

Revista de Endocrinología y Nutrición

Volumen 13
Volume

Número 4
Number

Octubre-Diciembre 2005
October-December

Artículo:

Genómica nutricional: Perspectivas para el futuro

Derechos reservados, Copyright © 2005:
Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología, AC

Otras secciones de
este sitio:

- 📖 Índice de este número
- 📖 Más revistas
- 📖 Búsqueda

*Others sections in
this web site:*

- 📖 *Contents of this number*
- 📖 *More journals*
- 📖 *Search*





Artículo de revisión

Genómica nutricional: Perspectivas para el futuro

Elizabeth Pérez Cruz,* Guillermo Meléndez Mier,* Alberto Zúñiga Rivera*

* Servicio de Nutriología Clínica. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán" (INCMNSZ) 2º piso Hospitalización Neurológica Clínica.

Correspondencia:

Dra. Elizabeth Pérez Cruz.
INCMNSZ. Vasco de Quiroga 15.
Delegación Tlalpan, México D.F. 14000.
Tel. 54870900 ext. 2231, 2234.
E-mail: pece_liz@yahoo.com.mx

Fecha de recepción: 16-Enero-2006

Fecha de aceptado: 28-Enero-2006

Resumen

El proceso de salud y enfermedad dependen de interacciones entre la información genética de cada persona y su medio, dando lugar a determinados fenotipos. En este sentido la diversidad genética interindividual determina los requerimientos nutrimentales, en tanto la dieta y sus componentes bioactivos modifican la expresión genética de manera constante y dinámica para mantener un estado de homeostasis corporal de acuerdo a las necesidades de cada etapa en el ciclo de la vida. Nuevas áreas del conocimiento se abren en este campo y actualmente la genética y la nutrición se unen en la genómica nutricional, dando lugar a ramas interrelacionadas como la nutrigenética y la nutrigenómica, que apoyadas en avances tecnológicos especiales como la transcriptómica, proteómica y metabolómica plantean un nuevo paradigma en la nutrición, transformando nuestro ideal de una alimentación poblacional a una dieta personalizada a la "medida genética".

Palabras clave: Genómica nutricional, nutrigenética, nutrigenómica, genes, nutrición.
Revista de Endocrinología y Nutrición 2005; 13(4):190-196

Abstract

Health and disease processes depend upon the interaction between an individual genetic background and its environmental conditions. The outcome of this relationship creates a unique phenotype in human beings. In this sense, inter-individual genetic diversity explains how nutrients requirements are defined for a particular subject, this is Nutrigenetics; whereas the diet and its active components modify the genetic expression in a constant and dynamic manner to maintain homeostasis according to personal necessities at each stage of life cycle, it's about Nutrigenomics. Nutrition Genomics is giving birth to these two new areas of science, Nutrigenetics and Nutrigenomics, which supported by new technology, will be able to explain back and forward the interaction of nutrients and genes. The future of Clinical Nutrition also will demand developing new knowledge about proteomics, metabolomics and transcriptomics, aimed to enhance our understanding of a specific diet design. This new paradigm will also require to introduce new concepts about Ethics, Policies and Laws on Nutritional Genetics, with power enough to protect Patients Privacy and avoid manipulation of genetics background of societies or individuals and transforming population recommendations into a more personalized, "genetic tailor made" diet.

Key words: Nutritional genomics, nutrigenetics, nutrigenomics, gene, nutrition.
Revista de Endocrinología y Nutrición 2005; 13(4):190-196

INTRODUCCIÓN

La dieta es un factor ambiental clave que afecta el estado nutricional y se ve reflejado en la incidencia de varias enfermedades. Actualmente la nutrición y la genética unen esfuerzos y se integran en un área de estudio: la "genómica nutricional", considerando la combinación de la nu-

trigenética y la nutrigenómica. En tanto, la nutrigenética examina el efecto de la variación genética en la interacción entre la dieta y fenotipos específicos, la nutrigenómica se enfoca al efecto de cómo la comida y sus componentes influyen en la expresión genética.

En el futuro esta información genética será usada en tamizaje de poblaciones para determinar susceptibilida-

des individuales a desórdenes comunes en grupos de riesgo en un esfuerzo por optimizar la salud y prevenir las enfermedades, lo que propone un nuevo paradigma al individualizar la alimentación.

