

Nutrigenómica, alimentación y salud

Estudio de Prospectiva



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Fundación **OPTI**

Nutrigenómica, alimentación y salud

Estudio de Prospectiva



Fundación OPTI
Montalbán, 3. 2º Dcha.
28014 Madrid
Tel: 91 781 00 76
Fax: 91 575 18 96
<http://www.opti.org>



El presente Estudio de Prospectiva Tecnológica ha sido realizado por la Fundación OPTI y AINIA Centro Tecnológico.

Documento elaborado por:

- Julio Carreras Llisterri, AINIA
- Belén Baviera Puig, AINIA

Con la colaboración técnica de:

- Blanca Viadel Crespo, AINIA
- Lidia Tomás Cobos, AINIA
- Maribel Narváez, Fundación OPTI

La Fundación OPTI y AINIA agradecen sinceramente la colaboración ofrecida por la comunidad científica y empresarial para la realización de este informe, y en especial al Panel de Expertos que se detalla en el Anexo I.

© Fundación OPTI y AINIA Centro Tecnológico
Diseño y maquetación: Paco Sánchez Diseño Gráfico
Fecha: Marzo 2009
Depósito Legal: M-13326-2009

Índice

INTRODUCCIÓN	4
APROXIMACIÓN A LA NUTRIGENÓMICA, ALIMENTACIÓN Y SALUD	5
OBJETIVO DEL ESTUDIO	7
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	9
RESULTADOS GENERALES DEL ESTUDIO	13
CLASIFICACIÓN DE LOS TEMAS EN FUNCIÓN DE SU FECHA DE MATERIALIZACIÓN	18
GRANDES TENDENCIAS.....	24
CONCLUSIONES.....	35
ANEXO I: EXPERTOS PARTICIPANTES EN LOS PANELES.....	40
ANEXO II: PARTICIPANTES EN EL CUESTIONARIO	41
ANEXO III: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO.....	44

Introducción



Con el fin de dar continuidad a la ejecución de estudios de prospectiva que contribuyan a generar conocimiento sobre las tendencias de futuro, así como a reforzar las acciones estratégicas contempladas en el Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, la Fundación OPTI propuso la realización de un estudio de prospectiva sobre Nutrigenómica, Salud y Alimentación dentro del grupo de estudios promovidos por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio.

El estudio de prospectiva llevado a cabo por OPTI y AINIA trata de divulgar información útil a todo el elenco de profesionales del sector y en particular a los responsables de la toma de decisiones tanto en la Administración como en las empresas, para que les sirva de material de reflexión, apoyo e inspiración con el que elaborar las estrategias de actuación más convenientes para afrontar retos futuros.

Bajo estas premisas, los objetivos fundamentales que se pretenden alcanzar con este estudio de prospectiva son los siguientes:

- Abordar el impacto que los progresos científicos y tecnológicos tendrán en el área de la Nutrigenómica desde la perspectiva de alimentación y salud.
- Identificar las necesidades de innovación y tecnologías críticas para la mejora del sector agroalimentario en el campo de la nutrigenómica.
- Buscar nuevos encuadres y estrategias de futuro en relación con el desarrollo científico y empresarial en este ámbito.
- Dar un valor añadido y un peso a la Nutrigenómica como piedra angular en el futuro del sector agroalimentario en España.

Como consecuencia, este documento tiene como última finalidad ser un informe de referencia que arroje una nueva visión sobre las tendencias en el ámbito de la Nutrigenómica con un horizonte temporal de quince años. El impacto que el estudio haya de tener vendrá dado por el establecimiento de políticas y prioridades en los avances científicos y desarrollos tecnológicos que se lleven a cabo inspirados en sus conclusiones.

