

ANÁLISIS BIOÉTICO DEL USO DE LA BIOTECNOLOGÍA GENÓMICA EN LA NUTRICIÓN TRASLACIONAL

BIOETHICAL ANALYSIS OF THE USE OF GENOMIC BIOTECHNOLOGY IN TRANSLATIONAL NUTRITION

ANÁLISE BIOÉTICA DO USO DA BIOTECNOLOGIA GENÔMICA NA NUTRIÇÃO TRASLACIONAL

Ana Laura de la Garza¹

Yael Zonenszain-Laiter²

RESUMEN

Los avances de la biotecnología y las fascinantes perspectivas de la genómica nutricional en el escenario de la práctica clínica conducen a la consideración de distintos aspectos que impactan en el beneficio integral del ser humano. En ese sentido, la integración de la nutrición personalizada en la atención clínica requiere de un análisis bioético centrado en la unidad de la persona que, con base en su perfil nutrigenético único, contribuya al cuidado de la salud por medio del tratamiento nutricional individualizado. El análisis bioético contempla los principios de totalidad terapéutica, libertad e integridad. Además, el uso de las pruebas nutrigenéticas destaca no solo la confidencialidad de datos, que se presupone, sino que lleva a considerar el derecho a la intimidad.

PALABRAS CLAVE (FUENTE: DECS): Bioética; persona; genómica nutricional; libertad; verdad.

DOI: 10.5294/pebi.2022.26.2.4

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO / TO REFERENCE THIS ARTICLE / PARA CITAR ESTE ARTIGO

De la Garza AL, Zonenszain-Laiter Y. Análisis bioético del uso de la biotecnología genómica en la nutrición traslacional. *Pers Bioet.* 2022;26(2):e2624.

DOI: <https://doi.org/10.5294/pebi.2022.26.2.4>

- <https://orcid.org/0000-0002-6049-903X>. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ana.dlgarzah@uanl.mx
- <https://orcid.org/0000-0001-6273-4921>. Universidad Anáhuac, México. yael.zonenszainl@anahuac.mx

RECEPCIÓN: 30/04/2022

ENVÍO A PARES: 03/05/2022

APROBACIÓN POR PARES: 08/08/2022

ACEPTACIÓN: 06/09/2022

ABSTRACT

The advances in biotechnology and the fascinating perspectives of nutritional genomics in clinical practice have led to considering various aspects that impact the comprehensive benefit of the human being. Integrating personalized nutrition in clinical care requires a bioethical analysis focused on the person who, based on their unique nutrigenetic profile, contributes to health care through individualized nutritional treatment. The bioethical analysis contemplates the principles of therapeutic totality, freedom, and integrity. In addition, the use of nutrigenetic tests highlights not only the confidentiality of data, which is assumed, but also the right to privacy.

KEYWORDS (SOURCE: DECS): Bioethics; person; nutritional genomics; freedom; truth.

RESUMO

Os progressos da biotecnologia e as fascinantes perspectivas da genômica nutricional no cenário da prática clínica conduzem à consideração de diferentes aspectos que impactam no benefício integral do ser humano. Nesse sentido, a integração da nutrição personalizada no atendimento clínico requer de uma análise bioética centralizada na unidade da pessoa que, com base em seu perfil nutrigenético único, contribua para o cuidado da saúde por meio do tratamento nutricional individualizado. A análise bioética contempla os princípios de totalidade terapêutica, liberdade e integridade. Além disso, o uso das provas nutrigenéticas destaca não somente a confidencialidade de dados, que se pressupõe, mas sim que leva a considerar o direito à intimidade.

PALAVRAS-CHAVE (FONTE: DECS): Bioética; pessoa; genômica nutricional; liberdade; verdade.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las intervenciones nutricionales basadas en el genotipo de la población pueden ser una estrategia para personalizar de manera más efectiva los planes de alimentación y favorecer así los resultados del tratamiento. Sin embargo, aunque estamos en la época de la posinformación, con el conocimiento del conjunto de datos biométricos que corresponden de manera exclusiva a cada individuo, se está perdiendo la visión integral de la persona humana, lo que conduce a un naturalismo materialista y lleva a buscar causas que muchas veces pueden ser confundidas con manifestaciones de la condición de un estado de salud. En ese sentido, los principales desafíos de la genómica nutricional traslacional abarcan consideraciones bioéticas, incluyendo los principios de totalidad terapéutica, libertad e integridad, así como el estudio de los beneficios de las pruebas nutrigenéticas en la salud de la población. Por ello, el objetivo del presente artículo de reflexión es determinar el uso bioético de la biotecnología genómica en la práctica clínica para el tratamiento nutricional personalizado. El análisis implicó la descripción de los problemas desde la perspectiva de la bioética, así como determinar las amenazas a la libertad y referenciar los principios éticos involucrados desde un fundamento racional y realista, centrado en la persona.

BIOTECNOLOGÍA GENÓMICA Y SUS IMPLICACIONES BIOÉTICAS CENTRADAS EN LA PERSONA

La revolución 4.0 está ocasionando grandes cambios en la sociedad, especialmente vinculados a los avances científicos y tecnológicos iniciados a finales del siglo XX. En el campo de las ciencias de la salud, la biotecnología es una ciencia que utiliza seres vivos, sus partes o derivados

para el desarrollo de productos o procesos (1). Por otro lado, la genómica es la ciencia que estudia el genoma completo (2). En ese sentido, la biotecnología genómica es el estudio sistemático y el diseño de herramientas vinculadas al conjunto de genes y su implicación para el desarrollo de pruebas diagnósticas y terapéuticas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define prueba genética como “todo examen de laboratorio que analiza material genético, sea a nivel de gen o cromosómico, o realizando una prueba sobre un producto genético, una proteína estructural o una enzima” (3).