NUTRICIÓN, GENES Y SALUD

La nutrición es un proceso complejo que permite el ciclo de la vida, abasteciendo de sustancias que participan como fuentes de energía, en la estructura celular y para el control del metabolismo, manteniendo así la función y homeostasis corporal.^{1,2}

De acuerdo a Bourges, el estado de nutrición es un fenotipo, resultado de la interacción entre la información genética de cada persona, su medio físico, biológico, emocional y social.¹ Son varios los factores ambientales involucrados en la homeostasis de los organismos, entre los que destaca la dieta, que afecta la incidencia de enfermedades crónicas comunes. Los alimentos que comemos contienen miles de sustancias biológicamente activas, muchas de las cuales pueden tener un potencial benéfico para la salud y en algunos casos especiales, incluso deletéreos.^{3,4} De esta manera, la salud o la enfermedad dependen de la interacción entre la genética y el medio, dando lugar al fenotipo.

El conocimiento de estas interacciones no es nuevo, ya que desde los años 60 Jacob y Monod realizaron estudios en bacterias *E. coli* y mostraron cómo los nutrimentos tienen la capacidad de regular la expresión de genes,⁵ posteriormente, en un trabajo de Mark Pthashne estudiando el fago λ (lambda) se dieron a conocer las bases de los mecanismos de control de la expresión de genes.⁶ En la actualidad, se conoce cómo algunos nutrimentos pueden modular la expresión genética, ya sea de manera directa o indirecta, a través de la generación de un estado hormonal específico.⁷

La ciencia de la nutrición se verá beneficiada al comenzar a definir cuáles son las variables genéticas que intervienen en cómo la dieta puede ser utilizada en forma óptima por cada individuo.

GENÓMICA NUTRICIONAL

Los datos mundiales indican que la incidencia y prevalencia de enfermedades crónicas varía entre individuos, familias y naciones. En el noroeste de Europa la frecuencia de fenilcetonuria es aproximadamente 1 en 10,000 nacidos vivos, pero es mucho menor en africanos e indios americanos. La enfermedad celíaca que se desencadena por la presencia del gluten en la dieta, ocurre 1 en 3,000 nacidos vivos en Estados Unidos, sin embargo en Irlanda se presenta con una frecuencia de 1 en 200. Estas diferencias se dan por interacciones y

variaciones de los factores ambientales y la predisposición genética.^{8,9}

Ahora, con el proyecto de Genoma Humano se integra la genética y la nutrición en el cuidado de la salud. Este emergente desarrollo de la genómica nutricional es prometedor en el contexto terapéutico de las enfermedades y más aún en la prevención.¹⁰ En el genoma humano existen cerca de 35,500 genes, entre los que existen varios alelos y millones de pares de bases diferentes entre individuos; algunas de estas diferencias pueden afectar la respuesta individual al ambiente nutricional.¹¹ Las diferencias fenotípicas del ser humano en salud y enfermedad se deben principalmente a esta diversidad e individualidad genética propia de todos los miembros de la especie y de forma también importante a las diferentes experiencias ambientales de cada uno. La variabilidad genética interindividual es una determinante crítica de los diferentes requerimientos nutrimentales. El uso de diversas técnicas moleculares ha permitido la identificación de marcadores de diferente tipo como los polimorfismos del largo de los fragmentos de restricción (RFLP), los marcadores de microsatélites (STR) y los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) que frecuentemente se utilizan para el desarrollo del mapeo cromosómico y que van a permitir seleccionar individuos susceptibles a dietas específicas.¹²

La información para los procesos fisiológicos involucrados en la nutrición se encuentra en el genoma y determina qué nutrimentos y en qué cantidad son necesarios para las respuestas homeostáticas, teniendo como determinante de su expresión final la interacción con la dieta. La genómica nutricional establece como principal objetivo aportar el conocimiento que permita hacer un diagnóstico y establecer un tratamiento nutricional basado en el genotipo individual, mediante dos ramas principales: la nutrigenética y la nutrigenómica^{1,13} (Figura 1).

