrimonio genético y permite la realización de pruebas predictivas solo con fines terapéuticos. En general, admite que la ingeniería genética únicamente podrá tener una finalidad preventiva, de diagnóstico y terapia, y siempre que no tenga por objeto la modificación del patrimonio genético de la descendencia.

Hay que reconocer que el hombre ha comenzado una nueva aventura, en la que las ilusiones, por los beneficios incalculables que se vislumbran, así como los temores, se entremezclan y condicionan. ¿Cómo valorar esta situación desde una perspectiva ética?

Desde la Conferencia de Asilomar hasta nuestros días, no han faltado reuniones y congresos en los que se ha debatido el tema. La motivación básica para exigir una cierta regulación era el miedo a los riesgos y amenazas de unas experiencias sin control. El tiempo y la práctica han demostrado que la mayoría de estos trabajos no resultan tan peligrosos como se temía cuando se efectuaban con las correspondientes medidas de seguridad. Son muchos los comités de ética que se han fundado para regular, dentro de unos límites mínimos todo este tipo de experimentos.

El valor ético de toda investigación está condicionado no sólo por la finalidad que se pretende, sino por los medios empleados para alcanzarla. Cuando la experimentación no queda justificada por un motivo razonable, o se realiza a costa de otros valores, tan importantes como la dignidad de las personas, pierde por completo su carácter humano y termina convirtiéndose en una amenaza para el mismo hombre.

Aplicación de estas técnicas para la estrategia militar. La tecnología desencadenaría una nueva carrera de armamentos, en la que estos serían los microorganismos mortales, contra los que no existe ninguna defensa. Tales bacterias genéticamente reprogramadas resistirían a cualquier tipo de antibióticos o vacunas actualmente conocidas. La guerra bacteriológica no es un fantasma, la microbiología encierra también una doble alternativa: ser una ayuda benéfica o convertirse en un elemento destructor. Una de las consecuencias que pudieran provocarse sería la fuga de aquellos elementos patógenos, que podría provocar una contaminación de carácter epidémico, o algunas patologías, como el cáncer, a través de transferencias de genes potencialmente productores.

También existe un peligro si se llegara a romper el equilibrio ecológico, necesario para el bienestar del hombre, con la presencia de nuevas plantas y especies. Estas fueron las voces de alerta que se levantaron por parte de conocidos científicos que publicaron un llamamiento para que se parasen todas las experiencias de ingeniería genética hasta la celebración de una conferencia internacional en la que se analizaran los riesgos y se tomaran las medidas convenientes.

El hombre no puede ser utilizado como un simple objeto de laboratorio, con la esperanza de nuevos progresos y descubrimientos. La dignidad y la integridad de su ser impiden rebajarlo a un nivel que lo degrada como fin y, lo convierte en vulgar instrumento. Algún científico eminente ha manifestado que los beneficios que puedan derivarse superan con mucho a las dificultades que se presentan contra la

experimentación en embriones, y que la urgencia por saber, está por encima del respeto que merece un feto precoz.

No parece lícito los intentos de unir gametos de hombres y animales en busca de producir una fecundación híbrida; la gestación de embriones humanos en úteros de animales; ni el empleo de incubadoras exclusivamente artificiales para el desarrollo de un embarazo, sin ninguna razón terapéutica o exigida para la supervivencia del ser existente. No hay justificación tampoco, para la fecundación clónica en la que el individuo es hijo nada más que de una sola célula, que transmite todo su patrimonio genético a su descendiente. Además del empobrecimiento hereditario. Habría que analizar los componentes psicológicos que resultan en aquellos que buscaran en el otro un reflejo lo más exacto posible de su propia imagen narcisista.

Como ya se ha comentado las aplicaciones de la ingeniería genética al hombre resultan todavía demasiado lejanas. La posibilidad más inmediata consistirá en curar ciertas enfermedades monogénicas mediante la inclusión de la correspondiente información genética en determinadas células somáticas, incapaces, por alguna patología, de producir la proteína necesaria para su buen funcionamiento. La anemia falciforme por defecto de la hemoglobina que no produce los suficientes glóbulos rojos o la diabetes por ausencia de la insulina, encontrarían, entre otra serie de enfermedades, una terapia adecuada con esta técnica.

