

## **Informes y Revisiones**

# **Panorama actual de la Nutrigenómica. ¿Esperanza o Realidad?**

## **Nutrigenomic current panorama. Hope or reality?**

Jose Luis Fernández\*, Javier Benito\*

\* *Círculo de Innovación en Biotecnología madrimsd*

### **Resumen**

El **Círculo de Innovación en Biotecnología** (CIBT), iniciativa del Sistema madri+d en el que participa el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid así como el Parque Científico de Madrid, ha elaborado el informe titulado "Panorama actual de la Nutrigenómica". Dicho trabajo se ha realizado a petición y en colaboración con la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA), en el que se muestra la situación actual de la Nutrigenómica, así como sus aplicaciones empresariales. Los principales resultados se recogen en este artículo, pudiendo consultarse en informe completo en la página [www.madrimasd.org/biotecnologia](http://www.madrimasd.org/biotecnologia)

### **Abstract**

The Circle of Innovation in Biotechnology madri+d (CIBT) in collaboration with the Spanish Society of Dietetic and food Science (SEDCA) has elaborated a report that offers a perspective of the current situation in the field of Nutrigenomics and their potential business applications.

This report shows a review of the current state of

Nutrigenomic, trying to clarify several key concepts of scientific literature, and make an analysis of diseases which have been directly related to diet. Furthermore, this study offers a deep analysis of the business environment surrounding the effective implementation of the Nutrigenomic and its possible influence on public health.

This revision offer a global perspective of the state of Nutrigenomics in a scientific and business level and discuss in deep its possible evolution in a medium or long term.

### **Introducción**

#### **1. GENÓMICA Y NUTRIGENÓMICA**

El Proyecto Genoma Humano (PGH) nació en un marco de revolución científica propuesto en la década de los ochenta con el objetivo de cartografiar el conjunto de las instrucciones genéticas del ser humano, es decir, el mapeo de los genes y sus marcadores aprovechando los avances conseguidos en el campo de la genómica (especialmente, en el análisis de secuenciación), así como los avances en bioinformática. Su inicio se realizó formalmente en 1990 y finalizó en 2003 gracias a la amplia colaboración internacional. Este hecho ha supuesto una nueva página en la historia científica, ya que ha abierto un amplio abanico de desarrollos biotecnológicos, dando respuestas y generado nuevos interrogantes.

El desarrollo de la genómica comprende el estudio de todas las secuencias de nucleótidos presentes en

### **Correspondencia:**

[javier.benito@madrimasd.org](mailto:javier.benito@madrimasd.org)

**Círculo de Innovación en Biotecnología madri+d,**

[www.madrimasd.org/biotecnologia](http://www.madrimasd.org/biotecnologia)

PCM. C/Santiago Grisolia 2, 28760 Tres Cantos, Madrid

los cromosomas de un organismo. Con la ejecución del PGH, ahora se conoce que el número total de genes codificadores de proteínas en los humanos oscila entre los 20 y 25 mil. El interés se centra actualmente en el reconocimiento de los genes que podrían estar relacionados con el desarrollo de enfermedades o rasgos morfológicos modificados debido a sus mutaciones.

El desarrollo de este proyecto significa, además de la apertura de nuevos caminos para el desarrollo de la genética, una vía para prevenir y mejorar los tratamientos de enfermedades crónicas y hereditarias que amenazan la salud pública. Actualmente se dispone de una amplia información sobre los complejos procesos biológicos a nivel molecular, determinando qué genes se activan o se bloquean, qué proteínas se producen y cómo éstas influyen en los procesos metabólicos. También se han abierto nuevas perspectivas sobre la forma en que las distintas variaciones genéticas entre cada individuo y los distintos factores ambientales pueden modificar estos eventos moleculares e influir en la respuesta individual al estilo de vida o a los distintos tratamientos tanto dietéticos como farmacológicos.

Fue a partir del desarrollo de la farmacogenómica sobre la que se ha desarrollado posteriormente el estudio de la interrelación entre genes, dieta y enfermedad, desarrollando el reciente campo de la **genómica nutricional** o lo que se ha dado en llamar **nutrigenómica** y **nutrigenética**.

Esta nueva disciplina científica hace confluír la nutrición y la genética, investigando cómo las distintas variaciones genéticas individuales participan en la compleja interacción entre la sensibilidad a los nutrientes y las enfermedades.

La genómica nutricional supone una modalidad de investigación en nutrición con la que se vislumbra un **futuro prometedor** junto con la aparición de **nuevos retos** con el objetivo de mejorar la salud y prevenir enfermedades relacionadas con el tipo de alimentación y estilos de vida.

