

GENOMA HUMANO Y DIAGNÓSTICO GENÉTICO OPORTUNIDADES Y DILEMAS

Antonio VELÁZQUEZ

SUMARIO:

[I. Introducción] [II. Genoma Humano: el programa genético del homo sapiens]

[III. Detalles del genoma] [IV. Las bases genéticas de la individualidad]

[V. El diagnóstico genético] [VI. Implicaciones del diagnóstico genético]

I. INTRODUCCIÓN

1. Porque lo que somos, lo que cada nuevo ser está destinado a ser, se encuentra contenido en buena medida en el material genético del óvulo fecundado por el espermatozoide. Este material genético, aportado en partes iguales por el padre y la madre de cada nuevo ser, es el programa, el "manual de instrucciones", el software que será copiado una y otra vez a medida que el embrión se convierta en feto y el feto, en niño, para estar presente en todas las células de esa persona y determinar en grado importante sus características, no sólo físicas sino también mentales.

2. Porque está habiendo avances espectaculares en la tecnología para conocer, al mayor detalle, ese manual o programa. Esta tecnología hará posible -de hecho ya empieza a hacerlo- penetrar en la más profunda intimidad biológica de una persona, aun antes de que el embrión se implante en el útero de su madre.

El llegar a conocer hasta el más pequeño detalle el programa o manual de instrucciones de los seres humanos -el llamado Proyecto del Genoma Humano- se ha constituido en uno de los objetivos científicos de mayor prioridad de varios de los países más ricos del planeta y de muchas compañías industriales, en parte por razones de prestigio nacional, pero especialmente por los enormes beneficios económicos que se espera obtener de esos nuevos conocimientos científicos. El proyecto tiene como meta el año 2005, y está avanzando a pasos agigantados, especialmente en los Estados Unidos y en Francia.

Empresas científicas de esta envergadura se han dado antes (recuérdese el Proyecto Manhattan para fabricar la primera bomba atómica o el Proyecto Apolo para poner al primer hombre en la Luna). Pero es esta la primera vez en la historia de la ciencia y la tecnología que con parte intrínseca del proyecto, se están debatiendo sus posibles implicaciones éticas, legales y sociales. La parte científica y tecnológica es, en términos generales, de carácter universal. Pero las implicaciones pueden ser

muy deferentes de un país o otro, dependiendo de la cultura, tradiciones, leyes, hábitos y costumbres de cada uno.

En este simposio me toca dar, en forma muy somera, un marco de referencia que describa algunos aspectos básicos de la estructura y funcionamiento del genoma humano, así como algunos de los enfoques diagnósticos para descubrir a individuos portadores de cambios o mutaciones en el programa genético, esbozando las posibles consecuencias que para los derechos humanos, especialmente para el derecho a la intimidad, estos conocimientos y estos procedimientos tienen o pueden llegar a tener.

II. GENOMA HUMANO: EL PROGRAMA GENÉTICO DEL HOMO SAPIENS

Las instrucciones que especifican el funcionamiento de cada célula se encuentran en el programa genético contenido en el núcleo de cada una de ellas, que de esta forma constituye su "manual de instrucciones". Todas las células tienen el mismo manual, pero diferentes tipos celulares; por ejemplo, las del cerebro, las del hígado o las de la piel utilizan diferentes secciones o capítulos del programa. Más aún, el manual contiene la información para que de un embrión de una sola célula se desarrolle un individuo completo. Cuando una célula se va a dividir en dos, el programa se copia y cada célula hija recibe una copia idéntica. Por ello todas las células del cuerpo tienen el mismo manual. Una vez nacido el niño, sus procesos de maduración física e intelectual van siendo guiados por este programa genético. De hecho, a lo largo de toda la vida, el funcionamiento del organismo depende de este programa. Así, la declinación que representa el envejecimiento es en gran medida consecuencia de errores que se van acumulando en el manual con el paso de los años. También se sabe ahora que el cáncer resulta de errores acumulados en la sección del programa encargada de la producción celular.

Cada uno de nosotros es único, es persona. Aunque las instrucciones básicas del programa son similares en todos, el programa puede tener innumerables variaciones de detalle sin que llegue a modificarse en esencia. Variaciones que en la práctica se expresan en las distintas facciones, color de ojos, lo ensortijado del cabello, el timbre de la voz, la constitución física, los grupos sanguíneos, las huellas digitales; muy probablemente también -aunque sabemos menos de ello- el temperamento, rasgos del carácter, tendencias en la conducta, sensibilidades y afinidades. En suma, mucho de lo que nos distingue a uno y otros como individuos. No está ahí ciertamente toda nuestra esencia, pero sí el origen, la raíz de ella.