Aproximación a la Nutrigenómica, Alimentación y Salud



Uno de los descubrimientos claves del proyecto Genoma Humano es la existencia de diferencias en la secuenciación genética de cada individuo. Estas diferencias son las responsables de que cada individuo responda de una manera distinta a los factores ambientales y de estilo de vida, como por ejemplo la dieta. Por este motivo, el efecto de los alimentos y sus componentes en cada individuo va a ser diferente, dependiendo de sus características genéticas específicas.

Los factores genéticos no son los únicos responsables del efecto de los alimentos en nuestro estado de salud, sino que hay una serie de complejas interacciones entre la información genética de cada persona, su medio físico, biológico, emocional y social (fenotipo). Es por ello que estos factores ambientales y de estilo de vida deberán ser también tenidos en cuenta a la hora de evaluar la respuesta de cada individuo frente a los alimentos.

Bajo esta perspectiva, han surgido nuevas disciplinas que estudian la interacción de los alimentos y sus componentes con el genoma a nivel molecular, celular y sistémico, con un objetivo: utilizar la dieta para prevenir o tratar enfermedades y para mejorar



nuestro estado de salud. Estas disciplinas son principalmente la Nutrigenética y la Nutrigenómica.

La Nutrigenética estudia la influencia de las variaciones genéticas en la respuesta de los organismos a los nutrientes con el objetivo de formular recomendaciones sobre los riesgos y beneficios de dietas concretas de manera aislada. Mientras que la Nutrigenómica estudia la influencia de los nutrientes en la expresión de los genes. Para ello, la Nutrigenómica se apoya en las ciencias “ómicas”, ciencias impulsadas por los descubrimientos del Genoma Humano, y que consisten en la transcriptómica, proteómica y metabolómica.

Por otra parte hay que tener en cuenta que los alimentos están compuestos por miles de sustancias, muchas de las cuales pueden ser más o menos biodisponibles dependiendo de la matriz del alimento (en función del tipo de alimento, los nutrientes se ab-

sorben en mayor o menor medida); y de su procesado (la manera de preparar y transformar los alimentos va a tener una gran influencia sobre la biodisponibilidad de los nutrientes).

El desarrollo de la Nutrigenómica supone una nueva oportunidad para la industria agroalimentaria, ya que permitirá identificar y utilizar nuevos compuestos bioactivos de los alimentos y realizar nuevas formulaciones para mejorar la salud y evitar enfermedades, teniendo en cuenta la constitución genética o genotipo de los consumidores y los factores ambientales.

Este conocimiento se utilizará para poder tamizar grupos de riesgo y determinar la susceptibilidad individual a enfermedades de alta prevalencia, como enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, enfermedades neurodegenerativas, obesidad, etc. y poder utilizar la alimentación como medida de prevención.



Objetivo del estudio

Este estudio de prospectiva tiene como objetivo principal identificar y valorar las tendencias de investigación y los desarrollos tecnológicos dentro del ámbito de la Nutrigenómica, Alimentación y Salud, con el fin de conocer el futuro de esta disciplina y, en la medida de lo posible, establecer medidas que incidan en su óptimo progreso. En concreto, se abordarán las siguientes cuestiones:

- Visión estratégica de futuro sobre las posibilidades de desarrollo de estas tecnologías y su impacto a nivel nacional
- Identificación de tendencias y tecnologías relacionadas
- Detección de oportunidades y nuevas áreas de actividad
- Identificación de actuaciones

El ámbito del estudio abarca los desarrollos tecnológicos en el futuro referentes a la Nutrigenómica, Alimentación y Salud. Para ello se han desarrollado **cuatro áreas tecnológicas**, que agrupan una serie de hipótesis.