Las pruebas genéticas que analizan polimorfismos se han estado asociando con la alimentación. Así, han surgido las pruebas nutrigenéticas, que, con base en el análisis del ADN, describen cómo las variaciones genéticas influyen en las respuestas interindividuales a un patrón alimentario (2, 4). La variación genética trae como consecuencia una variabilidad fenotípica que conlleva una mayor susceptibilidad o resistencia individual a las enfermedades (5). En la mayoría de los casos, la variación genética consiste en cambios en un solo par de nucleótidos del ADN, evento conocido como polimorfismo de nucleótido único (*single nucleotide polymorphism*, SNP), aunque también puede deberse a variaciones mayores causadas por inserciones, deleciones y por la aparición de secuencias repetidas, entre otras razones. Los polimorfismos son variaciones en un lugar determinado de la secuencia de ADN de los genes de los individuos y tienen lugar en más del 1 % de la población (5). Los polimorfismos pueden ser utilizados como marcadores genéticos de distintas enfermedades. Es posible que poseer ciertos SNP sea un factor de riesgo para presentar alguna enfermedad (6). Estas herramientas biotecnológicas han conducido a un avance en el conocimiento de la ciencia de la nu-

trición, que, con base en la unicidad e individualidad de la persona, comprende las necesidades nutricionales de cada individuo para mantener un estilo de vida saludable (7). Hoy en día, los profesionales de la salud pueden utilizar el conocimiento basado en la genómica para el desarrollo de intervenciones dietéticas individualizadas con la finalidad de personalizar el tratamiento preventivo o terapéutico para el control de peso corporal (6).

Así, los avances de la ciencia y el uso de la biotecnología genómica se están aplicando en la consulta de nutrición para conseguir un tratamiento personalizado (8). Por un lado, los avances de la ciencia pueden permitir un análisis más profundo de la relación nutrición-salud, esto es, la identificación de biomarcadores moleculares que pueden complementar el diagnóstico integral de la persona, para contribuir a un mejor seguimiento preventivo o terapéutico con base en la nutrición tradicional (9). Sin embargo, la prisa y la inmediatez llevan a considerar que la tecnología puede superar los métodos tradicionales, que implican tiempo, un mayor apego al tratamiento y, en ocasiones, no necesariamente un resultado exitoso (10). Es decir, que se está atribuyendo el éxito y seguridad del tratamiento a la aplicación de los avances de la ciencia y la biotecnología en la consulta de nutrición para la pérdida de peso (11). Lo anterior puede conducir al establecimiento del progreso o avance de la ciencia en la capacidad de uso de las nuevas técnicas biotecnológicas. Por lo que esta consideración puede llevar a establecer el límite de uso y aplicación de la biotecnología en la factibilidad del hecho, esto es, ¿se puede?, entonces se considera que su uso es posible y además se le atribuye un resultado positivo (12).

Hoy en día, se considera que todo es posible mientras la ley lo autorice. Sin embargo, ¿dónde está el límite

capaz de proteger al ser humano en su integridad? Por un lado, establecer el límite en lo factible puede reducir la unidad del ser humano a la dimensión biológica, encapsulando el conocimiento en el método experimental y terminando por fragmentar a la persona humana. Es decir, que se puede perder el sentido de trascendencia del ser y conducir a una fragmentación de la persona en sus distintas dimensiones fundamentales (espiritual, psíquica y biológica) (13). Sin embargo, el progreso científico y tecnológico debería considerarse cuando está orientado al servicio del ser humano y a la búsqueda de la verdad (14). Pero ¿cómo identificar lo verdadero en el uso de los avances biotecnológicos? “Verdadero significa que conocemos algo tal y como es. Es decir, hay verdad si se da una conformidad entre las cosas y nuestro conocimiento acerca de ellas. La verdad es la conformidad entre la realidad y el pensamiento” (15).

Si bien la consideración de verdad implica el entendimiento del sujeto (profesional de la salud), esta radica principalmente en lo real, y es la persona que se acerca y aprehende aquello. Sin embargo, la realidad es compleja y los avances tecnológicos han conducido al aumento de la posibilidad de aprehensión de la realidad. Cada vez tenemos más datos sobre el propio ser humano que puedan asociarse con su estado de salud. Podemos decir que hay una acumulación de conocimientos, un exceso de información, pero, al mismo tiempo, una incapacidad de análisis e integración, lo que puede llevar a perder la visión integral del ser humano (16).