Al programa genético completo de cada persona le llamamos genoma; más abstractamente al de nuestra especie, genoma humano. Es nuestro manual completo de instrucciones. Aunque su expresión final son nuestros rasgos físicos y de comportamiento, lo que está realmente especificado en ese manual son los

procesos que continuamente se llevan a cabo en nuestras células y en nuestro cuerpo, y que denominamos metabolismo. La totalidad de los procesos que tienen lugar en un organismo vivo son resultado de un gran número de reacciones químicas que se llevan a cabo con una extraordinaria organización espacio-temporal. Normalmente existe una admirable armonía entre ellas, y cada una tiene lugar en un sitio, en un momento y a una velocidad precisos. Se encuentran integradas en los diferentes niveles de la organización biológica, y la segunda mitad del siglo veinte ha sido rica en descubrimientos sobre sus interrelaciones y los múltiples factores que inciden sobre ellas y modulan su funcionamiento. Estrictamente hablando, metabolismo es equivalente a vida, es lo que hace a los seres vivos escaparse, durante ese breve tiempo de existencia de cada uno, a la fatalidad de la entropía de la segunda ley de la termodinámica; la base no sólo de nuestros procesos fisiológicos, sensaciones y movimientos, sino casi seguramente también el sustrato de nuestros sentimientos, acciones y pensamientos.

Pero el que todas esas reacciones químicas que integran el metabolismo dependan de la información contenida en el genoma no significa de ninguna manera que exista un determinismo genético absoluto, como tampoco es válido hablar de un destino genético. Como veremos más adelante, el programa genético representa apenas el primer esbozo de lo que seremos y, dentro de ciertos límites, está en el medio ambiente y en nuestras propias manos la posibilidad de modelarlo, armonizando necesidad con libertad. El trazo básico de metabolismo está dado por los genes, que contienen la información determinante de la estructura macromolecular: enzimas, receptores, componentes membranales, conductos iónicos, hormonas, anticuerpos, proteínas del esqueleto celular y de las fibras intercelulares. Pero las reacciones metabólicas dependen igualmente de innumerables factores del entorno, tales como la accesibilidad de nutrimentos, radiaciones a lo largo de casi todo el espectro electromagnético, exposición a múltiples sustancias, entre las que se cuentan odíferos, saboríferos y ferhormonas, drogas y tóxicos y, naturalmente, otros seres vivos, desde microorganismos hasta individuos de nuestra propia especie.

El producto de esta interacción estrecha y constante entre el genoma y el medio ambiente, que principia en la concepción y no cesa hasta la muerte, es lo que somos, el llamado fenotipo: lo que podemos apreciar de cada ser, sea con nuestros sentidos o como poderosos instrumentos de observación. No hay, pues, una fatalidad genética: yo soy yo y mi circunstancia, como dijera Ortega y Gasset. Por ello uno de los problemas fundamentales de la nueva genética consiste en deslindar lo genético de lo ambiental, así como definir la interfase y las interacciones entre ambos.

Aunque apenas sabemos lo elemental, avances metodológicos, especialmente en los últimos diez o quince años, hicieron posible concebir la idea de conocer en forma completa el genoma humano. Nació así, con el apoyo económico del Congreso de los Estados Unidos, el Programa de Genoma Humano, ubicado administrativamente en los Institutos Nacionales de Salud y en el Departamento de Energía de ese país. Posteriormente otros países, particularmente Francia e Inglaterra, lo han asumido también como proyecto nacional.

III. DETALLES DEL GENOMA

La información genética está contenida en la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico, que se conoce universalmente por su acronímico en lengua inglesa: el DNA. Éste es una molécula muy larga, como una hebra o cadena, formada de la unión de unos cuantos componentes, que se repiten millones de veces con una estricta periodicidad. La información genética está cifrada en el orden en el que uno de estos componentes está acomodado a lo largo de la cadena. En realidad, una molécula de DNA está formada por dos de estas cadenas, entrelazadas en forma de una doble hélice, cada una siendo una imagen en espejo de la otra. El componente que le confiere su propiedad informativa al DNA se podría describir como una protuberancia lateral de una de las cadenas, que se encuentra acoplado a un componente similar de la otra cadena de acuerdo con reglas estrictas, lo que los hace parecer peldaños de una escalera de caracol, que sería la doble hélice. Dado que los componentes que forman esa especie de escalones no son iguales entre sí, en la secuencia que adoptan a lo largo de las cadenas moleculares está contenida la información genética.