- 1. Ingredientes con actividad específica**
- 2. Tecnologías para procesar alimentos**
- 3. Estilo de vida**
- 4. Factores sociales, legales y ambientales**



En la primera se tratan aquellas tendencias relacionadas con la identificación de compuestos que se encuentran en los alimentos y tienen una actividad específica. Se incluye también en este bloque su procesamiento, el efecto en los individuos y la validación de la actividad de los ingredientes. En la segunda área se contemplan los aspectos relativos a las tecnológicas para incorporar estos ingredientes en los alimentos y la influencia de su procesado. La tercera área analiza las tendencias relativas al estilo de vida, manera de consumo de los alimentos, hábitos dietéticos y de salud. La cuarta y última área hace referencia a otra serie de factores, que si bien no son de carácter tecnológico, son una serie de tendencias que van a limitar o posibilitar la evolución de la Nutrigenómica, entre ellos encontramos entre otros la legislación, consumidor, mercado, educación o la salud pública.

Hay que señalar, que **el presente estudio se ha enfocado, dentro de la Nutrigenómica, hacia las tendencias tecnológicas con mayor impacto en el sector agroalimentario, dejando aparte aquellas tendencias dirigidas a las tecnologías para la identificación de patologías**, ya que éstas, por sí solas, podrían consti-

tuir una base suficiente para un estudio de prospectiva independiente.

Con los resultados de este ejercicio de prospectiva se pretende ayudar a la planificación de los grupos de investigación y de las empresas del sector permitiendo establecer vías de actuación basadas en la disposición de la información sobre las tecnologías emergentes y las áreas científicas relevantes. Asimismo, dichos resultados constituyen una herramienta de consulta para la toma de decisiones relacionadas con las políticas de I+D+i por parte de la Administración y las empresas, permitiendo así explotar los conocimientos con los que se cuentan a día de hoy. Estos resultados, del mismo modo, analizan el impacto de los avances científico-tecnológicos en el campo de la Nutrigenómica, Alimentación y Salud e identifican marcos y estrategias de futuro en el sector.

Los resultados del proyecto quizás no sean visibles en un corto plazo pero sí a medio plazo, permitiendo establecer prioridades de financiación en proyectos de I+D+i y facilitando el conocimiento de la evolución y líneas de investigación en el sector de la Nutrigenómica.



Metodología del estudio

Para la realización de este estudio se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

a) Síntesis documental. Como información de partida para la preparación del ámbito del estudio, se han analizado las publicaciones más recientes y estudios realizados en los países más avanzados en este ámbito, identificando las tecnologías actuales en uso, así como las áreas científico-tecnológicas consideradas clave para el futuro desarrollo de la disciplina.

b) Panel de expertos. Para llevar a cabo este estudio de prospectiva se ha requerido la selección de un panel de expertos compuesto por profesionales de reconocido prestigio en relación con la Nutrigenómica, la Alimentación y Salud, procedentes de centros de investigación, universidades y empresas. Con su colaboración, se definieron una serie de hipótesis sobre el futuro de los temas incluidos en el estudio

y se confeccionó un primer borrador del cuestionario. Cada uno de los expertos participó en el planteamiento de una serie de hipótesis referentes a su área de conocimiento. En éstas hipótesis se trataba la evolución de las tecnologías, conocimientos y aplicaciones más innovadoras y trascendentes, así como todos aquellos posibles acontecimientos que pudieran influir de forma significativa en la evolución del sector. Este panel de expertos, constituido por 19 especialistas en diferentes campos, fue convocado en dos ocasiones: para la definición de los temas y formulación de hipótesis incluidas en el cuestionario, y para la discusión final y selección de grandes tendencias. El panel de expertos constituye en gran parte la clave del éxito de este ejercicio de prospectiva.