Y ¿de qué manera es posible conocer la realidad? Existen distintos medios para conocer la verdad: el conocimiento espontáneo, el afectivo, el científico-experimental, que no son excluyentes entre sí, sino que se reclaman mutuamente (13). En ese sentido, la absolutización de

una sola forma de conocimiento puede comprometer la totalidad del conocimiento personal. Existen muchos métodos o caminos para alcanzar la verdad para todos (pluralidad). Precisando, vivir en una sociedad plural no significa afirmar que cada uno tiene su verdad (pluralismo) (14). El pluralismo puede conducir a la postura escéptica que considera que lo que es verdad para unos no lo es para otros, por lo que la verdad puede confundirse con una opinión. Así, mientras que la verdad es *objetiva*, la opinión es la idea *subjetiva* de la realidad, que se forma a través de la percepción por medio de los sentidos. En este contexto, el profesional de la salud se puede acercar a la verdad (conocimientos, experiencia, criterio) y emitir una opinión, que, según su adecuación con la verdad, puede estar más cerca de esta o incluso ser errónea.

La verdad no es el resultado de la opinión de la mayoría. Por ejemplo, el investigador Alex Edmans señaló en una TED Talk, en 2017, que hoy en día existe una tendencia a aceptar información que respalde nuestros intereses personales, lo que lleva a recibir una historia como un hecho, un hecho como información y una información como evidencia. Por lo que fundamentar el éxito de un tratamiento dietético en la capacidad de aplicación de nuevas herramientas biotecnológicas puede conducir a un sesgo de confirmación, considerando que un hecho aislado *atípico* no es lo común. Así, a pesar de que estamos en la era de la posinformación, también se vive una época de especialización, que puede llevar a perder la visión integral. Es posible que los avances científicos y tecnológicos propicien el abandono de otras técnicas tradicionales (17). En ese sentido, la aplicación de las pruebas nutrigenéticas debe considerarse de forma gradual y no repentina, integradora y no sustitutiva. Por otro lado, dejar la exclusividad del éxito terapéutico a la aplicación de esta biotecnología sería reducir las causas

de la enfermedad al genotipo de cada individuo y puede conducir a riesgos tecnocientíficos mediante una acción anticipada (18).

Además, el escepticismo puede conducir a un olvido de datos pasados. Así responde el Cardenal Robert Sarah a la pregunta “¿cómo interpreta usted el escepticismo de la modernidad frente al pasado y sus tradiciones?”: “El hombre moderno occidental desprecia el pasado. Está orgulloso de su civilización, que considera superior a todas las que la han precedido. Esa ilusión nace de los progresos en el campo científico y tecnología [...]” (19).

Entonces, el desarrollo tecnológico gana un protagonismo que desplaza conocimientos y experiencia precedentes, y sustituye con los nuevos avances el saber que, en su momento, fue significativo para el propio progreso de la ciencia. Esto es, que en lugar de buscar la integración, se procura el olvido, lo que conduce a un conocimiento exclusivo y, por tanto, inclinado hacia la búsqueda de certezas absolutas.

Rosa María Calaf, hablando sobre el periodismo actual y su capacidad de informar, señala que se quiere hacer creer que “lo último es más importante que lo anterior”. Así, esto mismo se puede analizar a la luz del uso de nuevas herramientas biotecnológicas para el cuidado de la salud. Hoy, la prisa regula las acciones del hombre, en busca de una solución rápida y fácil a los problemas de salud. Cuando lo inmediato es el motor de la conducta humana, puede conducir a una pérdida de análisis y reflexión, clave para la integración de los nuevos conocimientos en el campo de la biotecnología. El uso de pruebas nutrigenéticas requiere una comprensión más profunda de la dimensión biológica del ser humano, pero sin perder de vista la unidad de la persona, es decir, sus dimensiones

espirituales y psicológicas. La capacidad de obtención de mayor información demanda la capacidad de analizar el conjunto de datos (*big data*) para desarrollar una opinión con base en la objetividad del conocimiento. Así, el desarrollo del espíritu crítico es clave para la adecuación de dicho conocimiento a la realidad, en este caso, el paciente. Es decir, que la nutrición personalizada requiere de este proceso de integración, análisis y comprensión de la información que pertenece a una persona (individuo de naturaleza humana), con características propias, que lo hace un ser único e individual. Por lo que fundamentar la aplicación de estas herramientas al consenso o a la mercadotecnia, sin un análisis centrado en la persona, podría llevar a un instrumentalismo y a una disgregación entre la teoría y la práctica (20).

Las reflexiones de Romano Guardini sobre la disolución de la creación orgánica llevan a la consideración de la relación entre la verdad teórica y la verdad práctica:

La cultura anterior a la irrupción total de la técnica estaba caracterizada por el hecho de que el hombre podía tener también la vivencia personal de lo que conocía teóricamente y ejecutaba con sus manos. El campo del conocimiento y de la acción, por un lado, y el de la vivencia por otro, se superponían en una medida que determinaba la actitud total. De ahí resultaba la armonía peculiar, el carácter orgánico que define, para nuestro sentimiento, la cultura anterior a la técnica. (21)

Esto es, que cuando hay una mayor coherencia entre la verdad teórica (lo que se piensa) y la verdad práctica (lo que se vive), se demuestra el contacto con la *realidad* a través de las acciones con sentido humano (15). Sin embargo, puede resultar común que la aplicación de

recursos biotecnológicos impida la interacción entre el profesional de la salud y el sujeto-paciente, lo que lleva a una posible insensibilidad e indiferencia del ser humano y, también, sin embargo, a aumentar la objetividad (ver como *algo* y no como *alguien*) que el propio método experimental ha conseguido. Ello significa que el uso de novedades biotecnológicas puede inducir una pérdida del sentido humano, lo que implica olvidar la causa final del desarrollo biotecnológico.