## 2. REVISIÓN DE LA NUTRIGENÓMICA (1)

La relación existente entre la dieta y los efectos sobre la salud son innegables y demostrados a lo largo de la historia. Entre las investigaciones que demuestran esta influencia, se pueden mencionar varias investigaciones realizadas con distintas poblaciones de referencia. Entre ellos, un estudio británico que efectuó un seguimiento durante 17 años a unos 11.000 individuos

con dieta vegetariana con el objetivo de determinar la relación entre distintos productos de la dieta y la frecuencia de mortalidad por distintas causas. Los resultados mostraron una reducción entre el 21-24% de mortalidad por enfermedad crónica.(2)

De la misma forma, se han desarrollado otros trabajos que han analizado los datos de cinco estudios prospectivos que abarcan un total de 76.000 pacientes durante 10 años, llegando a los mismos porcentajes de reducción de mortalidad pero restringido exclusivamente a aquellas personas que mantenían ese tipo de dieta vegetariana durante al menos 5 años.(3)(5)

Todas estas investigaciones en torno a la nutrición hasta la fecha han contribuido a definir recomendaciones o guías dietéticas basadas en las mejores pruebas científicas disponibles con el objetivo de mejorar la salud de la población general o sectores de población con riesgo de sufrir ciertas enfermedades concretas.

En todo caso, es indiscutible que las orientaciones nutricionales actuales no tienen en cuenta las diferencias que se producen en la respuesta de cada individuo a la ingesta de los mismos nutrientes.

Existen muchos estudios que evidencian la forma diferente de respuesta de distintos individuos a las mismas dietas. Por ejemplo, el sodio aumenta la presión arterial en determinadas personas y en otras apenas tiene influencia. Otro caso evidente es la capacidad para reducir el colesterol, la cual parece estar sujeta a influencias genómicas, lo que produce distintas respuestas a las mismas pautas dietéticas. Cuando un grupo de personas sigue durante un periodo de tiempo una dieta terapéutica para reducir el nivel global de colesterol en sangre, ciertos individuos tienen un beneficio drástico a nivel metabólico, mientras que otros no obtienen ninguna respuesta.

Esta gran variabilidad en la respuesta, puede alterar enormemente la eficacia de las recomendaciones nutricionales generales que se han realizado tradicionalmente cuando éstas se trasladan a escala individual. Las investigaciones actuales sugieren que, a pesar de que existe un conjunto de pautas alimentarias generales para toda la población, puede que no se adecuen a las necesidades de todo el mundo. Las distintas variaciones genéticas condicionan diferencias en los requerimientos nutricionales y los distintos genotipos contribuyen a la mayor o menor predisposición a sufrir ciertas enfermedades crónicas.

Tras comprobarse que las diferencias genéticas entre individuos producen diferentes reacciones a los nutrientes, surge la idea de combinar genética y nutrición, desarrollándose el nuevo campo de la **genómica nutricional**.(1) (Figura 1)

Por tanto este nuevo campo de la genómica se puede definir como la aplicación de la genómica funcional a la investigación nutricional(9), para comprender de que manera los nutrientes influyen sobre los procesos metabólicos y de que manera la carga genética y la dieta influyen en la aparición o prevención de enfermedades.

Muchos autores distinguen dos términos dentro de esta disciplina general, la nutrigenómica y la nutrigenética, dos dimensiones que abordan los aspectos mencionados sobre la genómica nutricional.

Por un lado, la **nutrigenética** estudia el efecto de la variación genética en la interacción entre dieta y enfermedad, identificando y caracterizando las variaciones genéticas asociadas a las diferentes respuestas frente a los nutrientes. Su objetivo es formular recomendaciones en relación a los riesgos y beneficios de utilizar dietas o compuestos nutricionales específicos para cada persona. Este término se suele vincular a la idea de "nutrición personalizada" o "nutrición individualizada"(9). Un ejemplo serían las diferentes respuestas de los individuos a los mismos nutrientes obteniendo diferentes valores de colesterol en sangre y presión arterial debido a sus variaciones genéticas.

Por otro lado, la **nutrigenómica** se podría definir como el estudio del efecto que producen los nutrientes sobre la expresión génica, conformando un perfil metabólico en cada individuo (proteínas, metabolitos, etc), intentando estudiar la prevención de patologías por medio de la dieta. La progresión desde un fenotipo

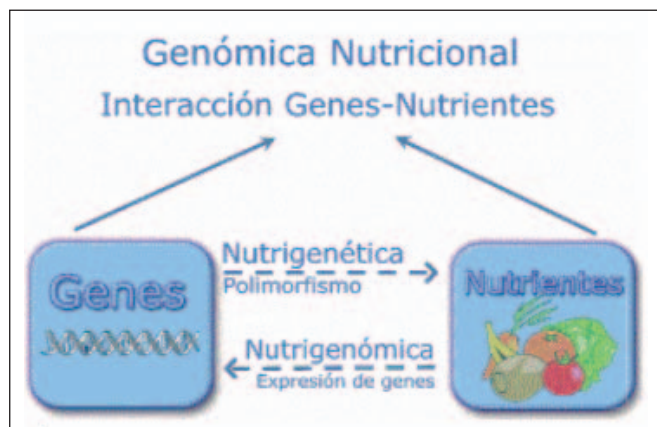
sano a un fenotipo de enfermedad crónica puede explicarse por cambios en la expresión genética o por diferencias en las actividades de proteínas y enzimas, y los componentes de la dieta directa o indirectamente regulan la expresión de esa información genética.

