

## DOCUMENTOS

### [Acerca de los genes y genomas - Lo permitido y lo prohibido]

Por **Ernst-Ludwig Winnacker**, [\(1\)](#)

La biotecnología usa organismos vivos en los procesos tecnológicos. Hace mucho tiempo ya, que está en boca de todos, en el más estricto sentido de la palabra, p.e., como tecnología en la producción de vinos, panes o cervezas. Gracias a una tecnología inventada hace 25 años atrás, la que llamamos ingeniería genética, hoy está experimentando un nuevo auge. Esto nos permite el manejo dirigido y racional de los elementos básicos de la vida, los genes. Desde el punto de vista material, los genes aportan poco a nuestros organismos, pues son sólo portadores de información. Tal como una cinta de video contiene informaciones para la imagen en el monitor, los genes llevan informaciones acerca de los componentes de nuestro cuerpo. A su vez, las proteínas en todas sus manifestaciones son los componentes principales, no sólo de nuestro cuerpo, sino de los cuerpos de todos los organismos vivos. Es por esta razón que una tecnología que sepa manejar esta materia es de suma importancia en todos los ámbitos del conocimiento que, de una u otra forma, afecten la vida. Estos ámbitos implican la investigación básica biocientífica, la medicina, la agricultura, y todo lo que tenga que ver con nuestra alimentación, en el más amplio sentido.

La rama más beneficiada con la nueva posibilidad de aislar genes, ha sido hasta ahora la investigación básica. Por fin empezamos a comprender el funcionamiento de los genes. Esto es importante ya que tras esta pregunta está la paradoja de que, por cierto, en cada una de nuestras células está presente el genoma completo, es decir, todos los genes. Sin embargo, en las células renales actúan solamente genes específicos renales y en las células encefálicas solamente genes específicos de células nerviosas ¿Por qué? es la gran pregunta a la cual toda una legión de bioquímicos y biólogos moleculares trata de encontrar la respuesta: ¿Por qué, en el hígado, no crecen pelos? Porque la actividad de los genes puede ser dirigida, es la respuesta fácil. Hoy sabemos que para este control existe un sistema de "interruptores". Estos "interruptores", por supuesto, no son del tipo de los transistores, sino -quién se lo hubiera imaginado- componentes proteicos. Reconocen segmentos específicos en el patrimonio hereditario, que respectivamente están ubicados cerca de los segmentos portadores de información y, a través de este enlace de la maquinaria que lee los genes, activan la codificación del gen hacia una proteína. Estas proteínas de mando, por supuesto, también están codificadas por genes que, a su vez, están dirigidos por otros "interruptores" y así sucesivamente. De este modo se explican dos aspectos: el gen posee una estructura dual compuesta del segmento portador de informaciones y de otro segmento, a través del cual es dirigido en su acción. De ahí se infiere que existen dos clases de elementos proteicos en nuestros organismos, los que constituyen la substancia de nuestro organismo, el pelo, las uñas, las paredes celulares, y los que regulan su formación; por decirlo así, la población trabajadora y una especie de clase dominante. Ambas actividades están

organizadas entre sí de manera muy estrecha en redes de genes o cascadas de genes, que ya se conocen en parte. Pero no sólo la ingeniería genética ha aportado de manera decisiva a este nuevo conocimiento, pues esta disciplina fue sólo el comienzo, sino, al fin y al cabo, fueron los llamados proyectos del genoma y las ingenierías genómicas desarrolladas a partir de éstos. El término proyecto del genoma es relativamente nuevo. Se basa en una propuesta de Renato Dulbecco, virólogo americano y Premio Nobel 1986, donde sugiere identificar el genoma completo del ser humano en su secuencia, para facilitar el análisis del origen genético del cáncer. Recién desde hace pocos años sabemos que el cáncer, de hecho, es una enfermedad genéticamente condicionada. Sin duda, anteriormente ya existían indicadores que permitían hacer semejante suposición. Sin embargo, hasta hace poco, sólo las clásicas enfermedades hereditarias eran consideradas por todo el mundo como condicionadas genéticamente. De hecho, durante los últimos años se logró identificar muchos de los genes que pueden influir en estas enfermedades, entre ellos, los genes causantes de la mucoviscidosis y del Baile de San Vito (corea). Sin embargo, resulta que en nuestro país solamente el 0,3% de todas las personas mueren por causa de las llamadas enfermedades hereditarias, el 25% muere de cáncer y casi el 50% de las enfermedades cardiovasculares. En el intento de detectar genes que podrían originar estas y otras enfermedades, la genética y la ingeniería genética en su forma clásica llegaron a sus límites a mediados de los años ochenta. Como sabemos hoy en día, estas enfermedades no se determinan por defecto de un solo gen, sino por defectos simultáneos de varios genes. En consecuencia, los patrones hereditarios resultaron confusos y las leyes de Mendel fueron invalidadas. Había que formular un enfoque integral, totalmente nuevo, y de allí surgió la idea de Dulbecco de analizar primero el genoma completo, es decir, todos los genes. Luego se encontrarían los genes del cáncer entre ellos.