Hoy en día, existe un riesgo de instrumentalizar al ser humano y se puede llegar a perder la frontera entre sujeto y objeto. La aparición de la frialdad objetiva puede reducir a la persona a un conjunto de *genes* o de *variantes genéticas*, lo que comporta una atención volcada hacia la valoración de la dignidad de la persona que radica en su ser y, por tanto, un análisis a la luz de los principios y valores de la bioética (12).

Así, se han estado desarrollando filosofías que nacen de ideologías *materialistas* que tienden a reducir la dignidad humana. Por ejemplo, desde dichas ideologías la reflexión se enfrenta a una consideración de la persona como un objeto o una especie más de un mundo que se explica en términos materialistas. Por otro lado, pensadores como Mounier buscan la dimensión espiritual de la persona, considerando como centro la persona en su integridad (13).

En ese sentido, siguiendo la definición de persona que da Boecio: “sustancia individual de naturaleza racional”, Robert Spaemann justifica el fundamento de la dignidad humana en el ser. Es decir, que la persona es *alguien*, es distinta a otro ser, que le atribuye una consideración particular por su naturaleza individualizada. Las personas son seres que son lo que son, en forma diferente de los

demás seres. Una persona es, por lo tanto, no solo *algo* meramente material, sino *alguien*. Es así como Spaemann entiende a la persona no con base en su dimensión biológica (material u orgánica), sino como al ser que se actualiza a partir de la naturaleza humana (10, 22).

Sin embargo, la cultura actual ha modificado el concepto de persona, prevaleciendo el concepto empirista-materialista en lugar del ontológico, lo que podría cuestionar la identidad de cada individuo.

Es así como revalorizar la dignidad de la persona, el valor fundamental de la vida y de la trascendencia del ser, conduce a resolver problemas que han surgido con la corriente filosófica del materialismo. Además, los avances en el conocimiento del genoma humano y sus aplicaciones en la ciencia de la nutrigenética destacan también la importancia de hacer un análisis centrado en la persona. Estos hallazgos de la genómica nutricional han sido la base de investigaciones con fines preventivos y terapéuticos, sin embargo, también abren información muy particular de cada persona que puede hacerla más vulnerable, si las herramientas biotecnológicas no se emplean al servicio del ser humano (23). La vida representa el valor fundamental de la persona. El derecho a la intimidad protege la vida privada, por lo que resulta esencial para el reconocimiento de su dignidad: “El vínculo existente entre el principio de integridad y de la dignidad humana y el respeto del derecho a la intimidad, reside en esta característica del derecho a la intimidad: que es esencial para la formación de la personalidad y para el reconocimiento de la dignidad de la persona” (3).

Por lo tanto, hablar de intimidad nos lleva a su raíz latina *intimus*, que significa ‘lo más interior’. Y, en la dimensión biológica, la información genética es la información más

íntima de una persona (24). El genoma humano identifica la individualidad de la persona, por lo que el derecho a la intimidad es uno de los que mejor representan el valor de la persona desde su integridad, esto es, reconoce la unidad de esta y su dignidad, fundamentada en su ser (25, 26).

Es común que el derecho a la intimidad se confunda con el derecho a la confidencialidad. Sin embargo, el derecho a la confidencialidad protege la divulgación de datos, mientras que el derecho a la intimidad custodia el ámbito privado de la persona. Para garantizar el derecho a la intimidad, es necesario el derecho a la confidencialidad, sobre todo por parte del profesional de la salud, pero no basta solo la protección de datos para respetar la dignidad de la persona en razón de su unidad, unicidad e individualidad (27, 28).

PERSONA, LIBERTAD Y RESPONSABILIDAD

El ser humano se determina como persona por medio de sus actos. En ese sentido, la persona se presenta como el principal protagonista de su propia existencia. Según Tomás de Aquino, la persona, *substancia* (perteneciente a la naturaleza humana) individual (sustancia primera, subsiste en un individuo), es un ser subsistente racional, por lo que todo lo subsistente es individual y, además, ese ser que subsiste en sí obra por sí mismo, que es de donde procede la libertad (29). Así, al actualizar la naturaleza humana (principio de operaciones), la persona tiene la capacidad de configurarse y perfeccionarse a través de estas operaciones, lo que determina su individualidad (naturaleza individual) (13).

En todo ser humano está inscrita la libertad como rasgo específico, una libertad fundamental que es natural y que

consiste en la apertura a todo lo real como producto de la integración de la inteligencia y de la voluntad. Esto es, que la libertad no es un hábito o un acto de la voluntad, sino que es una potencia espiritual del ser humano, por lo que otorga a sus acciones libres la propiedad de actos humanos. Cabe señalar que esos actos humanos, libres y voluntarios, se diferencian de los actos del hombre, que, por referirse a procesos que no poseen un dominio sobre ellos, no son libres, por ejemplo, la digestión.

Entonces, la libertad no es un acto, es el principio de un acto, es el origen de acciones que una persona, con su inteligencia y voluntad, *decide* hacer por ser lo que considera verdadero y bueno en la línea de su fin último.