La genómica nutricional ha suscitado ya un gran interés y un alto nivel de expectación, sin embargo las investigaciones que analizan las interacciones nutriente-gen se han iniciado hace relativamente poco tiempo. Esta situación posiciona a la comunidad científica lejos todavía del entendimiento completo de los mecanismos responsables de la variabilidad de respuesta a la dieta en cada individuo, por lo que la puesta en práctica de los estudios realizados han sido controvertidos y no del todo concluyentes.

Cada vez hay más evidencias de que los nutrientes interactúan directamente con los genes y todo parece indicar que ciertos alimentos con compuestos bioactivos son capaces de interactuar con regiones del genoma consiguiendo una acción protectora frente a mecanismos de iniciación de algunas enfermedades, mientras que otros pueden provocar el efecto contrario. Sin embargo, estos estudios no tienen una aplicación universal, ya que existen variaciones genéticas en las que la relación entre nutriente y genes no actúan bajo los mismos parámetros.

El aporte prometedor de esta modalidad de investigación en nutrición vislumbra nuevos retos para determinar qué genes están relacionados en los distintos procesos nutricionales. Una vez se consiga avanzar lo suficiente en este ámbito, se podrán precisar dietas en función de los requerimientos específicos de cada persona a partir de la información contenida en su genoma y potencialmente permitirá determinar una nutrición óptima o nutrición **personalizada** para las poblaciones con características comunes, grupos particulares e individuos.

**Figura 1:** Esquema descriptivo de las interacciones gen-nutriente (12).



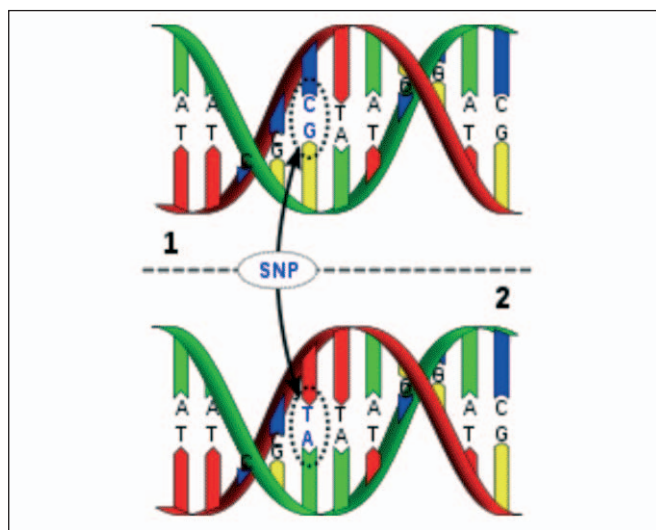
## 2.1. Polimorfismos (SNPs) y mutaciones

De los 3 mil millones de pares de bases del ADN humano, el 99,9% de las secuencias de ADN son idénticas, sin embargo esas diferencias entre los distintos individuos tienen una elevada significación biológica(13) y son las que determinan las diferencias fenotípicas. Nuestro código genético es lo que nos hace ser, compartiendo genes y funciones, aunque cada uno de nosotros es único y diferente, lo cual se expresa por las mínimas variaciones genéticas existentes.

La forma más común de variabilidad genética son los **polimorfismos** de un solo nucleótido (**SNP** por sus siglas en inglés "Single Nucleotide Polymorphism") que hacen referencia a la variación que afecta a un solo nucleótido en la secuencia de ADN entre los individuos de una población. Este tipo de variaciones debe darse al menos en un 1% de la población para considerarse como un SNP. (Figura 2)

Sin embargo, generalmente también se consideran SNP los cambios en unos cuantos nucleótidos, además de pequeñas inserciones y deleciones, que incluyen pequeñas secuencias de nucleótidos que se repiten, pérdidas de bases o cambios de posición.

**Figura 2:** Single Nucleotide Polymorphism (SNP). Fuente: David Hall (Wikipedia)



Existe una confusión a la hora de caracterizar las distintas variantes genéticas identificadas en los distintos estudios como **SNPs** o **mutaciones**. Las mutaciones implican algún cambio en el material genético, que puede ir desde un simple nucleótido a una pérdida importante del material genético, por tanto engloban también a los SNPs. Normalmente las mutaciones son consideradas patológicas o anormales, mientras que los SNP se pueden considerar variaciones normales en la secuencia del ADN entre unos individuos y otros. Se podría decir que la mayoría de los SNP proceden de mutaciones silentes, representando más del 90% de todas las variaciones genómicas humanas. Éstos aparecen cada 100 a 300 bases de promedio, estimándose que el genoma humano contiene sobre los 10 millones de SNPs.

Para evitar este tipo de confusiones, algunos autores utilizan el término "variante alélica" para referirse a la

alteración de la secuencia normal de un gen sin tener en cuenta el número de nucleótidos alterados, su frecuencia ni su asociación fenotípica, refiriéndose a las variantes alélicas patológicas como mutaciones.