El nombre Proyecto del Genoma Humano, PGH, con su abreviatura HUGO (Human Genome Organisation), es algo equivoco, ya que después de que Dulbecco formuló su propuesta, se dedicaron a los genomas de algunos organismos como modelos experimentales y no tanto al genoma humano. Estos genomas son mucho más pequeños que el del ser humano y por lo tanto es más fácil manejarlos. El genoma de la levadura sólo tiene 12 millones de pares de bases, el del ser humano más de 3 mil millones. Es más fácil resolver un rompecabezas de cien piezas que uno de 100.000. Cuando en 1986 se decidió comenzar con el genoma de la levadura muchos lo consideraron como un juego e incluso fue motivo de burla, pero fue un camino emprendido con éxito por un consorcio de 55 laboratorios europeos y finalmente se demostró que dieron en el blanco. ¿Por qué? Por un lado, porque la cantidad de genes resultó ser mucho mayor de lo esperado. En el caso de la levadura de panificación se encontraron casi 6.000 genes a lo largo de los 12 millones de pares de bases. Sólo unos 1.200 habían sido identificados hasta ese entonces, a pesar de que la levadura de panificación es uno de los objetos más investigados por la genética, y también por los biotecnólogos durante los siglos pasados. Es sabido que la levadura silvestre se encuentra en las rosas y no en las masas con levadura o en los fermentadores

de cerveza. Para lograr llevarla ahí, se requirió de un tremendo despliegue de cultivo.

Por otro lado, durante el primer análisis de los apenas 6.000 genes se mostró que existen considerables puntos en común, incluso entre organismos que, en cuanto al desarrollo biológico, están tan alejados uno del otro, como es el caso de la levadura y del ser humano - han pasado más de 700 millones de años desde que tuvimos antepasados comunes. La mitad de los genes que se han detectado en nuestra especie, como causantes o detonantes de enfermedades genéticas, tienen un equivalente en la levadura. Así es que, p.e., ciertas formas de cáncer pulmonar, cáncer al intestino grueso y cáncer de mama son causadas por genes defectuosos, que juegan un papel en la reparación del patrimonio hereditario. Los genes equivalentes se encuentran igualmente en la levadura, ya que también ésta debe haber desarrollado mecanismos para reparar su patrimonio hereditario que, por las influencias externas, estaba en peligro. El hecho de que estos genes hayan subsistido a través de eones, indica su gran importancia y que en estos genes y en cada uno de nosotros se refleja la larga historia de la vida en este planeta. Además, implica un mensaje central de la ciencia moderna dirigido hacia todos nosotros, es decir, el mensaje de que el patrimonio común obliga, imponiéndonos hacer todo lo humanamente posible para detener, p.e., la extinción de la diversidad de especies. Al fin y al cabo, con cada especie en extinción, perdimos una parte de nosotros mismos. "La muerte de cada ser humano", así lo ha expresado una vez el predicador inglés, John Donne, "La muerte de cada ser humano hace que yo pierda parte de mi valor. Cuando dobla la campana de la muerte, no preguntes jamás a quién le ha llegado su hora, te ha llegado a ti mismo".

El desciframiento del genoma de la levadura resultó ser una piedra de Roseta, que inesperadamente nos entregó no sólo la clave para comprender la función de los genes de la levadura, sino también del genoma humano.