La persona *decide* con los actos que establece. Así, porque es libre, puede pensar, querer, tomar una decisión que considere la mejor. En ese sentido, la libertad es personal, se actualiza en cada individuo, que, perteneciente a la naturaleza humana, se determina como ser libre. Entonces, la persona es libre porque es causa de sí misma, esto no en relación con la autocausalidad, sino con la determinación de ser individual por sus propios actos que actualizan su ser (30).

La capacidad de una persona para *decidir* por sí misma, es decir, la autodeterminación, es movida por la causa final (primera en intención, última en ejecución), configurando lo que es el *esse* como acto de ser y no como esencia o potencia (causa formal). Es así como la libertad fundamenta las dimensiones de la esencia humana. Esto lleva a considerar que la dimensión de la persona *libre* permanece en cuanto la persona es ese ser *subsistente*, por lo que considerar que la persona es libre por los actos que produce o decide sería reducir a la persona a hechos externos. Por el contrario, es desde el interior de donde

proceden las decisiones que pertenecen a ese ser individual. En tal sentido, los actos libres siguen al ser libre, porque para actuar libremente hay que ser una persona libre, todo actúa según su naturaleza (29).

Entonces, es la causa formal de la persona humana lo que determina, mientras que la causa material es lo determinable. Pensando en el genoma humano, este podría ser la causa material de la persona, que la hace irrepetible, sin embargo, no es lo que la *determina* como ser único. Por el contrario, el naturalismo materialista establece en la causa material lo que determina. La ciencia, en su esfuerzo por comprender la complejidad del ser humano y poder explicar las características propias de la persona, busca en el principio de causalidad los posibles factores que están involucrados en la salud-enfermedad de la persona (31). Sin embargo, no cuenta con la capacidad de autodeterminación del hombre, su capacidad de decisión y, además, sus limitaciones, derivadas de la propia naturaleza humana. En ese sentido, en lugar de considerar que el hombre es causa de sí mismo, la ciencia otorga *las causas* a ciertas características o determinados sucesos que terminan por ceder a lo determinable, que en este caso podríamos decir que es el genotipo, el poder de determinación, siendo la causa formal lo que determina, la libertad personal.

Lo anterior, mejor conocido como determinismo, es defendido por Laplace, que pensaba que: “dado un estado del universo, como sus leyes de la mecánica eran omniabarcantes, todos sus estados posteriores estaban predeterminados por la situación presente” (32). Por lo que queda claro que para el determinismo no existe la libertad personal. Así, el determinismo es la postura según la cual los eventos ya están predeterminados en sus causas.

Entonces, el determinismo de Laplace es la causa de un naturalismo materialista, que fundamenta en la materia, el genotipo, la predicción del desarrollo de enfermedades o de la respuesta a planes personalizados de nutrición.

Con frecuencia puede confundirse el término causa con condición. La palabra causa proviene del latín *causae*, que significa ‘origen’ o ‘principio’, ‘razón’ o ‘explicación’. Así, la causa es un principio que influye en el ser de una cosa en el cual, en cierto sentido, el efecto producido es dependiente de esta, mientras que la condición es aquello que puede contribuir para que la causa conduzca al efecto. En este sentido, el genotipo puede ser una condición propia de la materia de la persona que contribuye en la susceptibilidad al desarrollo de enfermedades crónicas, como la obesidad (33). Así, puede decirse que una persona está condicionada por el genotipo en la protección-riesgo de padecer una enfermedad, sin embargo, no significa que el genotipo *cause* la enfermedad.

Aunque el genoma sea único e individual, no es lo que determina a la persona y, por lo tanto, su salud. Más allá del genoma, el principio de individualidad está en la integridad de la persona humana, con sus dimensiones biológica, psíquica y espiritual. Como ser *subsistente* de naturaleza humana, tanto la forma sustancial y las formas accidentales son las que determinan a la materia. Por otro lado, existen factores sociales y ambientales que participan en la individualidad del ser humano. El hombre es social por naturaleza, así, la interacción del ser humano con su medio ambiente ha permitido diferentes adaptaciones físicas y biológicas que impactan en sus características fenotípicas y genotípicas.

La especie humana (*Homo sapiens*), actualmente alrededor de ocho mil millones de individuos, se divide en

caucásicos, africanos, asiáticos y amerindios (34). Estos cuatro grandes grupos, con características genéticas distintas, se denominan razas, y cada una está formada por numerosos subgrupos poblacionales, con diferencias genéticas entre sí, denominados grupos étnicos (35). Así, los rasgos característicos de cada raza se heredan con ciertos grados de variación entre individuos, sin embargo, la genética de cada población también está sujeta a factores que la modifican, como la selección natural, las mutaciones y los polimorfismos (36). De esta forma, las diferencias biológicas entre los seres humanos pueden estar *condicionadas* por la interacción entre el genoma y el ambiente (37).

En ese sentido, el ambiente interacciona con el ser humano, programándolo para adaptarse y responder ante las exigencias del medio externo. Así, a lo largo de los años y gracias a estudios epidemiológicos, se ha demostrado que gran parte de lo que somos se modula por el medio ambiente en el que nos desarrollamos (38). Esta teoría fue propuesta hace más de 200 años por el zoólogo francés Jean-Baptiste Lamarck, quien sentó las bases de la evolución que más tarde el biólogo Charles Darwin formularía en su libro *El origen de las especies* (1859). Para Lamarck, el ser humano estaba en constante interacción con el medio ambiente, lo que induce cambios en sus características fenotípicas. Lamarck pensaba que existía algo que tenía la capacidad de cambiar estas características y que, además, podía transmitirse a la descendencia, proponiendo los inicios de la epigenética (31).