El desafío de la investigación actual parece encaminado a detectar esas **variantes alélicas** clave que pueden ser sensibles al efecto de un componente dietético determinado, alterando la respuesta metabólica de un individuo para determinar el impacto de su variación sobre salud y enfermedad.

Una parte importante del conocimiento actual que relaciona la ingesta dietética con el fenotipo y el riesgo de sufrir enfermedades deriva de estudios poblacionales basados en la **detección de un gen o variantes alélicas** y su interrelación con otros genes, nutrientes y la aparición de la enfermedad.

Esto ha llevado a la clasificación de las enfermedades, desde este punto de vista, como enfermedades **monogénicas**, cuando están determinadas por un solo gen (fenilcetonuria, intolerancia a la lactosa, enfermedad celíaca, hipercolesterolemia, etc), o como **multifactoriales**, cuando su expresión esta determinada por una combinación de varios genes y otros factores ambientales (enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis, enfermedades neuronales, etc).

Los resultados obtenidos en las enfermedades monogénicas parecen ser más convincentes que los relativos a las multifactoriales, ya que en principio, es más fácil la comprensión de las interacciones genéticas que determinan la expresión de esas enfermedades. Por otro lado, la mejoría en el entendimiento de las enfermedades monogénicas puede ayudar a avanzar en el campo de las interacciones más complejas entre varios genes y factores ambientales implicados en la expresión de enfermedades multifactoriales.

En cualquier caso, parece que esta clasificación es una simplificación de la realidad y todavía se está lejos de tener una comprensión plena de la situación. Las enfermedades monogénicas clásicas evidencian muchas diferencias entre individuos con la presencia del mismo gen, por lo que la interacción con otros genes, agentes modificadores, factores ambientales, etc., también parecen influir en distintas direcciones.

A pesar de esta simplificación teórica y el limitado número de estudios, las pruebas sobre las interacciones gen-dieta para enfermedades multifactoriales como las enfermedades cardiovasculares y el cáncer son abun-



## 2. Enfermedades multifactoriales

- Enfermedades Cardiovasculares
- Obesidad
- Diabetes tipo 2
- Cáncer
- Alteraciones en el metabolismo de los lípidos

## 3. Otras Enfermedades multifactoriales

- Osteoporosis
- Enfermedades neurodegenerativas

Además de esta estructura sobre una revisión de las distintas enfermedades, en el informe se presentan en forma de fichas (Figura 4) todos aquellos grupos de investigación que se han detectado y que se han considerado como más relevantes en el ámbito de la nutrigenómica. En estas fichas se podrán consultar diversos datos desde los datos de contacto hasta los proyectos y patentes de los que dispone el grupo.

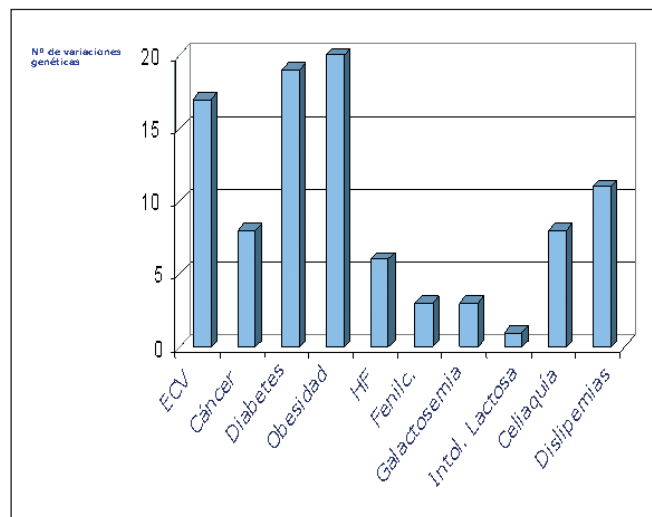
**Figura 4:** Imagen de la ficha modelo de grupos de investigación en Nutrigenómica.  
Fuente: Informe VT Panorama actual de la Nutrigenómica. (CIBT, Madri+d)

Unidad de Epidemiología Genética y Molecular	
<b>Dirección:</b>	Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Cátedras de la Alimentación, Toxicología y Medicina Legal Facultad de Medicina Universidad de Valencia Teléfono: 963 544 959 Fax: 963 544 954 Correo electrónico: dep.medicinapreventiva@uv.es
<b>Página web:</b>	www.uv.es/medprevent
<b>Persona de contacto:</b>	Dolores Corella Piquer Teléfono: 963 854 800 Correo electrónico: dolores.corella@uv.es
<b>Líneas de investigación relevantes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epidemiología Genómica de las Enfermedades Cardiovasculares.</li> <li>• Epidemiología Genómica de la Obesidad.</li> </ul>	

Tras llevarse a cabo una revisión de los fundamentos genéticos en cada una de las enfermedades mencionadas, se ha plasmado en el informe los datos obtenidos del proceso de vigilancia y se ha realizado un análisis comparativo de las enfermedades con mayor intensidad investigadora en el ámbito de la nutrigenómica. Según los datos del informe, el recuento de las variantes genéticas relacionadas con la dieta referenciadas en cada enfermedad, muestran que los esfuerzos en investigación en esta temática se centran principalmente en la **obesidad**, seguidos de estudios en **diabetes**, **ECV**, **metabolismo de los lípidos** y **cáncer**. (Figura 5)