NUTRIGENÉTICA

La nutrigenética se refiere al análisis de variaciones genéticas entre individuos y su respuesta clínica a nutrimentos específicos, es decir, individuos que responden diferente a la misma dieta. Por ejemplo: individuos con diferentes niveles de colesterol sérico y presión arterial por variaciones genéticas aun con una dieta estándar.^{14,15}

Estas variaciones individuales se dan a nivel de polimorfismos, que los definimos como la diferencia en la secuencia del DNA en individuos, que pueden determinar el estado de salud y que se presentan en más del 1% de la población.¹⁶ El tipo más común de estos polimorfismos es el polimorfismo de un solo nucleótido (SNPs), que además ha probado ser una herramienta útil para investigar el rol de la nutrición en la salud o enfermedad y su inte-

gración en estudios epidemiológicos, metabólicos y clínicos que puede contribuir a definir una dieta óptima en poblaciones, grupos o individuos.¹⁷⁻¹⁹

La evidencia de interacciones gen-nutrimiento se identificó por primera vez en los errores innatos del metabolismo, un ejemplo es la fenilcetonuria que es un modelo monogénico, que si se detecta oportunamente cuando se realiza tamizaje de los recién nacidos, permite prevenir las complicaciones de la enfermedad como el retardo mental al restringir la exposición dietaria a la fenilalanina.¹⁹ Por otro lado, en las enfermedades poligénicas la expresión genética se determina por varios genes en combinación con otros factores no genéticos, esto sucede en la hipertensión arterial, donde además de las variaciones genéticas, la ingestión de sal, estrés e inactividad física interactúan en su desarrollo. En virtud que sólo el 50% de los pacientes con hipertensión esencial son sensibles a la sal, las recomendaciones generales para reducir su ingestión son insuficientes para controlar a la población de hipertensos. Por otro lado, se conoce ampliamente la implicación del sistema renina-angiotensina en el desarrollo de la hipertensión y además en la actualidad se han identificado variaciones en el gen del angiotensinógeno, predominantemente en el polimorfismo G-6A, donde ocurre la sustitución de A (adenina) por G (guanina) en la región promotora que se ha visto son puntos clave para la presentación del fenotipo hipertensivo. Esto se demuestra en el estudio DASH, en donde se observó una reducción mayor de la presión arterial en aquellos individuos con genotipo AA (-6.93/-3.68 mmHg) que en aquéllos con genotipo GG (-2.80/0.20 mmHg).²⁰ De tal forma que la restricción de sodio en individuos con genotipo AA y AG tiene impacto al disminuir su presión arterial que en aquéllos con genotipo GG que resultaron insensibles a la sal^{18,11} (Figura 2).

Se han identificado varios polimorfismos de importancia para la nutrición, por ejemplo: los polimorfismos en genes que controlan el metabolismo del folato, que se asocian a defectos del tubo neural, síndrome de Down, homocisteinemia y cáncer. Si el mecanismo por el cual estos polimorfismos alteran el metabolismo de folatos o el riesgo a una enfermedad logra ser dilucidado, se podrán desarrollar medidas terapéuticas nutrimentales en individuos con alto riesgo. Los polimorfismos también han sido identificados en genes asociados con el metabolismo de lípidos, que determinan la concentración de colesterol LDL plasmático en forma individual, lo que se convierte en un marcador de riesgo de enfermedad cardiovascular.³ La asociación de la isoforma apo E4 con niveles elevados de colesterol es mayor en poblaciones que consumen dietas ricas en ácidos grasos saturados y en colesterol que en otras poblaciones, la frecuencia de apo E4 entre los caucásicos se ha observado que es del

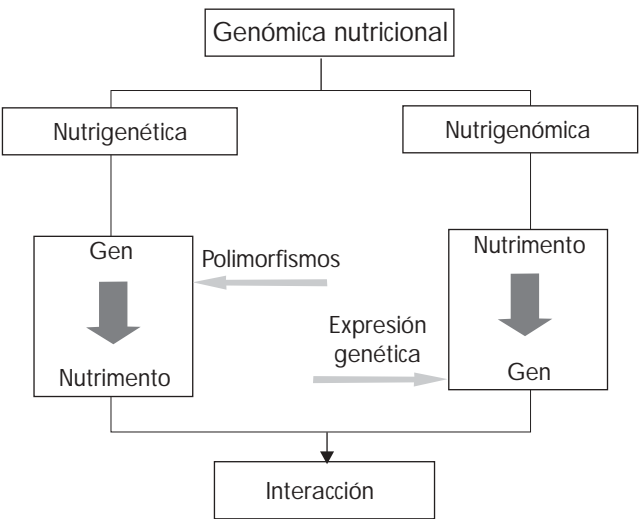


Figura 1. Genómica nutricional y el estudio de la interacción gen-nutrimiento.