La epigenética se define como el estudio de los cambios heredables en la expresión génica que se producen en ausencia de cambios en la secuencia nucleotídica del ADN, como la metilación del ADN, modificación de

histonas y la expresión de mi-ARN (39). Así, el ambiente (incluyendo la alimentación) interactúa con el epigenoma, altera la expresión de genes y establece una relación entre el ambiente (dieta) y la salud (40).

Entonces, los polimorfismos o variantes genéticas pueden participar en la interindividualidad de las personas, lo que las hace responder de una forma diferente a los alimentos (33). Sin embargo, no es la única causa de las diferencias en las respuestas metabólicas. Existen otros factores que pueden intervenir en esa respuesta, lo que conduce a considerar *condiciones*, más que el principio de causalidad. Hoy en día, se está otorgando un poder *causal* a los resultados de las pruebas nutrigenéticas para encontrar las causas de la obesidad en esas variantes interindividuales, y con esta premisa se realizan cálculos estadísticos para concretar en números la posibilidad de predecir un comportamiento humano.

La ciencia intenta buscar explicaciones *objetivas* de la persona humana calculando modelos matemáticos que subyacen a la realidad, con lo que otorga un poder de confianza a la posibilidad de cuantificar, en el lenguaje científico, sucesos que pertenecen a la unidad del ser humano. Este tipo de explicaciones causales podría limitar la identificación de la causa final de la persona. Así, en el análisis de casos de nutrición, además de la duda razonable, tenemos el uso de la certidumbre estadística (41). Esto es, fundamentar hechos y situaciones multicausales en cálculos estadísticos, que, si bien contribuyen al estudio de las enfermedades, muchas veces adquieren un poder ciego, sin considerar que algunas pruebas estadísticas no establecen causas ni efectos de lo que se está analizando (42). Específicamente, en los estudios relacionados con la nutrigenética, la mayoría de estos son transversales y no longitudinales, esto es, que

la información que puede otorgar un estudio transversal es una correlación entre variables (43-45). Sin embargo, aunque, según el método estadístico utilizado, se pueden ajustar ciertas variables para identificar factores *condicionantes* de la enfermedad, no quedará claro el efecto multicausal. Una asociación en nutrición indica la relación de dos fenómenos, sin indicar causa o consecuencia. Entonces, los esfuerzos por brindar una nutrición personalizada se pueden inclinar hacia una categorización de la salud en términos cuantificables. La salud no debería entenderse como algo esencialmente cuantificable, ya que ese estado de bienestar se atribuye a la persona, que es una, única e individual.

CONCLUSIONES

La revolución 4.0 y la posible vulnerabilidad de la persona humana —aunada a esos avances biotecnológicos— conducen a un análisis sobre la trascendencia del ser humano y los desafíos a los que la bioética se enfrenta. En primer lugar, el principio de totalidad terapéutica presupone el análisis del uso de la biotecnología centrado en la persona humana como un ser único e individual, es decir, que la aplicación de las pruebas nutrigenéticas en la práctica clínica debe estar orientada a la persona humana y a la búsqueda de la verdad y el bien común. Así, la bioética personalista no busca bloquear los avances biotecnológicos, sino orientarlos a la búsqueda de beneficios en la salud de las personas, complementando el proceso de atención nutricia para obtener un mejor diagnóstico y un posible tratamiento de la enfermedad. Lo contrario, es decir, la aplicación de las herramientas biotecnológicas como *método exclusivo* para el éxito en el tratamiento, puede reducir a la persona humana a su dimensión biológica y confundir las posibles causas de enfermedad con ocasiones de susceptibilidad. Aunque la

variación genética interindividual contribuye a la unicidad de la persona desde la dimensión biológica, existen otros factores que complementan la individualidad de los seres humanos.

Hoy se habla de una nutrición preventiva, predictiva, participativa y personalizada. Esto quiere decir que los avances biotecnológicos están conduciendo a una nutrición posmoderna. Sin embargo, aunque la nutrición 4.0 propone una nutrición personalizada, ¿es la nutrición basada en el genotipo una nutrición personalizada o categórica? Por ello se propone una valoración bioética que contemple a la persona, en su integridad, como protagonista de los hallazgos biotecnológicos.

“Actúa de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica” (46).

Si bien lo ideal en los avances tecnológicos es que exista una finalidad unida al bien del ser humano, muchas veces no existe el cuestionamiento sobre la trascendencia de los descubrimientos y sus posibles aplicaciones en la vida de la persona. Entonces, ante el enfrentamiento real del desarrollo biotecnológico, prima el cuidado de la persona, lo que Jonas concretó en la dimensión responsable de los actos humanos.

La técnica moderna ha introducido acciones de magnitudes tan diferentes, con objetivos y consecuencias tan imprevisibles, que los marcos de la ética anterior ya no pueden contenerlos (46). Por esta razón, el límite que considera factible lo que se puede hacer conduce a la necesidad de establecer ciertos criterios y lineamientos centrados en la búsqueda del cuidado de la salud y de la vida. Esto es, que el grado de responsabilidad en el uso

de la biotecnología genómica debe ser proporcional a los posibles riesgos asociados a ese uso. Es así como el principio de responsabilidad puede contribuir a regular los riesgos del uso de las pruebas nutrigenéticas sobre la integridad de la persona.