Mientras tanto se están trabajando los genomas de otros organismos como modelos experimentales, p.e., el del gusano, de la mosca y del ratón. Así es como poco a poco nos estamos acercando a estructuras cada vez más complejas, empezando con la levadura unicelular, pasando por el gusano con apenas 1.000 células y la mosca pluricelular, hasta llegar al mamífero. Aquí las analogías observadas son aún más asombrosas. Un ejemplo: El rápido desarrollo del proyecto del genoma humano también ha hecho posible identificar a cuatro genes cuyo defecto predispone a la enfermedad del Alzheimer. Pacientes que conllevan esta mutación en su célula germinal fallecen en general ya a temprana edad a causa de esta enfermedad, mientras que la forma esporádica, como es sabido, se manifiesta en la edad más avanzada. Inicialmente no se pudo lograr mayor claridad con relación a la función de uno de los genes, el llamado gen Presenelin, ya que resultó absolutamente nuevo y no mostró ninguna semejanza con otros genes humanos. En ese momento fue muy oportuno el proyecto del genoma del gusano *C. elegans*. Se trata de un organismo pluricelular simple, compuesto de apenas 1.000 células, de las cuales 300 son células nerviosas. Ya se ha

identificado casi más dedos tercios y entre éstos se encontraron también genes análogos al mencionado gen causante del Alzheimer humano. Evidentemente, la eliminación dirigida de este gen no provocó la pérdida de la memoria en el gusano, pues la modesta dotación de 300 células nerviosas le permite solamente el desarrollo de habilidades sensoriales, pero redundó en la incapacidad de poner huevos. Lo sorprendente fue que este defecto se pudo remediar no sólo mediante la reincorporación del gen intacto al gusano, sino también agregándole un gen humano. Entonces, el gen humano no sólo es análogo, sino, además, completamente equivalente en lo funcional, a pesar de que también en este caso, la existencia de antepasados comunes se remonta a varios cientos de millones de años. Tal como dice el prólogo de "Así habló Zaratustra" de Nietzsche: "Vosotros habéis evolucionado desde el gusano hacia el ser humano, pero mucho sigue siendo gusano en vosotros".

En lo que se refiere a las aplicaciones técnicas de la investigación actual del genoma se vislumbran los primeros logros en un área que nos parecía imposible de abordar, es decir, el análisis de las causas de las enfermedades multifactoriales, o sea, causadas por el defecto de varios genes. El cáncer al intestino grueso, tal vez la manifestación más investigada, es causado por el defecto en seis genes.

A los cuatro genes de Alzheimer ya mencionados, pero que sólo explican la quinta parte de los casos (el 20%), se agregan 14 genes ya conocidos asociados a la diabetes, 16 genes de asma conocidos y siete genes de jaqueca. En el caso de las psicosis, como por ejemplo la psicosis maníaco depresiva o la epilepsia, sin embargo, aún deberemos tener paciencia, aunque no existen dudas de que también en estos padecimientos hay una base genética. En el momento en que se descubran estos genes podrán servir, en principio, de moléculas meta para una terapia, ofreciéndonos dos posibilidades: Influir en la acción de los genes a través de sustancias de bajo peso molecular o manipular los genes directamente. Describiré la estrategia de influir la acción de los genes a través de sustancias químicas, con el ejemplo de un componente proteico del patrimonio del VIH. Esta proteína tiene la tarea de cortar otra proteína, dirigida por el genoma viral, en trozos de una determinada medida. Si se lograra impedir este proceso de cortar, entonces el virus no podría seguir propagándose porque justamente se habrían suprimido estos trozos. Del dicho al hecho, fue el lema de los colaboradores de las empresas Dupont y Merck hace tres años atrás. Descifrando su composición, que se podía leer en el genoma (como buscar información a través de Internet) y mediante procedimientos de la ingeniería genética, el componente proteico en cuestión fue sintetizado, cristalizado y explicado en su estructura tridimensional. Se parece a una especie de ojo de aguja, a través del cual debe pasar la proteína respectiva para ser cortada específicamente. Al obstruir este hoyo no puede pasar ni ser cortada la cadena peptídica, y el virus quedará paralizado. Así es como se dibujan pequeñas moléculas primero en tablero, para luego reproducirlas en probeta. Estas moléculas calzan exactamente en el ojo de la aguja e impiden el paso de la cadena peptídica viral. Actualmente estas sustancias ya se encuentran en el mercado como remedios que reducen las concentraciones de virus a niveles

no detectables en los pacientes. No se sabe aún si se logrará una curación total, ya que hace sólo pocos meses que los remedios están en venta.