Podemos comparar el genoma humano con un texto escrito con un alfabeto de sólo cuatro letras, a las que corresponderían esas protuberancias que forman parte de los componentes que técnicamente llamamos bases nitrogenadas (o, simplemente, bases): A, C, T y G, y así como con sólo 26 letras se ha podido escribir toda la literatura, igualmente con sólo cuatro letras se han podido escribir todos los textos biológicos, desde el de un humilde virus, un majestuoso pino, uno de los dinosaurios que reinaron hace más de 65 millones de años o un ser humano como Sócrates o Buda. Porque todos los seres vivos compartimos el mismo material genético, como todas las obras literarias comparten el mismo alfabeto.

Pero lo que hace del DNA la molécula maestra de la vida, de hecho el fundamento de la perpetuación de la vida, son las reglas estrictas que rigen la unión de los nucleótidos de las dos cadenas que forman la doble hélice y que permiten hacer copias fieles del texto para ir las repartiendo cada vez que una célula se divide en dos: la A de una cadena sólo puede unirse a la T de la otra y, de igual manera, la C puede acoplarse únicamente a la G. De esta forma, si se conoce la secuencia de letras de una de las cadenas, podrá inmediatamente deducirse la secuencia de la cadena complementaria. Estas sencillas reglas son las que hacen posible el copiado fiel del DNA, y por ello hicieron posible que se desarrollara la vida en nuestro planeta tal como la conocemos. Por otro lado, como veremos más adelante, estas reglas han sido la base de los procedimientos de diagnóstico genético que se han venido desarrollando en los últimos años.

En el lenguaje común la secuencia de letras en las palabras y frases les imparte su significado y les permite transmitir imágenes, ideas, pensamientos, deseos. En forma similar, en un programa genético la secuencia de bases en el DNA está organizada en segmentos que tienen significado biológico, como si fuesen frase en el texto de

la vida. Estos segmentos o frases los llamamos genes, y contienen la información para fabricar las proteínas y otras moléculas que serán, por un lado, las piezas para armar la estructura del cuerpo y, por otro, los directores ("catalizadores") de las reacciones químicas generadoras de energía, de la contracción muscular o del impulso nervioso.

En los humanos el manual de instrucciones contiene 3,000 millones de letras (bases). Como comparación, si se tratase de libros que cada página tuviese 3,000 letras, el manual ocuparía 1,000 volúmenes, cada uno con 1,000 páginas. Este manual está formado de aproximadamente 1,000,000 frases (genes). En esencia, el Proyecto del Genoma Humano consiste en descifrar este enorme texto y conocer el lugar preciso, el número del tomo, de la página, que ocupa cada palabra o frase.

En la realidad, las 3,000 millones de letras están contenidas en sólo 23 tomos o, lo que es lo mismo, en 23 diferentes largas moléculas de DNA. Y así como generalmente las hojas de un libro no están sueltas, sino encuadernadas, cada hebra de DNA está empaquetada dentro de estructuras que llamamos cromosomas y que con ciertos métodos las podemos ver con un microscopio, contar su número por célula y saber si hay defectos en su estructura. Uno de los miembros de cada par de los 23 cromosomas procede de la madre, y el otro, del padre.

IV. LAS BASES GENÉTICAS DE LA INDIVIDUALIDAD

Las razones por las que cada individuo es genéticamente diferente de todos los demás (excepto si tiene un gemelo idéntico) residen, por un lado, en la gran variedad de formas que puede tener cada uno de los aproximadamente 100,000 genes que tenemos los seres humanos, y por otro, en la forma sexual como nos reproducimos. Veamos la primera razón. Cada gen contiene las especificaciones de una estructura o de una función particular del cuerpo, pero el detalle de estas especificaciones puede variar. Las diferentes formas de un mismo gen las denominamos alelos, y pueden darse dentro de lo que consideraríamos como variación normal; por ejemplo, los distintos grados de pigmentación de la piel, o variedades fuera de lo normal, como en el caso de los albinos. Voy a usar un ejemplo para ilustrar esta idea. Es como si en cierta página de, por ejemplo, el tomo (el cromosoma) 16, hubiese una frase describiendo la forma, el color y la materia de la que está hecho un objeto que se encuentra sobre una mesa. Podría haber diferentes versiones de este texto descubriendo al objeto como cúbico, esférico o piramidal, o su color, como rojo, azul o amarillo; o hecho de madera o de plástico. Pero a lo que siempre se refiere esta frase -siempre que no haya un error de significado- es al objeto que está sobre la mesa.