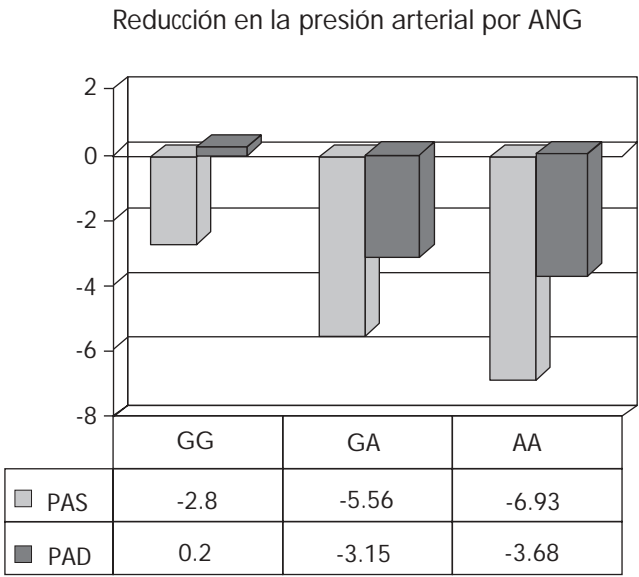


Figura 2. En la gráfica se muestra la reducción en la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en los diferentes genotipos del ANG en respuesta a la dieta DASH.

15%, comparado con poblaciones de Nueva Guinea y Nigeria, con frecuencias de 35% y 30% respectivamente. Otras diferencias se han observado en el riesgo de fractura osteoporótica, la incidencia de fractura en africanos y asiáticos es menor que en la población caucásica con ingestión baja en calcio;⁹ por lo tanto, mientras más se conocen estos polimorfismos y su relación con condiciones mórbidas, la información nutrimental y las recomendaciones se enfocarán a poblaciones más específicas.

Los requerimientos de los distintos nutrientes no son iguales para una persona que para otra, parte de esta variabilidad se debe a diferencias en tamaño corporal, edad, sexo, actividad física y presencia de embarazo o lactancia, pero aun cuando se lograra homogeneizar estos factores, permanece una variabilidad residual que se ha atribuido a diferencias genéticas.¹ Las recomendaciones de ingestión de algunos nutrientes pretenden cubrir las necesidades del 95% de la población sana, sin embargo para la realización de recomendaciones individualizadas, la complejidad aumenta y se requiere de información de subgrupos con perfiles genéticos diferentes y sus interacciones con las dietas. Estos resultados están actualmente disponibles en relación con algunos genes y sólo para pocos nutrientes.

Organismos internacionales como la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), han reexaminado los requerimientos de energía y proteínas; y en México el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán" (INCMNSZ) ha hecho lo mismo, aunque las recomendaciones de estas organizaciones cubren los requerimientos de proteínas y energía en un 95% y 50% respectivamente de la población en general, existen sin embargo SNPs que dan lugar a que las respuestas sean diferentes y los requerimientos puedan ser insuficientes o excesivos para algunos individuos.^{21,22} Para prevenir estos efectos la nutrigenética puede identificar subgrupos con menos eficiencia en vías metabólicas específicas o individuos con grandes necesidades que están definidas por su carácter homocigoto o heterocigoto y a los que se les puede proveer de recomendaciones de ingestión que garanticen un aporte adecuado a su perfil genético.¹⁹⁻²³

La nutrigenética ofrece la promesa de personalizar la nutrición a la constitución genética de su consumidor, basándose en el conocimiento de las variaciones en los genes y del metabolismo del nutriente.

NUTRIGENÓMICA

Nutrigenómica es una rama de la genómica nutricional que estudia cómo los nutrientes modifican la expresión genética.^{13,15} Por ejemplo: el papel de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés) en la expresión genética de su oxidación y utilización de energía.^{14,24}

La expresión genética es central en la patogénesis de muchos desórdenes. Existen varias vías por las que los componentes bioactivos de la dieta alteran la acción de los genes, un mecanismo primario para la modulación de la expresión de genes es el factor de transcripción. Un ejemplo es la síntesis de mediadores inflamatorios, que

juegan un papel crítico en numerosas enfermedades crónicas; la interleucina-1 (IL-1) es la primera en activarse y estimula la producción de muchas otras moléculas de la cascada de inflamación. En algunas personas existen variaciones en los alelos de los genes de la IL-1, que se relacionan con la gravedad en que se presentan algunas enfermedades como Alzheimer y cardiovasculares. Por otro lado, existen componentes bioactivos de la dieta como α -tocoferol y algunos constituyentes del té verde (*Camellia sinensis*) que disminuyen los niveles de mediadores inflamatorios.¹⁰ Otros nutrientes también influyen en la expresión de genes, proteínas y producción metabólica, como el selenio que afecta directamente la expresión genética a través de receptores hormonales nucleares en las células del cáncer de mama, regulando el ciclo celular y la apoptosis.^{15,25} Las investigaciones se están enfocando a la identificación de más componentes bioactivos de la dieta, pues a medida que se cuente con esta información podrá utilizarse en el desarrollo de alimentos "funcionales" para la prevención o intervención específica de las enfermedades.^{10,26}