En lo que se refiere a la terapia somática, en realidad lo más lógico es tratar defectos en el patrimonio hereditario en su origen, es decir, a nivel de estos defectos mismos. Entonces, si el cáncer es una enfermedad genéticamente condicionada, por qué no reemplazar simplemente, por su variante natural, los genes defectuosos o los que faltan. De hecho se investiga intensamente esta forma de terapia, aunque no se logró aún el gran salto. Hasta fines de febrero de 1997, sólo 1.500 pacientes a escala mundial estaban implicados de una u otra manera en procedimientos de terapia genética, en el marco de estudios clínicos; ni hablar entonces de un tratamiento masivo. No son problemas de principios los responsables de este lento comienzo, sino es exclusivamente lo novedoso de este procedimiento, que requiere de una planificación y un cuidado mucho más allá de lo común. Por ejemplo, todavía no disponemos de técnicas optimizadas para incorporar genes en células vivas, para dar solamente con las células seleccionadas según las necesidades. Sin duda, se logrará llevar a la práctica también esta faceta de una terapia basada en la técnica genómica dentro de un plazo útil, y con eso, cumplir con las promesas hechas por la ciencia frente al público.

Con este trasfondo, el futuro parece sin límites. ¿Realmente es así? ¿Será posible describir la vida sólo desde los genes? ¿Es posible reducir la vida, tal como se nos presenta, únicamente a los genes? ¿Podría ser que, en tiempos postgenómicos, el proceso de evolución, hasta ahora dejado al azar, ceda ante un procedimiento meramente sintético que desembocará en una naturaleza hecha a la medida, a la medida puramente humana y por lo tanto, tal vez, en un exceso? Tal como se ve en la actualidad, eso no será el caso. Circunstancias puramente prácticas y económicas, y también límites naturales, contendrán semejante petulancia (hibris). ¿Qué quiero decir con esto?

En principio, la ingeniería genética pone a disposición del hombre todas las formas de vida existentes en este planeta, las pone en nuestras propias manos, de una forma no alcanzada por ninguna otra técnica. El carácter natural de la genética, tan invocada por muchos de mis colegas, es una leyenda. Esto suena aterrador. Sin embargo, la práctica es muy distinta. La investigación básica en ciencias biológicas utiliza como modelos experimentales un contado número de organismos vivos, los suficientes como para encontrar las respuestas a las interrogantes esenciales. La economía focaliza sus esfuerzos hacia aquellas aplicaciones que tienen trascendencia económica, es decir, que son rentables. Si constatamos que, a escala mundial, podemos cubrir un 90% de nuestras necesidades vitales y nutricionales a partir de sólo ocho plantas útiles, entonces resulta claro de lo que estoy hablando. No es posible reconocer riesgos físicos como consecuencia de la manipulación genética en sí, que pudiera degenerar en una catástrofe biológica mayor, de cualquier índole, es decir, en un accidente que implique una amenaza para el mundo. La comparación con la energía nuclear, de donde proviene originalmente el concepto de "Catástrofe mayor", ha sido

descartada por el parlamentario alemán y vocero del SPD para asuntos científicos, Sr. Catenhusen, argumentando que nadie puede afirmar seriamente que la manipulación genética en sí sea incompatible con la vida. Resulta desproporcionado poner a un mismo nivel los ensayos a campo abierto con el estacionamiento de misiles de mediano alcance o la construcción de centrales nucleares. Y él tiene razón. En definitiva, nada habla en contra de una segunda revolución verde; ésta debe darse y será obviamente de naturaleza biotecnológica. Sin embargo, la meta de procurar alimento para diez mil millones de seres humanos no se logrará renunciando a los procedimientos clásicos y tradicionales de cultivo y cría, sino en forma combinada con ellos, entendiendo que, de todas formas, nunca lograremos hacer que crezcan árboles en el cielo.