Se sabe que la variación genética dentro de una especie, en particular la nuestra, es verdaderamente enorme. Lo podemos percibir a simple vista y se ha documentado al encontrar muchísimas diferencias en el DNA de distintos individuos. Más adelante nos referiremos al desarrollo de procedimientos para detectar estas

diferencias en alguna persona en particular, que es la esencia del diagnóstico genético. Por ahora lo que nos interesa es saber cómo al formarse un nuevo individuo se combinan estas variedades genéticas para dar lugar a un ser único e irrepetible, tal como admirablemente lo describe Herman Hesse en *Demián*:

hoy se sabe menos que nunca lo que es eso, lo que es un hombre realmente vivo, y se lleva a morir bajo el fuego a millares de hombres, cada uno de los cuales es un ensayo único y precioso de la Naturaleza. Si no fuéramos algo más que individuos aislados, si cada uno de nosotros pudiese realmente ser borrado por completo del mundo por la bala de fusil, no tendría ya sentido alguno relatar historias. Pero cada uno de los hombre no es tan sólo él mismo, es también el punto único, particularísimo, importante siempre y singular, en el que se cruzan los fenómenos del mundo sólo una vez de aquel modo y nunca más. Así, la historia de cada hombre es esencia, eterna y divina, y cada hombre, mientras vive en alguna parte y cumple la voluntad de la Naturaleza, es algo maravilloso y digno de toda atención. En cada uno es crucificado un redentor.

El inicio de cada individuo está en la formación de los gametos, el óvulo y el espermatozoide, que al juntarse darán lugar a la primera célula embrionaria. La variedad de óvulos o de espermatozoides que produce a lo largo de su vida un solo individuo es tan grande que, para fines prácticos, podemos decir que ninguno de ellos es igual al otro. Las consecuencias son que, excepto en el caso de gemelos, ninguna pareja puede tener dos hijos idénticos y que, como ya lo dijimos, no puede haber dos personas exactamente iguales entre sí. El mecanismo que explica esta admirable diversidad se llama recombinación genética, y voy a intentar explicarla, al menos en sus más grandes rasgos. Como una primera aproximación recordemos que cada gameto lleva solamente un miembro de cada uno de los 23 cromosomas; cuál de los dos, el de origen materno o paterno, es algo que queda completamente al azar cuando se forma un espermatozoide o un óvulo. Simplemente por esta razón existen más de ocho millones de combinaciones posibles. Pero además existe un mecanismo que aumenta muchísimos órdenes de magnitud este número ya de por sí tan grande de combinaciones. Dicho mecanismo, que se conoce como entrecruzamiento de los cromosomas (ésta es quizá la mejor traducción al castellano del término original en inglés, más preciso, *crossing-over*), se lleva a cabo durante la formación de los gametos, al aparearse cada cromosoma materno con su correspondiente paterno e intercambiar fragmentos entre sí. Podemos ejemplificarlo al combinar variaciones de la frase sobre el objeto que está sobre la mesa, que enunciamos anteriormente. Si se considera que estos entrecruzamientos ocurren centenas de miles de veces al formarse cada gameto, se entenderá que la variedad de gametos es casi infinita. Ésta es, pues, la raíz y el origen de nuestra individualidad, a la que se irán añadiendo, naturalmente, el cúmulo de experiencias de toda índole con el paso de los años.