Otra de las ideas que se pueden extraer del análisis del entorno científico es que parece necesario aumentar la **investigación básica** que interrelacione com-

**Figura 5:** Relación de las variantes genéticas vinculadas con la dieta que han sido detectadas en este informe en cada una de las enfermedades descritas.



pletamente las variantes genéticas, nutrientes y factores ambientales como para llegar al diseño de una alimentación totalmente personalizada. Esto significa que potencialmente se podrán precisar dietas en función de los requerimientos específicos de cada persona a partir de la información contenida en su genoma y permitirán determinar una nutrición óptima para las poblaciones con características comunes, grupos particulares o individuos.

Sin embargo, las investigaciones que analizan las interacciones nutriente-gen son relativamente recientes por este motivo la comunidad científica se encuentra lejos del **entendimiento completo** de los mecanismos responsables de la distinta respuesta dietética de cada individuo. No obstante, la nutrigenómica parece tener un **futuro prometedor** pues podría llegar a mejorar la salud y prevenir determinadas enfermedades relacionadas estrechamente con el tipo de alimentación y estilos de vida.

## 4. ESTUDIO DEL ENTORNO EMPRESARIAL

A la luz de las investigaciones, parece que la nutrigenómica no tendrá un camino fácil para desarrollar las distintas aplicaciones, aunque en la actualidad los distintos avances en las ciencias "ómicas" han aumentado la velocidad investigadora y como consecuencia han facilitado su **aplicación empresarial**.

Actualmente, desde el punto de vista de su aplicación a nivel poblacional, el entorno empresarial se encuentra en un claro **proceso de expansión y desarrollo**,

ganando impulso de forma progresiva, estimulado desde el ámbito de la investigación.

Este desarrollo sumado a la receptividad por parte de distintos sectores de los consumidores, ha sido aprovechado para la implantación de **nuevos modelos de negocio** que ofertan servicios de nutrigenómica apoyándose en las nuevas tecnologías de la información, mediante análisis genéticos y diseño de dietas personalizadas en función de un determinado perfil genético (existencia o no de distintos polimorfismos o mutaciones), sin la intervención del facultativo.

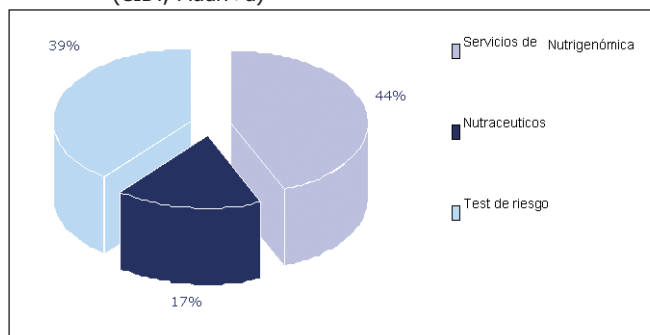
Por otro lado, existe un interés creciente por parte de las **compañías del sector alimentario** por no perder el tren de los "alimentos nutrigenómicos" para conseguir diversificar su cartera de productos previendo que este nicho de mercado crecerá de forma exponencial en los próximos años. Para ello las grandes multinacionales están realizando diversas inversiones en investigación, uniéndose a consorcios europeos, lo que deberá proporcionar el campo de visión adecuado para desarrollar este tipo de alimentos personalizados a cada perfil genético.

La Nutrigenómica todavía se encuentra en una fase incierta, definiéndose aún cómo será el desarrollo desde la investigación básica a las **aplicaciones comerciales**. Sin embargo, es evidente que el entorno empresarial parece que ha tomado ya posiciones para su aplicación comercial, mediante el desarrollo de distintos servicios y productos, fomentado por un floreciente mercado potencial y una actitud positiva de los consumidores hacia este tipo de servicios.

Para intentar definir y aclarar el estado actual del **entorno empresarial** el informe elaborado por el CIBT ha revisado más de 50 empresas, detectando y analizando finalmente **23 empresas** relacionadas directamente con servicios o productos nutrigenómicos para el consumidor final. De ellas **10** basan su negocio en servicios de nutrigenómica (recomendaciones dietéticas a partir de un perfil genético), **9** elaboran y distribuyen **test de riesgo** para distintas enfermedades y **4** basan su estrategia de mercado en el diseño de **productos o suplementos nutrigenómicos** o nutracéuticos. (Figura 6) (Tabla 1)

Cada una de las 23 empresas analizadas se presenta en el informe en forma de fichas estructuradas en las que se puede consultar una información más concreta de los productos y servicios que ofertan cada una de estas empresas así como los datos de contacto y los datos más relevantes. (Figura 7)

**Figura 6:** Servicios ofertados por las empresas de Nutrigenómica. Fuente: Informe VT Panorama actual de la Nutrigenómica. (CIBT, Madri+d)