En nuestro país la ingeniería genética no ha gozado de buena fama durante largo tiempo. Como una técnica que parece afectar la vida misma, desencadena importantes emociones. En la actualidad la situación a mejorado notablemente. Las encuestas coinciden en indicar que el 70% de los alemanes consideran conveniente la aplicación de la ingeniería genética en el campo de la medicina, mientras que, a la inversa, también un 70% cuestiona su aplicación en la agricultura y los productos alimenticios. Aparentemente se comienza a diferenciar. De todas formas, yo considero que esto no es resultado de un mayor nivel general del conocimiento, sino tiene que ver más bien con que, además de la valoración de las nuevas tecnologías, se considera su utilidad para la sociedad. En el caso de los productos manipulados genéticamente en el campo de la agricultura, incorporados actualmente al mercado, se trata casi exclusivamente de plantas resistentes a los herbicidas, como la soya, el maíz y los tomates. En este caso los beneficiarios directos son algunas pocas empresas químicas y productoras de semillas, mientras que su utilidad para la comunidad prácticamente no es percibida por ésta, aún cuando implica una significativa reducción en el uso de productos químicos en los campos. Por el contrario, los medicamentos producidos genéticamente se pueden encontrar en cualquier farmacia; casi todos los diabéticos reciben actualmente insulina humana de generación recombinante. Las ventas de estos y otros fármacos de primera generación alcanzan hoy en día ya el 12% del total del mercado farmacéutico y aumentan en tasas superiores al promedio. En EE.UU. se han creado ya 120.000 puestos de trabajo altamente calificados en el campo de la investigación del genoma. En Alemania estamos aún lejos de lograr algo similar. A pesar de que existe un insospechado auge en el campo de la biotecnología, aún se encuentra en pañales la cultura innovadora imprescindible para materializar la amplia transferencia de tecnologías en este campo. Los profesores siguen siendo vacilantes, demasiados temerosos cuando se trata de darle un uso económico a los resultados de sus investigaciones; además, en este sentido nuestra reputación es mala en el extranjero, puesto que los bancos confían más en el registro del Conservador de Bienes Raíces, cuando se trata de exigir garantías, que en las mentes de sus deudores; la legislación tributaria contiene aún una serie de disposiciones absurdas, enredándonos en disputas en escenarios bélicos secundarios o en guerras de representación. Piensen sólo en la discusión sobre el derecho de patentes, tan importante en sí. El patentar organismos vivos puede ser, desde un punto de vista ético, tan lícito o

inadmisible, como la tenencia de caballos de carrera, perros de raza o animales útiles. El derecho de patentes regula exclusivamente las relaciones de propiedad, pero no resuelve los aspectos relacionados con el manejo o trato de los animales en cada caso particular. ¿Y cuál sería entonces la alternativa? Un embrollo sin precedentes, profundamente contrario a los intereses tanto de la ciencia, como de la sociedad. Al menos el Parlamento europeo ha aceptado ahora esta realidad y ha formulado directrices uniformes que, por un lado, responden a los deseos de los consumidores y, por otro, crean también condiciones límites que satisfacen las exigencias de la competencia global.

En lo que respecta a la biotecnología aplicada a los vegetales, tengo claro que los productos introducidos al mercado en la actualidad no son los ideales, desde muchos puntos de vista. La aplicación de resistencias a los herbicidas nos llevará a nuevos desafíos, puesto que la extinción de plagas vegetales tradicionales allanará el camino a otros parásitos, que hasta ahora no representaban ningún problema. Con todo derecho se exige la caratulación de los alimentos manipulados genéticamente, sin embargo, es muy difícil de materializar, puesto que la soya compone innumerables productos finales. No obstante, creo que en este ámbito se desarrolla también una guerra de representaciones. Se da de palos al asno, cuando el castigo va dirigido al dueño. Con la ingeniería genética, por primera vez los consumidores adquieren conciencia de lo que comen realmente. Prácticamente todo, desde el cereal del desayuno, el pan integral, los embutidos, hasta el Mousse de chocolate, son productos de la alta tecnología, han sido procesados de alguna manera y en algún momento, un hecho que no puede ser más artificial. Para muchos de nuestros conciudadanos fue una revelación el saber que la soja se incorporaba en la fabricación de chocolates, puesto que nadie en Europa central ha visto alguna vez la soja en su forma natural. A principios de siglo había aún en Francia varios cientos de variedades de manzanas, hoy en día no subsisten más de las que se puedan contar con los dedos de las manos y con las verduras pasa lo mismo. La producción lechera del ganado vacuno aumentó en los últimos 50 años en un 600%, sin que esto tuviera nada que ver con la ingeniería genética, sino con una política agropecuaria que durante los últimos 150 años se orientó principalmente a lograr mayor cantidad y tamaño y, quizás debió hacerlo así. En el futuro resultará al revés. La transición hacia una agricultura sustentable, tan perentoriamente exigida por muchos, no será posible prescindiendo de la ingeniería genética sino, justamente, gracias a ella. Por esto, estoy seguro de que la utilización de la ingeniería genética en la industria alimentaria será plenamente aceptada por la población dentro de pocos años. Este proceso debe incorporar obviamente el satisfacer cada uno de los requerimientos específicos de seguridad. Si se trabaja en ensayos al aire libre con una garantía adicional de control en cada caso particular, para incorporar las alternativas de aplicación nuevas en este campo, en comparación con algunas aplicaciones en medicina, entonces me parece que se está haciendo lo adecuado.