Las interacciones del nutriente con el gen pueden variar dependiendo de la etapa de vida del organismo, por lo que es indispensable considerar su naturaleza dinámica. Más aún, existe evidencia de que el ambiente prenatal puede tener influencia sobre la fisiología postnatal. Estudios experimentales en varias especies de mamíferos demuestran que la manipulación del ambiente periconcepcional, embriológico, fetal o neonatal puede alterar las funciones cardiovasculares y metabólicas posteriores. El desarrollo de "plasticidad" provee a los organismos de la habilidad para cambiar su estructura y función en respuesta indirecta al ambiente, permitiendo un rango de fenotipos a desarrollar a partir de un solo genotipo. Esto ha llevado a la necesidad de promover la salud y la nutrición en mujeres en edad reproductiva como un elemento importante para la prevención de enfermedades crónicas.²⁷ La epigenética analiza la disponibilidad de nutrientes para el producto, que aunque en periodos cortos, pero críticos como en el desarrollo intrauterino, se programa el metabolismo del sujeto haciéndolo susceptible a padecer en el futuro enfermedades comunes.¹ Esta información sustenta un nuevo concepto: el "rescate embrionario", que emerge como criterio para establecer los límites superiores de consumo durante los periodos reproductivos. Algunos nutrientes cuando se administran en ventanas temporales de susceptibilidad pueden rescatar a embriones de defectos congénitos, como demostró Pasqualetti y cols que al dar una sola dosis materna subteratogénica de vitamina A, resultó ser efectiva en el rescate de defectos cocleares y vestibulares en fetos de ratones. Otro estudio clásico de cómo las interaccio-

nes gen-nutrimiento se afectan por la etapa del ciclo de vida es el de Mc Cance y cols realizado en ratas, quienes mostraron que si a un grupo se le alimenta de manera restringida durante el período de amamantamiento y subsecuentemente a libre demanda, existe un efecto de retardo permanente sobre el crecimiento; mientras que cuando la restricción se retrasó hasta el período posterior al destete, los animales tuvieron la capacidad de alcanzar su peso cuando la alimentación se restablecía.²⁸ Para enfermedades multifactoriales como la aterosclerosis y cáncer, un período de exposición prolongado de algunos componentes dietéticos puede ser necesario para el desarrollo de fenotipos de enfermedades.

Para las recomendaciones de ingestión hay que considerar, como ya mencionamos, en qué etapa del ciclo de vida se encuentra el individuo, pues las variaciones en los requerimientos no sólo dependen de factores genéticos, sino también están ligados al sexo, condiciones en el nacimiento, crecimiento, embarazo y vejez^{19,29} (Figura 3). Otras variaciones que juegan un papel importante son la composición corporal y la capacidad aeróbica. En las diversas etapas la composición corporal se modifica, de tal forma que en el neonato el porcentaje de grasa corporal es de 14%, aumenta a 23% a los doce meses, para disminuir un 18% a los 6 años. En niños, la capacidad aeróbica y el volumen cardíaco aumentan en relación al incremento de masa corporal hasta los 14-15 años, contrariamente a lo que sucede en la cuarta y quinta décadas de la vida en donde la actividad física y los requerimientos energéticos comienzan a declinar. La evidencia apoya que hay cambios continuos en el perfil metabólico humano, incluso en horas, es por eso que hoy en día se debe establecer para cada nutrimento, individuo y momento un valor óptimo de balance.^{21,22}