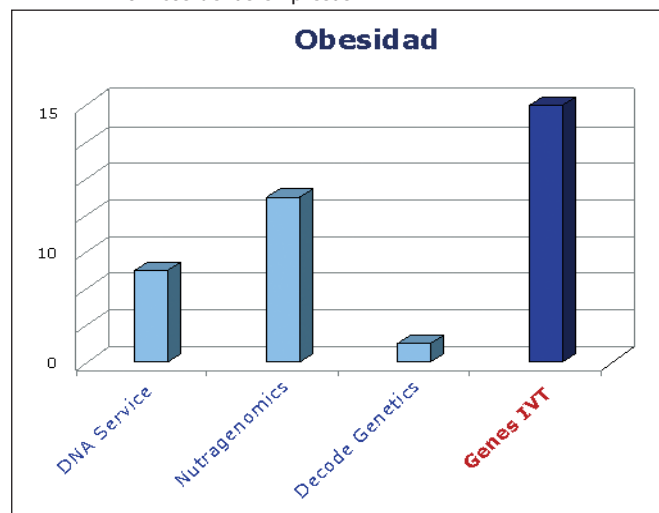
**Tabla 1:** Número de servicios y productos desarrollados por las empresas detectadas en el informe y su correspondiente desarrollo en propiedad industrial.

Empresas	Servicios de Nutrigenómica	Test de riesgo	Productos/Suplementos		Patentes
			Nutrigenómicos	Nutraceuticos	
Sciona	2				
Genelex	1				
DNA Service	1				
23andMe	1				
Nutrigenomics	1				
Sabater	1	2			
Decode Genetics	1				
Nutrametrix	1		1		
GeneticHealth		1			
Metaproteomics				10	
WellGen				1	2
DMS				6	21
Metagenics	1			69	1
Interleukin G.		3	1	13	3
Jurilab		1			13
Celera		1			
Progenika		1			1
IntegraGen		2			
Myriad		5			
Alphagenics	1		2		1
Lactest		1			
Navigenics	1				
SabioBBi		4			
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>99</b>	<b>42</b>

**Figura 7:** Imagen de la ficha modelo sobre datos de empresas con servicios de Nutrigenómica.



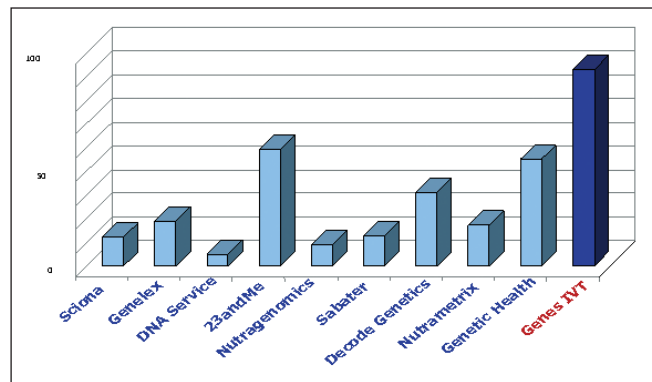
**Figura 9:** Comparativa entre el número de variantes genéticas y polimorfismos relacionados con la dieta y la obesidad que se han detectado en la bibliografía científica (Genes IVT) y las variaciones genéticas detectadas en los servicios nutrigenómicos de las empresas.



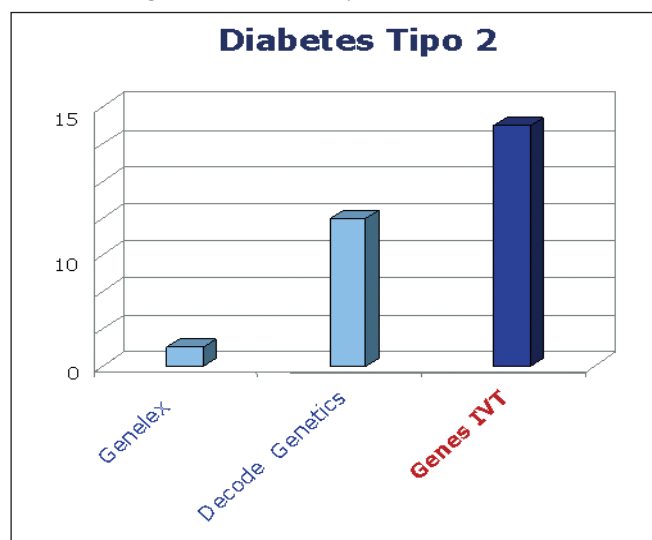
(\*) Las empresas que se han tenido en cuenta para la elaboración de estos gráficos son aquellas que hacen público en sus informaciones corporativas las variaciones genéticas que consideran en sus servicios nutrigenómicos y que se relacionan específicamente con cada una de las enfermedades descritas en el informe.

Una vez analizados los datos que suministran las empresas, en el informe se ha realizado un análisis para comprobar hasta qué punto se ajustan las empresas al potencial desarrollado por el entorno científico actual y hasta qué punto la aplicación de estos servicios a nivel poblacional utilizado como herramienta preventiva me-

**Figura 8:** Este gráfico representa la comparativa entre el número de variantes genéticas detectadas en el informe (Genes IVT) y las que detectan los servicios nutrigenómicos de las distintas empresas relacionadas con las enfermedades tratadas.