Para mí, en lo personal, los límites de la biotecnología no se encuentran tanto en el ámbito de la agricultura, sino más bien allí donde concierne al hombre mismo. En este contexto las palabras claves son terapia de desarrollo embrionario,

análisis del genoma y clonación. En lo que se refiere a la terapia del desarrollo embrionario, está prohibida en nuestro país, pues la ley de protección de los embriones no permite la manipulación de óvulos o embriones humanos. Hace poco, hicimos un análisis científico sobre el tema de la ingeniería genética en seres humanos en nuestro Instituto Técnica-Teología y Ciencias Naturales, con la participación de médicos, expertos en ética, teólogos y biólogos moleculares, y desarrollamos un modelo escalonado que ordena las distintas alternativas de intervención según su profundidad de intromisión, tal como lo hemos llamado. En el escalón más bajo ubicamos a la llamada terapia de sustitución, como p.e., la terapia de la diabetes con insulina, que no presenta problemas desde un punto de vista ético. Tampoco se cuestionó la manipulación genética de las células somáticas. Sin embargo, la terapia del desarrollo embrionario fue declarada éticamente inadmisibles, aún en su expresión más simple, es decir, el reemplazo de genes defectuosos. En este tipo de análisis se debe poner atención en la legitimidad de los objetivos y en la justificación de los medios. Aún cuando puede parecer muy legítimo el objetivo de eliminar una severa tara hereditaria a través de la manipulación genética del embrión, consideramos inadmisibles la terapia del desarrollo embrionario porque, al menos en una etapa inicial, presupone la instrumentalización de cientos de mujeres como meras proveedoras de embriones, con los cuales y sobre los cuales se busca optimizar el procedimiento.

Nuestro análisis de los límites morales y éticos en la aplicación de la ingeniería genética en seres humanos nos ha llevado todavía a otro tema, en relación con la terapia del desarrollo embrionario, es decir, que por estar sumidos en toda esta discusión sobre los genes, corremos el peligro de perder de vista los límites fundamentales de las posibilidades de acción, dados por las leyes naturales.

Con esto no me refiero tanto al hecho de que no todas las enfermedades tienen un origen genético (la inflamación producida por la muela del juicio o las fracturas por lo general no tienen incidencia genética), sino a la extensa y profunda convicción de que en nuestros genes se encuentran arraigadas no sólo algunas enfermedades, sino también nuestras identidades. El éxito de la genética en otros campos es aquí su mayor enemigo. Para muchos parece muy corto el trecho, entre el tratamiento genético de una enfermedad hasta el anhelo de mejorar por la misma vía las propiedades congoscitivas del ser humano, como la inteligencia o la musicalidad. Aquí se hace caso omiso del hecho, de que estas capacidades tienen un origen genético muy limitado, si es que lo tienen. Aquello que no tiene un origen genético no puede ser modificado por la manipulación genética. ¿Es el genoma la clave del misterio de la vida? Aquí, en este punto, en nuestras capacidades cognitivas, las que hacen a la esencia del ser humano, no tiene mayor injerencia el genoma. En lugar del "gen que manda sobre todas las cosas" aparece el entorno sociocultural, para señalar sus límites a la biología pura.

No resulta sencillo destacar el crítico papel que juegan los genes en la generación de enfermedades de todo tipo y, al mismo tiempo, negarlo en relación con otros parámetros de nuestra naturaleza humana. Por esto, no sorprende la reacción frente a la oveja Dolly. Con que naturalidad se meten en un mismo saco algunos



caracteres agrotécnicos y animales, como el color del pelaje, el rendimiento lechero o la calidad de la carne, junto a la musicalidad de un Mozart. Pero esto no es posible. Un buen amigo nos reconocerá aún después de 10 años de ausencia, no así un clon. Días después de la clonación de Dolly, se me preguntaba muy seguido si no me producía temor y espanto ese hecho y las perspectivas que se derivan de él. Mi respuesta fue negativa, basada en el conocimiento de los límites de la acción de los genes que mencionaba anteriormente.