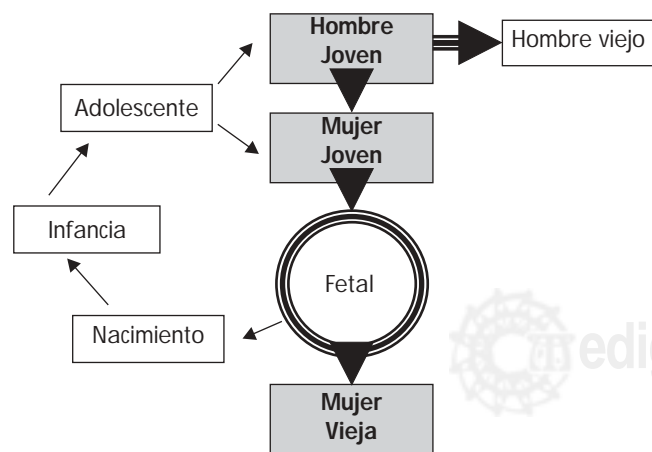


Figura 3. Dinámica de las interacciones gen-nutrimiento en cada etapa del ciclo de la vida.

EXPECTATIVAS PARA EL FUTURO

En el futuro, la información genética podrá utilizarse en tamizaje de poblaciones o grupos de riesgo para determinar la susceptibilidad individual a desórdenes de alta prevalencia como enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus y cáncer, permitiendo así aplicar medidas de prevención primaria y secundaria.³⁰

En los próximos años se dará lugar al descubrimiento de más SNPs y a la identificación de muchos genes susceptibles para desórdenes complejos. La medida más precisa de estas variaciones genéticas es el haplotipo, que reduce la complejidad de la información genética a una forma práctica. Los haplotipos de los marcadores HAPd podrán usarse en el descubrimiento de drogas que tendrán blancos moleculares específicos y podrán predecir con mayor precisión su eficacia y seguridad, éstos serán los fundamentos para nuevos paradigmas de medicina personalizada; por ejemplo en un hombre de 45 años con hipertensión arterial al que se le realice un exudado bucal y que se envíe a prueba genética para su clasificación molecular de la enfermedad, se le podrá prescribir un régimen dietario que sea relevante para su tipo de enfermedad: sensible o no a la sal, tratarse con o sin una droga específica.⁸ En la prevención, si un niño de cinco años cuyo hermano mayor ha desarrollado asma, se le realizará un examen de genes susceptibles para asma. Si el resultado es positivo, podrá recibir una dieta con alto contenido en ácidos grasos omega-3; al disminuir la relación omega-6: omega-3 va a favorecer cambios en la respuesta de los trastornos autoinmunes como asma, artritis reumatoide y colitis ulcerativa, ya que disminuyen los niveles de IL-1B, leucotrienos B4 retardando así la aparición de la enfermedad.⁹

Otra potencial aplicación de la genómica nutricional está en los alimentos fortificados y funcionales que intentan suplementar las necesidades humanas. Los nutraceuticos son compuestos naturales bioactivos con propiedades preventivas o promotoras de la salud, un ejemplo es el efecto antihipertensivo de los péptidos dietéticos derivados de la proteína de la leche que inhiben a la ECA. Existen otros nutraceuticos como la glucosamina y el condroitin sulfato que pueden tener beneficios en personas con osteoartritis. Un meta-análisis de McAlindon y hallazgos recientes de Reginster y cols sugieren que la glucosamina presenta efectos modificadores de la enfermedad y mejoramiento de los síntomas.^{31,32} A pesar de que algunos ensayos clínicos de nutraceuticos han mostrado resultados prometedores, la evidencia clínica es escasa y la comunidad médica aún se mantiene escéptica. Las técnicas genéticas funcionales son ideales para dilucidar los efectos de los nutraceuticos sobre la expresión genética global y la función celular. Los mismos abordajes son tam-

bién aplicables a la valoración de la seguridad de los alimentos manipulados genéticamente.

Dadas las expectativas de la nutrigenómica y la nutrigenética, en un futuro se podrán identificar un vasto número de genes que son modificables por la dieta y que están relacionados con polimorfismos. Se han desarrollado nuevas técnicas especiales como la transcriptómica, proteómica y metabolómica que validan e incorporan estrategias nutrimentales que optimizan la salud y previenen enfermedades^{4,14} (Figura 4).