**Figura 10:** Comparativa entre el número de variantes genéticas y polimorfismos relacionados con la dieta y la DT2 que se han detectado en la bibliografía científica (Genes IVT) y las variaciones genéticas detectadas en los servicios nutrigenómicos de las empresas.

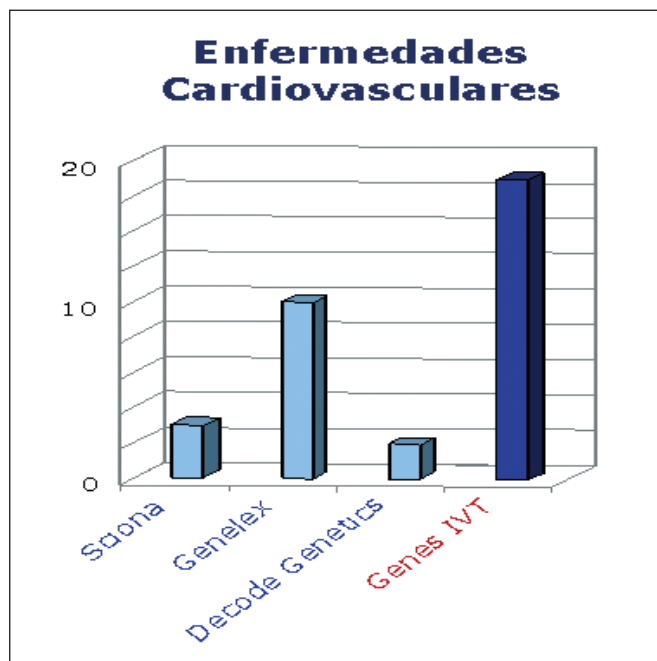


dante la nutrición personalizada puede considerarse efectivo.

Para obtener estos datos, se han analizado las **10 empresas\*** que suministran sus servicios directamente a los consumidores por representar aquellos modelos de negocio con influencia directa sobre la salud pública.

En el informe se muestra un análisis comparativo de las variantes genéticas relacionadas con la dieta que han sido detectadas mediante referencias bibliográficas recopiladas en el estudio y aquellas que son tenidas en cuenta por las distintas empresas en sus servicios nutrigenómicos. (Figura 8)

**Figura 11:** Comparativa entre el número de variantes genéticas y polimorfismos relacionados con la dieta y la ECV que se han detectado en la bibliografía científica (Genes IVT) y las variaciones genéticas detectadas en los servicios nutrigenómicos de las empresas.



Como se puede comprobar en la Figura 11, las empresas analizan **menor número de variantes genéticas y SNPs** que los detectados en la bibliografía científica.

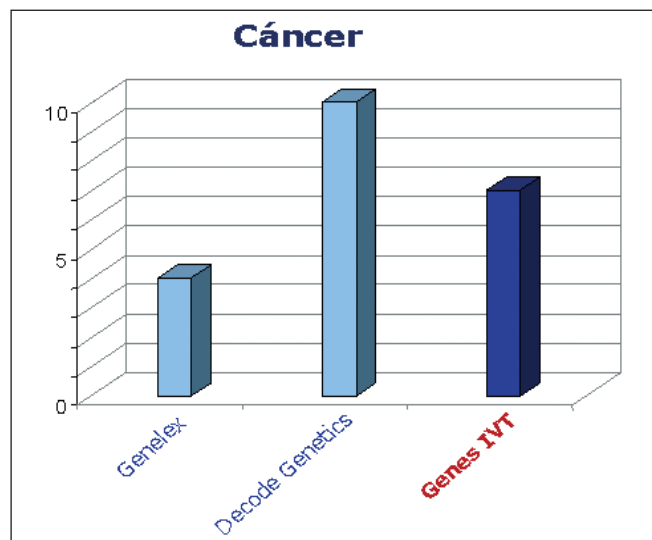
Si realizamos este análisis fragmentándolo para cada una de las enfermedades se comprueba que los resultados se manifiestan con la misma tendencia. (Figuras 9 a 12)

En el caso concreto del cáncer, para realizar esta comparación y debido a la heterogeneidad de las variantes genéticas y la falta de claridad en la información de las empresas no se han podido restringir los datos a aquellas variantes genéticas interrelacionadas con la dieta, mientras que los genes detectados por la bibliografía científica si realizan esta restricción. Este dato explicaría el mayor número de variantes genéticas que detecta la empresa Decode G. con respecto a los hallados en el entorno científico.

## 5. CONCLUSIONES

A pesar de este auge comercial y empresarial alrededor de la nutrigenómica parece necesario atemperarlo con una cierta **dosis de precaución**, ya que hasta la fecha todavía son **escasos los estudios** que respal-

**Figura 12:** Comparativa entre el número de variantes genéticas y polimorfismos relacionados con la dieta y el cáncer que se han detectado en la bibliografía científica (Genes IVT) y las variaciones genéticas detectadas en los servicios nutrigenómicos de las empresas.



dan la validez clínica de marcadores nutrigenéticos específicos y sus diversas interrelaciones tanto con otros genes como con factores ambientales. Desenmarañar toda esta complejidad de factores llevará un tiempo, además de un considerable **esfuerzo en investigación**. Por tanto trasladar esta información al consumidor en la actualidad parece cuanto menos aventurado.