Quedan todavía muchos misterios por explorar, que impiden las experiencias en el cuerpo humano al no existir un mínimo de eficacia y seguridad. Los intentos de terapia génica más avanzados se centran en introducir genes en las células de la médula ósea que codifiquen los enzimas ausentes por deficiencias de tipo inmunológico. La dificultad sería aun mayor cuando se tratara de intervenir en anomalías genéticas que afectaran al cerebro.

• **CONCLUSIÓN**

Encuesta

A continuación, presentamos una breve encuesta realizada sobre diferentes aspectos de la Ingeniería Genética que, de alguna manera u otra, pueden crear cierto desconcierto en la sociedad.

PREGUNTA	% SI	% NO	% NS/ NC
¿Está a favor de la Ingeniería Genética?	56%	31%	12%
¿Cree que es ética la Ingeniería Genética?	62.5%	31.25%	6.25%
¿Ha pensado alguna vez en tener un descendiente perfecto?	12.25%	87.75%	0%
¿Cree que puede haber algún problema de inseguridad?	37%	31.5%	31.5%
¿Aceptaría a ser clonado o manipulado mediante la Ingeniería genética?	43.75%	50%	6.25%

Opinión

Después de haber trabajado largo y tendido sobre gran número de aspectos de la Ingeniería Genética hemos sacado a la luz un gran número de conclusiones, no sin antes haberlas llevado a discusión entre mi compañero de trabajo, Silvia Bengoa y yo, Asier Vivas. Hay conclusiones que están a favor de esta ciencia y, otras, que en absoluto se ponen de acuerdo. Sin más, nos dispondremos a evaluarlas párrafo por párrafo. Así nos han quedado.

Principalmente, lo que se lleva cabo en la Ingeniería Genética es la búsqueda de cada uno de los genes del mapa humano. Lo demás (abusos, manipulación), viene por los intereses económicos y políticos que ejercen distintas partes del país.

La manipulación genética de animales para potenciar la producción de sustancias aprovechables industrialmente o para aumentar su efectividad depredadora contra insectos y plagas, son otras de las aplicaciones con las que se está trabajando, así como aumentar la resistencia de los peces al frío, hacerles crecer más deprisa o ayudarles a resistir algunas enfermedades, etc.

Otros usos varios de la ingeniería genética son el aumento de la resistencia de los cultivos a enfermedades, la producción de compuestos farmacéuticos en la leche de los animales, la elaboración de vacunas, la alteración de las características del ganado

Queda claro que los organismos genéticamente modificados son los más peligrosos. No se pueden contener y sus efectos son irreversibles.

La ingeniería genética ha dejado de ser una técnica de laboratorio para convertirse en una industria comercial de enormes dimensiones promovida por los intereses de grandes empresas o por el poder que ejerce el gobierno.

Finalmente, y como puntualización a todo lo que se refiere el tema, hay que decir que la clonación en el hombre es algo inaceptable, ya que el ser humano es único e irrepetible y eso tiene que respetarse, a pesar de que gran cantidad de gente tenga la necesidad de violar esta ley. Esta imposición a ser clonado se relaciona estrechamente con la dignidad humana, o lo que es lo mismo, con la esencia del hombre.

• **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://www.lector.net/versep98/inge.htm>
- <http://edicion-micro.usal.es/web/educati...l/recursos.html>
- <http://diabetis.org/esp/es-not-p.htm>
- <http://www.hemofilia.com/hemofilia.htm>
- <http://www.nodo50.org/worldwatch/>
- <http://www.elindice.com/Salud/Medicina/>
- <http://www2.uji.es/cyes/internatura/opinion/agri.html>
- <http://www.pln-leynatural.org/genetica.html>
- <http://nti.educa.rcanaria.es/usr/apuntes...fia/altrans.htm>
- Revista MH Mujer de Hoy N° 147
- Revista QUO N° 67
- Microsoft Encarta 98