PROBLEMAS ÉTICOS

Finalmente, la genómica nutricional debe tomar en consideración para el tamizaje genético no sólo el aspecto científico, sino también el ético, legal y económico como ha sido recomendado por la Academia Nacional de Ciencias y el Consejo Nacional de Investigación. Los enfoques de la genómica nutricional y sus aplicaciones en el contexto médico son múltiples, entre los que se encuentran:

1. Estudios de asociación: individuos afectados por desórdenes específicos como la fenilcetonuria.
2. Estudios poblacionales: Programas para establecer asociaciones entre factores genéticos y enfermedades comunes.
3. Creación de base de datos: En el Reino Unido se efectúa la creación de una base de datos "Biobank" con el objeto de coleccionar 500,000 muestras sanguíneas de individuos entre 45 y 60 años para descubrir asociaciones entre factores genéticos y enfermedades comunes.
4. Estudios farmacogenéticos: La aplicación de nuevas drogas con el objeto de establecer la relación entre factores genéticos y reacciones adversas.

5. Interés comercial: Por parte de las compañías que realizan las pruebas genéticas directamente al público.

6. Aseguradoras: Interés por parte de las compañías para la realización o prohibición del uso de pruebas genéticas a sus clientes.^{8,16}

Para regular el uso de la información genética, asegurar la privacidad y prevenir la discriminación o negligencia, se han creado varios organismos, entre los que se encuentran: la Organización Mundial para la Salud, la Organización del Genoma Humano, la Sociedad Metabolómica, la Organización Europea de Nutrigenómica, la Sociedad Americana de Genética Humana, la Academia Americana de Pediatría y en México se une el Instituto de Medicina Genómica.^{8,15,16,30,33}

CONCLUSIONES

Los avances tecnológicos que ocurren de manera paralela en nutrición y genética han dado origen a una nueva rama científica, la genómica nutricional, que se encarga de las interacciones dinámicas entre los nutrientes y los genes, ya sea en su expresión como en su modulación. Estos nuevos conceptos van a llegar a romper paradigmas de dieta y morbilidad y van a dar lugar a nuevas evidencias sobre la influencia de unos sobre otros, para producir estados de salud o enfermedad. Pero más interesante aún, es que están cambiando nuestra perspectiva de alimentación ideal para la población, ya que han definido con mayor claridad que los requerimientos poblacionales pueden no ser los óptimos para mantener un estado de homeostasis en el ciclo de vida de una persona y que cada uno de nosotros podemos beneficiarnos mejor de requerimientos individuales o "a la medida genética" y que para otros podrían resultar deletéreos.

La nutrigenómica, estudia cómo los nutrientes modifican la expresión genética, y la nutrigenética que nos muestra la respuesta a nutrientes de acuerdo a la diversidad genética, son nuevas áreas apasionantes del conocimiento, de los que se beneficia finalmente el paciente, ya que en pocos años, las estrategias de Medicina Preventiva estarán estudiando y tomando en cuenta la asociación entre los hábitos de alimentación de poblaciones y la prevalencia de enfermedades, con mayor certidumbre de la que se ha tenido hasta el día de hoy.

Aunque se requiere de un mayor nivel de evidencia de causalidad para generar resultados de estudios epidemiológicos que posteriormente puedan trasladarse a recomendaciones públicas; en los siguientes años la genómica nutricional incrementará este nivel de evidencia y la nutrición personalizada será posible y exitosa.