REFERENCIAS

1. Glass S, Fanzo J. Genetic modification technology for nutrition and improving diets: an ethical perspective. *Curr Opin Biotechnol.* 2017 apr 1;44:46–51. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.005>
2. Mathers JC. Nutrigenomics in the modern era. *Proc Nutr Soc.* 2017 ago 7;76(03):265-75. <https://doi.org/10.1017/S002966511600080X>
3. Duque RE. Capítulo IV. El derecho a la intimidad de la información genética. *Ética biomédica Aspectos sociales de la biomedicina.* EUNSA; Pamplona; 2019. p. 231-85.
4. Ordovas JM, Ferguson LR, Tai ES, Mathers JC. Personalised nutrition and health. *BMJ.* 2018 Jun 13;361:bmj.k2173. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2173>
5. Kohlmeier M, De Caterina R, Ferguson LR, Görman U, Allayee H, Prasad C, et al. Guide and Position of the International Society of Nutrigenetics/Nutrigenomics on Personalized Nutrition: Part 2 - Ethics, Challenges and Endeavors of Precision Nutrition. *J Nutrigenet Nutrigenomics.* 2016;9(1):28-46. <https://doi.org/10.1159/000446347>
6. Grimaldi KA, van Ommen B, Ordovas JM, Parnell LD, Mathers JC, Bendik I, et al. Proposed guidelines to evaluate scientific validity and evidence for genotype-based dietary advice. *Genes Nutr.* 2017;12(1):35. <https://doi.org/10.1186/s12263-017-0584-0>
7. Fenech M. Genome health nutrigenomics and nutrigenetics – diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis. *Food Chem Toxicol.* 2008;46(4):1365-70. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.035>

8. Ferguson LR, De Caterina R, Görman U, Allayee H, Kohlmeier M, Prasad C, et al. Guide and Position of the International Society of Nutrigenetics/Nutrigenomics on Personalised Nutrition: Part 1 - Fields of Precision Nutrition. *J Nutrigenet Nutrigenomics*. 2016;9(1):12-27. <https://doi.org/10.1159/000445350>
9. Roqué MV, Macpherson I, Gonzalvo Cirac M. El principio de precaución y los límites en biomedicina. *Persona y Bioética*. 2015;19(1):129-39. <https://doi.org/10.5294/pebi.2015.19.1.10>
10. González AM. Naturaleza y dignidad personal desde el pensamiento de Robert Spaemann. El primado de la persona en la moral contemporánea: XVII Simposio Internacional de Teología de la Universidad de Navarra / edición dirigida por Augusto Sarmiento [et al.], Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra, 1997, 215-224
11. Hesketh J. Personalised nutrition: how far has nutrigenomics progressed? *Eur J Clin Nutr*. 2012 oct 24;67:430. <http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2012.145>
12. Carbonell C, Flamarique L. De simios, cyborgs y dioses. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva; 2016. págs. 1-284.
13. García Cuadrado JA. Antropología filosófica: una introducción a la filosofía del hombre. Pamplona: EUNSA; 2010. 15-255.
14. German-Zurriarán R. Los límites éticos: ¿avance o retroceso? *Persona y Bioética*. 2017;21(2):233-42. <https://doi.org/10.5294/pebi.2017.21.2.4>
15. Yepes R. Fundamentos de Antropología: un ideal de la excelencia humana. Pamplona: EUNSA;1996. 1-373 .
16. Flores M, Glusman G, Brogaard K, Price ND, Hood L. P4 medicine: how systems medicine will transform the healthcare sector and society. *Per Med*. 2013;10(6):565-76. <https://doi.org/10.2217/pme.13.57>
17. Mathes WF, Kelly SA, Pomp D. Advances in comparative genetics: influence of genetics on obesity. *Br J Nutr*. 2011 oct;106 Suppl 1:S1-10. <https://doi.org/10.1017/S0007114511001905>
18. Lopez Moratalla N. Biología y ética de la bioética: la urgente necesidad de realismo. *Cuad Bioética*. 2013;24(2):251-64.
19. Sarah R. Se hace tarde y anochece. Madrid; PALABRA. 2019. 247-258.
20. San-Cristobal R, Milagro FI, Martínez JA. Future Challenges and Present Ethical Considerations in the Use of Personalized Nutrition Based on Genetic Advice. *J Acad Nutr Diet*. 2013;113(11):1447-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jand.2013.05.028>
21. Fayos Febrer R. Personalist bioethics in the Romano Guardini's thought. *Cuad Bioet*. 2014;25(S3):159-68.
22. Spaemann R, Spaemann R. ¿Es todo ser humano una persona? *Pers y derecho Rev Fundam las Inst Jurídicas y Derechos Humanos*. 1997;(37):9-24.
23. Camp KM, Trujillo E. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Nutritional Genomics. *J Acad Nutr Diet*. 2014 feb 1;114(2):299-312. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.12.001>
24. Bernhardt BA, Zayac C, Gordon ES, Wawak L, Pyeritz RE, Gollust SE. Incorporating direct-to-consumer genomic information into patient care: attitudes and experiences of primary care physicians. *Per Med*. 2012 sep 1;9(7):683-92. <https://doi.org/10.2217/pme.12.80>
25. Bergmann MM, Bodzioch M, Bonet ML, Defoort C, Lietz G, Mathers JC. Bioethics in human nutrigenomics research: European Nutrigenomics Organisation workshop report. *Br J Nutr*. 2006;95(5):1024-1027. <https://doi.org/10.1079/BJN20061758>
26. Buitendijk GHS, Amin N, Hofman A, van Duijn CM, Vingerling JR, Klaver CCW. Direct-to-Consumer Personal Genome Testing for Age-Related Macular Degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 oct 2;55(10):6167-74. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-15142>
27. Janssens ACJW, Bunnik EM, Burke W, Schermer MHN. Uninformed consent in nutrigenomic research. *Eur J Hum Genet*. 2017 jul 10;25(7):789-90. <https://doi.org/10.1038/ejhg.2017.63>
28. Borry P, van Hellemond RE, Sprumont D, Jales CFD, Rial-Sebbag E, Spranger TM, et al. Legislation on direct-to-consumer