¡Y ahora, dediquémonos al análisis del genoma! El análisis del genoma es un método que permite estudiar las alteraciones en el patrimonio hereditario. Entre estas alteraciones se pueden contar las innumerables pequeñas diferencias que conciernen a aquellos genes relevantes para la medicina, pero también, aquellas que identifican a cada uno de nosotros como un ejemplar genético único de la especie *Homo sapiens*. De este hecho profita la medicina forense, p.e., del análisis de ADN para establecer la paternidad y las violaciones sexuales, o para resolver el caso de Anna Anderson, que en definitiva no era una Romanov, hija del Zar, sino una simple obrera polaca. En el análisis de la genética humana, el análisis del genoma se ha transformado en una herramienta rutinaria imprescindible. Mientras antes, sólo se podía entregar a los padres datos estadísticos acerca de la posibilidad de transmitir a un hijo una enfermedad hereditaria, en la actualidad reina absoluta certidumbre al respecto. Esto resulta benéfico, puesto que si se identifica en el feto una enfermedad hereditaria, para algunos padres se justifica la posibilidad del aborto en esos casos, y pueden hacer un nuevo intento para engendrar niños sanos. Resulta mucho más difícil el manejo del análisis del genoma cuando se trata de comprobar enfermedades que no son curables. El derecho que le asiste a las personas de no querer saber sobre el desenlace de este tipo de diagnósticos debe ser protegido, de la misma forma, que el deseo de estar informados para organizar su vida de acuerdo a ello. Se puede añadir la agravante, por un lado, de que algunos defectos genéticos sólo predisponen a ciertas enfermedades, generando gran incertidumbre en la persona durante toda su vida. En segundo lugar, si se hace un diagnóstico p.e., de un gen defectuoso responsable de cáncer de mama, esto incluye al resto de los miembros femeninos de la familia en el grupo de riesgo, debido a la relación genética generacional, obligando a estos familiares a tomar medidas precautorias.

Y, por último, algunos terceros pueden comenzar a interesarse por este tipo de diagnóstico, como p.e., las compañías de seguros y las Instituciones de Salud Previsional. ¿Estas instituciones, basadas en un esquema solidario, terminarán marginando en el futuro no sólo a los fumadores y corredores de moto, sino también a personas sanas con mutaciones de riesgo, o permitirán su incorporación sólo si pagan cuotas más altas?

Con la ingeniería genética y la técnica genómica la venerable biotecnología se ha transformado en un nuevo desafío, un reto que debe plantearse la ciencia en conjunto con la sociedad. La impresionante velocidad con que se ha descodificado la anatomía del patrimonio hereditario de los organismos vivos, revela insospechadas perspectivas en el campo de la medicina y también en el ámbito de

la agricultura. En todo caso, esto no debe llamar a engaño pues, si bien la lectura del código genético atesora una inmensa cantidad de información, ésta constituye sólo uno de tantos requisitos para comprender cuál es el sentido y contenido de este código. Y esto es precisamente lo que deseamos conocer. Quien crea, que en el año 2005 podremos prescindir de los registros de laboratorio está profundamente errado, pues recién entonces estaremos en condiciones de tener realmente una visión global y, gracias a ésta, aprenderemos a comprender las causas de muchas enfermedades inexplicables hasta ese momento. Pero no nos llamemos a engaño. Ese nivel de desarrollo no nos dará la clave sobre la vida eterna, ni nos permitirá acabar con el hambre en el mundo y tampoco es la varita mágica para alcanzar una medicina libre de efectos secundarios. Tal como lo expresara Hans Georg Gadamer alguna vez, "el mundo no debe ser concebido sólo como un mundo de posibilidades ilimitadas". La discusión sobre los genes y sus limitaciones debe despertarnos del sueño biotecnológico, debe recordarnos que los seres humanos somos parte de esta naturaleza y hacernos responsables de ella justamente porque nosotros, los científicos, debemos desarrollar la ciencia de los hombres y para los hombres; si la biología llegará a ser la ciencia "per se" del siglo XXI, entonces no será para que el hombre sirva a la biología, sino por el contrario, para que ella se ponga al servicio del hombre.

### **Notas**

(1) Conferencia Pronunciada en el Salón de Honor de la Universidad de Chile, durante la ceremonia inaugural de la Reunión de ex Becarios del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) el 26 de septiembre de 1997.

La traducción estuvo a cargo de Reglindis Weingart y Mariella Albrecht.