V. EL DIAGNÓSTICO GENÉTICO

Hasta hace poco tiempo los procedimientos para efectuar un diagnóstico genético eran muy burdos. Apenas en 1956 se descubrió que el número normal de cromosomas en cada célula es de 46. Este avance fue consecuencia de una metodología más depurada e hizo a su vez posible descubrir, en 1959, que el poseer un cromosoma de más (el número 21) era la causa del síndrome de Down. A esta observación siguieron otras relacionando otros defectos cromosómicos con otras enfermedades. Pocos años después, a esta forma de diagnóstico genético se le encontró una aplicación. Se logró cultivar en el laboratorio, células procedentes de un feto contenidas en el líquido amniótico obtenido de una mujer en la decimoquinta o decimosexta semana de la gestación; en esos cultivos celulares se puede entonces averiguar si existe un defecto en los cromosomas o en alguna de las reacciones químicas del feto. Por ejemplo, en muchos países del mundo es una rutina el efectuar este diagnóstico prenatal a embarazadas de más de 35 años de edad, que con la edad van teniendo un riesgo mayor de dar a luz a un hijo con síndrome de Down. Cuando el diagnóstico es positivo, muchas de estas mujeres deciden interrumpir su embarazo. En estos países la prevalencia de esta enfermedad congénita ha disminuido considerablemente. En México, con excepción de estados como Veracruz y Quintana Roo, no está permitido el aborto cuando hay defectos fetales, lo que no obsta para que se practique regularmente en algunos de nuestros hospitales privados más prestigiados y que el diagnóstico prenatal se efectúe cada vez en mayor escala, aunque accesible únicamente a la población con mayores ingresos económicos.

En 1960 se desarrolló otra clase de diagnóstico genético con implicaciones muy diferentes. Bobo Guthrie, de la Universidad del estado de Nueva York en Buffalo, sublimó el dolor de tener un hijo con retraso mental, en una verdadera cruzada para que a todos los niños recién nacidos en los Estados Unidos se les aplicase el análisis de sangre que él había descubierto y que permite identificar a aquellos con una enfermedad hereditaria del metabolismo, la fenilcetonuria, a tiempo para darles un tratamiento que les evita el retraso mental al que una mutación genética los había destinado. En México, nosotros nos unimos a la cruzada de Bobo en 1972, y será apenas hasta este año cuando finalmente a todos los niños mexicanos nacidos en maternidades gubernamentales se les practique rutinariamente esta prueba. Por lo pronto, gracias a los estudios piloto conducentes a esta ambiciosa campaña nacional, son ya varios cientos de nuevos compatriotas que están creciendo con un intelecto normal y en quienes se ha podido frustrar un amargo destino.

Por prodigiosos que puedan parecer estos procedimientos, apenas si tocan la superficie del enorme bagaje de información que es el genoma humano, que hasta muy recientemente había permanecido inaccesible a nuestro estudio. La cosas empezaron a cambiar hace aproximadamente quince años, al irse desarrollando novedosas herramientas metodológicas que están haciendo posible estudiar directamente al DNA. Por ejemplo, es posible cortarlo con gran precisión en lugares específicos gracias a unas enzimas llamadas endonucleasas de restricción; separar los fragmentos así cortados por medio de electroforesis e identificarlos con sondas moleculares gracias a las reglas de complementaridad de las bases nitrogenadas. Más recientemente se ha desarrollado un procedimiento (la reacción en cadena de la polimerasa) que permite amplificar billones de veces en unas pocas horas cualquier gen en el que se esté interesado y así poderlo estudiar con gran facilidad y a bajos costos. Actualmente se pueden identificar, con gran precisión, a los

portadores de mutaciones responsables de más de un millar de enfermedades hereditarias y de tumores malignos. Gracias a los avances que está teniendo el Programa de Genoma, cuya velocidad no es exageración calificar de vertiginosa, el número de nuevas mutaciones dañinas descubiertas está aumentando en forma exponencial. Si se cumple a tiempo la meta del programa, como parece probable, ¡en el año 2005 podremos detectar cualquier "error tipográfico" en ese manual de instrucciones con 3,000 millones de letras, que es el genoma humano!

Pero el nuevo diagnóstico genético basado en el análisis directo del DNA no sólo será útil en lo que respecta a enfermedades hereditarias o a cáncer. Ya es posible el determinar, con absoluta precisión, de quién provino una muestra de DNA contenida en apenas unas gotas de sangre, de semen o, en teoría, ¡incluso de un solo cabello! Apenas hace falta señalar la enorme trascendencia de este análisis, llamado "de huellas digitales del DNA".