Según los expertos, en la **aplicación de la nutrigenómica** parecen distinguirse dos niveles diferentes que se desarrollan a distintos ritmos. Por un lado, su aplicación en el ámbito **clínico**, utilizado como una herramienta para el tratamiento de distintas enfermedades, en el que existe la posibilidad de desarrollar un historial clínico muy personalizado y mantener al enfermo en condiciones controladas. En este contexto, la nutrigenómica parece que se desarrollará en un plazo más corto.

Sin embargo, su aplicación **poblacional**, utilizado como herramienta preventiva mediante la nutrición personalizada será algo más complejo y supondrá plazos mucho más amplios.

A tenor de los datos, todavía queda por **recorrer un amplio camino** concentrado en el entorno científico antes de confluir con el entorno empresarial para desarrollar aplicaciones verdaderamente fiables y conseguir una influencia determinante en la Salud Pública. Según distintos expertos, este ámbito del conocimiento y sus aplicaciones sucesivas se irán madurando en los próximos **5-10 años**.

## Agradecimientos

El **Círculo de Innovación en Biotecnología** (CIBT) del Sistema madri+d, se enmarca dentro del IV Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (IV PRICIT). El CIBT es una iniciativa de la Dirección General de Universidades e Investigación de la Comunidad de Madrid en el que participa el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid así como el Parque Científico de Madrid. Puede consultarse en informe completo en la página [www.madrimasd.org/biotecnologia](http://www.madrimasd.org/biotecnologia)

Los autores agradecen los consejos y correcciones del informe original a la Dr<sup>a</sup>. D<sup>a</sup> Dolores Corella (Facultad de Medicina de la Universidad de Valencia); a los técnicos del CIBT que han participado y revisado el informe: Esther García y Cecilia González, así como especialmente a los miembros del Comité científico de la SEDCA, doctores Jesús Román Martínez, Antonio Villarino, Carlos de Arpe y Lucía Serrano.

## Referencias bibliográficas

1. Ordovás JM, Carmena R, Corella D. Nutrigenómica. Fundación Medicina y Humanidades Médicas. *Colección de Monografías Humanitas 9*: 21-44.
2. Key TJ, Thorogood M, Appleby PN, Burr ML. Dietary habits and mortality in 11000 vegetarians and health conscious people: results of a 17 year follow up. *BMJ 1996*; 313: 775-79.
3. Edmundo E, Durán C. Genómica Nutricional: el estudio de la interacción entre genes y la nutrición humana. *Rev Fac Cien Med (Quito) 2007*; 32 (1).
4. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias Ciudad Universitaria El Tambo, Huancayo (Perú). "El futuro cercano: Novedades en Nutrición: genes, grelina, desnutrición". [en línea]. Disponible en web: [www.uncp.edu.pe](http://www.uncp.edu.pe) [consulta: 12.12.2007]
5. Key TJ, Fraser GE, Thorogood M, et al. Mortality from a collaborative analysis of 5 prospective studies. *Am J Clin Nutr 1999*; 70 (suppl): 516-24.
6. Maldonado JC, Estévez E. Nutrición, respuesta a la dieta e influencia genética. Centro de Biomedicina. *Principios básicos de Nutrigenómica 2005*; 83-90.
7. Hines LM, Rimm EB. Moderate alcohol consumption and coronary heart disease: a review. *Postgrad Med J 2001*; 77: 747-52.
8. Gómez Ayala A. Nutrigenómica y nutrigenética. La relación entre la alimentación, la salud y la genómica. *Offarm 2007*; Vol. 26. núm. 4.
9. Ordovás JM, Carmena R, Corella D. Nutrigenética. Fundación Medicina y Humanidades Médicas. *Colección de Monografías Humanitas 9*: 3-19.
10. Sánchez Muñoz F, Jiménez Colmenero F, Olmedilla Alonso B. Derivados cárnicos funcionales: estrategias y perspectivas. *Fundación Española de la Nutrición (F.E.N.)*. ISBN: 84-930544-6-1.
11. Almendro V, Gascón P. Nutrigenómica y cáncer. Fundación medicina y humanidades médicas. *Colección de monografías Humanitas 9*: 139-152.
12. Marti A, Moreno-Aliaga MJ, Zulet MA, Martínez JA. Avances en nutrición molecular: nutrigenómica y/o nutrigenética. *Nutrición Hospitalaria 2005*; 20: 157-164.
13. Muñoz Ruiz E. Colección de Monografías Humanitas. Fundación Medicina y Humanidades Médicas. *Nutrigenética y Nutrigenómica 9*: 71-85.
14. Ordovás JM, Corella D. Nutritional genomics. *Annu. Rev. Genomics Hum. Genet. 2004*; 5:71-118.