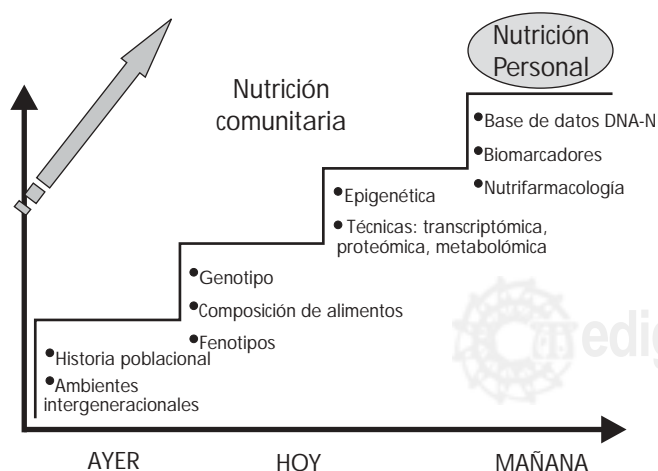


Figura 4. Expectativas para el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bourges RH. La nutriología a partir de "la doble hélice". *Rev Invest Clin* 2003; 55: 220-226.
2. Young VR. Human nutrient requirements: The challenge of the post genome era. *J Nutr* 2002; 132: 621-629.
3. Ruan E, Jin OT. Nutritional genomics. *BMJ* 2002; 324: 1438-1442.
4. DeRisi JL. Exploring the metabolic and genetic control of gene expression of a genomic scale. *Science* 1997; 278: 680-686.
5. Jacob F, Monod J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *J Mol Biol* 1961; 3: 318-56.
6. Ptashne M. A genetic switch. *Gene control and phage λ*. Cambridge, Mass: Cell Press & Blackwell Scientific Publications, 1987.
7. Tovar AR, Torres N. La nutriología molecular: una nueva era de la Nutrición. *Rev Invest Clin* 2003; 55: 177-180.
8. Simopoulos AP. Genetic variation and dietary response: Nutrigenetics/nutrigenomics. *Asia Pacific J Clin Nutr* 2002; 11: S117-S128.
9. Simopoulos AP, Ordovas JM. Nutrigenetics and nutrigenomics. Karger eds. Basel. 2004.
10. Debusk RM, Fogarty CP, Ordovas JM et al. Nutritional genomics in practice: Where do we begin? *J Am Diet Assoc* 2005; 105: 589-598.
11. Kaput J, Rodríguez RL. Nutritional genomics: the next frontier in the postgenomic era. *Physiol Genomics* 2004; 16: 166-177.
12. Mutchinick OM. La Medicina en un contexto genético y molecular. *Rev Invest Clin* 2003; 55: 186-190.
13. Fislér JS, Warden CH. Dietary fat and genotype: toward individualized prescriptions for lifestyle changes. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 1255-1256.
14. Gillies PJ. Nutrigenomics: The Rubicon of molecular nutrition. *J Am Diet Assoc* 2003; 103: S50-S55.
15. Ordovas JM, Corella D. Nutritional Genomics. *Annu Rev Genomics Human Genet* 2004; 5: 71-118.
16. Chadwick R. Nutrigenomics, individualism and public health. *Proceedings of the Nutrition Society* 2004; 63: 161-166.
17. Ordovas JM, Mooser V. Nutrigenomics and nutrigenetics. *Curr Opin Lipidol* 2004; 15: 101-108.
18. Corella D, Ordovas JM. Single nucleotide polymorphisms that influence lipid metabolism: Interaction with dietary factors. *Annu Rev Nutr* 2005; 25: 341-390.
19. Arab L. Individualized nutritional recommendations: do we have the measurements needed to assess risk and make dietary recommendations? *Proceedings of the Nutrition Society* 2004; 63: 167-172.
20. Svetkey LP, Moore TJ, Simons-Morton DG et al. Angiotensinogen genotype and blood pressure response in the dietary approaches to stop hypertension (DASH) study. *J Hypertension* 2001; 19: 1949-1956.
21. Bourges RH, Casanueva E, Rosado JL. *Recomendaciones de Ingestión de Nutrientes para la Población Mexicana*. Ed. Panamericana. México. 2005.
22. FAO/WHO/UNU Committee. *Energy and protein requirements*. Geneva: World Health Organization, 1985. (WHO technical report series #724).
23. Stover PJ. Nutritional genomics. *Physiol Genomics* 2004; 16: 161-165.
24. Thorstinsdottir H, Daar AS, Smith RD et al. Genomics: a global public good? *Lancet* 2003; 361: 891-892.
25. Mathers JC. What can we expect to learn from genomics? *Proceedings of the Nutrition Society* 2004; 63: 1-4.
26. Sanderson IR. Dietary regulation of genes expressed in the developing intestinal epithelium. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 999-1005.
27. Gluckman PD, Hanson MA. Living with the past: Evolution, development, and patterns of disease. *Science* 2004; 305: 1733-1736.
28. McCance RA. Food, growth and time. *Lancet* 1962; ii: 621-626.
29. Mueller M, Kersten S. Nutrigenomics: goals and strategies. *Nature Reviews Genetics* 2003; 4: 315-322.
30. Khoury MJ, McCabe LL, McCabe ER. Population screening in the age of Genomic Medicine. *N Engl J Med* 2003; 348: 50-58.
31. McAlindon TE, LaValley MP, Gulin JP et al. Glucosamine and chondroitin for the treatment of osteoarthritis. *JAMA* 2000; 283: 1469-1475.
32. Reginster JY, Deroisy R, Rovati LC et al. Long-term effects of glucosamine sulphate on osteoarthritis progression: randomized, placebo-controlled clinical trial. *Lancet* 2001; 357: 251-256.
33. Gibney MJ, Walsh M, Brennan L et al. Metabolomics in human nutrition: opportunities and challenges. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 497-503.