VI. IMPLICACIONES DEL DIAGNÓSTICO GENÉTICO

La nueva genética nos ha colocado en el umbral de una nueva era que traerá tantos cambios, que rebasarán con mucho los límites de la medicina o de la biología. La analogía que me viene a la mente es con las tres carabelas que partieron del puerto de Palos hacia China y la India y a las que se les atravesó el nuevo (para ellos) mundo de América. La verdad es que no sabemos realmente lo que vamos a encontrar al descifrar el manual de instrucciones de nuestra especie. En otra ocasión me referí -confieso que con temor- a la posibilidad de acercarnos a ese misterio que es la mente humana, cuando seamos capaces de leer el gran texto. En este momento sólo podemos especular sobre qué tanto nos ayudará a contestar la gran pregunta sobre el significado del ser humano. Pero a medida que va avanzando esta ambiciosa empresa científica, podemos ir leyendo fragmentos de los textos individuales, que es realmente en lo que consiste el nuevo diagnóstico genético. Y la pregunta que debemos plantearnos e intentar contestarla colectiva, democráticamente, es: ¿qué vamos a hacer con esta información? ¿A quién pertenece? ¿Cómo la vamos a utilizar?

Recuerdo a T. S. Elliot: "¿Where is the life we have lost in living? ¿Where is the wisdom we have lost in knowledge? ¿Where is the knowledge we have lost in information?"

El diagnóstico genético nos puede llevar a tratar a tiempo a un recién nacido y ayudarlo a que crezca como un humano normal, en vez de como un deficiente mental. Nos puede permitir descubrir una alta predisposición a padecer diabetes y a tomar medidas para reducir esa probabilidad, o cáncer, y estar alerta para descubrirlo en su etapa inicial, cuando es curable. Pero en otros casos el diagnóstico traerá la sentencia inapelable de que dentro de dos, tres o cinco décadas padeceremos una enfermedad devastadora e incurable como la Corea de Huntington, sin que nada podamos hacer para evitarla. En el caso del diagnóstico

prenatal el dilema es si abortar o no a un feto. Ahora podemos incluso estudiar una sola célula de un embrión producido por fertilización in vitro y decidir si lo implantamos o lo destruimos. Por otro lado, es real el peligro de que surjan nuevas formas de discriminación basadas en diferencias genéticas, en el empleo, al intentar obtener un seguro de vida, en la propia vida en comunidad. ¿No discriminamos actualmente en México a una persona que solicita un empleo, en función de una diferencia genética específica: el poseer dos cromosomas X en vez de uno junto con un cromosoma Y? Una expresión de un mayor grado de civilización de una comunidad consiste en la disposición de sus miembros a tolerar algunas incomodidades y a pagar algunos costos adicionales para compensar las desventajas de algunos; por ejemplo, los minusválidos. Por ello me sorprendió y me indignó el enterarme de que un distinguido maestro de nuestra Universidad le preguntó a una de mis alumnas si pensaba embarazarse, durante la entrevista requerida para ingresar al posgrado.

Aunque estas preguntas parecen ser suficientemente abrumadoras, hay facetas que las hacen aún más complicadas. ¿En donde trazamos la frontera entre lo normal y lo anormal? Hace poco se descubrió una mutación en un gen que aparentemente aumenta la probabilidad de que un varón tienda a la homosexualidad. Es una mutación muy poco frecuente. Aun si esta observación llega a comprobarse, contribuirá a explicar el comportamiento homosexual de una ínfima minoría de estas personas. La traigo a colación porque la quiero usar para plantear un dilema a mi juicio fundamental: supongamos que encontramos la mutación al realizar un diagnóstico prenatal. ¿Decidirá la madre interrumpir el embarazo al saber que ese nuevo ser tendrá una alta probabilidad de ser homosexual? ¿Es anormal el ser homosexual? Pienso que nuestro mundo sería mucho más gris y más obtuso si hubiésemos arrojado de la roca tarpeya a todos los homosexuales que han iluminado la conciencia humana y que han acrecentado con su sensibilidad el patrimonio artístico de la humanidad.

Como genetista no me corresponde dar respuestas, sino plantear preguntas. No disponemos de mucho tiempo, pero todavía tenemos un poco antes de que nos alcance y rebase la nueva tecnología genética. No se vale meter la cabeza en la tierra como las avestruces ni tampoco dejar que sean los filósofos, los moralistas o los legisladores de los países donde se está desarrollando el Proyecto del Genoma, los que respondan por nosotros las preguntas sobre a quién pertenece y cómo se debe usar la información genética. Sus respuestas podrán ser, en el mejor de los casos, una guía muy general. Tenemos una cultura, una historia, unas tradiciones, usos y costumbres propios, y es en nuestro propio contexto donde tenemos que buscar nuestras propias respuestas. Y aquí recuerdo la frase de Van Potter: "La sabiduría es el conocimiento para usar el conocimiento."