- genetic testing in seven European countries. *Eur J Hum Genet.* 2012 jul 25;20(7):715-21. <https://doi.org/10.1038/ejhg.2011.278>
29. Lombo J. La persona y su naturaleza: Tomás de Aquino y Leonardo Polo. *Anu Filosófico.* 1996;29(55):721-39.
 30. Dietrich L. La libertad humana como valor primordial en Tomás de Aquino. *Teol y Vida.* 2004;XLV:531-8.
 31. Langley-Evans SC, McMullen S. Developmental origins of adult disease. *Med Princ Pract.* 2010;19(2):87-98. <https://doi.org/10.1159/000273066>
 32. Duque RE. Capítulo V. Determinismo, indeterminismo y finalidad. *Ética biomédica Aspectos sociales de la biomedicina.* EUNSA, Pamplona; 2019. p. 287–350.
 33. Goodarzi MO. Genetics of obesity: what genetic association studies have taught us about the biology of obesity and its complications. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017;6(3):223-36. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30200-0](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30200-0)
 34. de Roos B. Personalised nutrition: ready for practice? *Proc Nutr Soc.* 2013 feb 12;72(1):48-52. <https://doi.org/10.1017/S0029665112002844>
 35. Thomas N. Beyond the Barker hypothesis and the thrifty genotype - The womb, ethnicity, genes and the environment - Recent perspectives on the evolution of diabetes and the metabolic syndrome in India. *Indian J Endocrinol Metab.* 2012 dic;16(Suppl 2):S142-6. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.104024>
 36. Walley AJ, Asher JE, Froguel P. The genetic contribution to non-syndromic human obesity. *Nat Rev Genet.* 2009;10(7):431-42. <https://doi.org/10.1038/nrg2594>
 37. Thomassen Hammerstad G, Sarangi S, Bjørnevoll I. Diagnostic uncertainties, ethical tensions, and accounts of role responsibilities in genetic counseling communication. *J Genet Couns.* 2020;29(6):1159-1172. <https://doi.org/10.1002/jgc4.1282>
 38. Fallaize R, Macready AL, Butler LT, Ellis JA, Lovegrove JA. An insight into the public acceptance of nutrigenomic-based personalised nutrition. *Nutr Res Rev.* 2013;26(1):39-48. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000024>
 39. Ramos-López O, Milagro FI, Allayee H, Chmurzynska A, Choi MS, Curi R, et al. Guide for current nutrigenetic, nutrigenomic, and nutriepigenetic approaches for precision nutrition involving the prevention and management of chronic diseases associated with obesity. *J Nutrigenet Nutrigenomics.* 2017;10(1-2):43-62. <https://doi.org/10.1159/000477729>
 40. De Boo HA, Harding JE. The developmental origins of adult disease (Barker) hypothesis. *Aust New Zeal J Obstet Gynaecol.* 2006;46(1):4-14. <https://doi.org/10.1111/j.1479-828X.2006.00506.x>
 41. Sols F. Certeza razonable en ciencia y filosofía. *Sci Fides.* 2016;4(2):483-99. <https://doi.org/10.12775/SetF.2016.041>
 42. Álvarez-Martínez H, Pérez-Campos E. Causalidad en medicina. *Gac Med Mex.* 2004;140(4):467-72.
 43. Santos JL, De la Cruz R, Holst C, Grau K, Naranjo C, Maiz A, et al. Allelic Variants of Melanocortin 3 Receptor Gene (MC3R) and Weight Loss in Obesity: A Randomised Trial of Hypo-Energetic High- versus Low-Fat Diets. *PLoS One.* 2011 jun 14;6(6):e19934. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019934>
 44. Chang CS, Lu YJ, Chang HH, Hsu SH, Kuo PH, Shieh CC, et al. Role of adiponectin gene variants, adipokines and hydrodrometry-based percent body fat in metabolically healthy and abnormal obesity. *Obes Res Clin Pract.* 2016;12(1):49-61. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2016.05.003>
 45. Tan PY, Mitra SR, Amini F. Lifestyle Interventions for Weight Control Modified by Genetic Variation: A Review of the Evidence. *Public Health Genomics.* 2018;21(5-6):169-85. <https://doi.org/10.1159/000499854>
 46. de Siqueira JE. El Principio De Responsabilidad De Hans Jonas. *Acta Bioeth.* 2001;7(2):277-85.