Además, cada experto propuso una serie de expertos adicionales en diferentes materias que podrían responder el cuestionario, con el fin de contrastar diversas opiniones. Esto permitió seleccionar una población lo más heterogénea posible en cuanto a procedencia profesional, distribución geográfica y perfil a la hora de responder el cuestionario. De este modo, los resultados obtenidos tienen una mayor validez a escala territorial y recogen las opiniones de diferentes ámbitos de la sociedad.

c) Cuestionario. Las hipótesis seleccionadas, un total de 35, fueron incluidas en el cuestionario (ver Anexo III) con el objetivo de valorar el grado de importancia de los temas de estudio seleccionados, así como estimar su fecha de materialización y la posición de España respecto a varios factores competitivos. El cuestionario fue distribuido entre los expertos del panel y los expertos adicionales identificados por el panel.

d) Análisis estadístico del cuestionario. 73 investigadores y expertos tanto del sector público como privado han participado en esta encuesta (ver Anexo II). En esta etapa se realizaron los cálculos de resultados, el análisis de medias y modas, explicación de las desviaciones y extracción de conclusiones generales sobre los cuestionarios recibidos.

Asimismo y en base a los resultados, se seleccionan una serie de hipótesis para su posterior discusión en el segundo panel de expertos. En este estudio, se seleccionaron aquellas cuya fecha de materialización es más cercana y su grado de aplicación era alto.

e) Conclusiones y redacción del informe final. Mediante el análisis de los resultados del cuestionario, conjuntamente con el panel de expertos, se pretende valorar el grado de importancia de las tecnologías y aplicaciones seleccionadas, estimar su fecha de materialización y determinar la capacidad científico-tecnológica española. En la segunda reunión del panel de expertos se han analizado los resultados estadísticos de la encuesta, al tiempo que se han elaborado las conclusiones y recomendaciones que se recogen en este documento.

En la siguiente figura se muestra de forma gráfica el procedimiento seguido en éste estudio de prospectiva.



Variables

El cuestionario recoge 35 hipótesis de futuro, es decir, una serie de temas relacionados con el desarrollo tecnológico de la Nutrigenómica, la Alimentación y Salud, sobre las que se invita a reflexionar a los participantes consultados. En cada una de estas hipótesis se plantean una serie de variables. En el presente estudio se han elegido las siguientes:

NIVEL DE CONOCIMIENTO

Se refiere al grado de conocimiento o experiencia que el encuestado posee sobre cada tema y que debe autoevaluar como:

- *Alto*: significa que se considera experto o posee un conocimiento especializado sobre el tema.
- *Medio*: si posee un buen conocimiento pero no se llega a considerarse experto.
- *Bajo*: si ha leído literatura técnica relacionada con el tema pero no posee un conocimiento especializado.

Esta variable ha servido para descartar por cada hipótesis las respuestas de aquellos expertos que consideran su nivel de conocimiento bajo conforme a su propia autoevaluación. Según este criterio, sólo se han tabulado las respuestas aportadas por los consultados con un grado de conocimiento alto y medio, con el fin de que prime la calidad de las respuestas en el estudio.

GRADO DE IMPORTANCIA

Hace referencia al grado de importancia que el tema tratado tiene para España:

- *Alto* si es muy importante
- *Medio* si es importante
- *Bajo* si apenas tiene importancia

FECHA DE MATERIALIZACIÓN

Se refiere al momento en que el tema propuesto se va a implantar o llevar a cabo de manera bastante generalizada. El horizonte temporal abarca hasta más allá del año 2025 y ha sido dividido en tramos de cinco años. También se incluyó la opción de "Nunca" para el caso en que se opine que un tema no llegará a implantarse.

Para el análisis de esta variable, se ha registrado como fecha de materialización correspondiente a cada hipótesis la moda de las respuestas recibidas, es decir, aquel intervalo temporal de cinco años en el que se agrupa un mayor número de opiniones de los expertos consultados.

Hay que tener en cuenta que la fecha de materialización hace referencia a la madurez de las tecnologías vinculadas a cada hipótesis. En algunos casos hay tecnologías que han comenzado a desarrollarse, pero su cenit se espera en un horizonte más lejano en el tiempo por parte de los expertos.

CAPACIDAD CIENTÍFICO- TECNOLÓGICA EN ESPAÑA

Con ello se pretende saber cuál es su opinión sobre cada uno de los temas propuestos, respecto a la posición de España en relación con otros países de nuestro entorno. Dicha posición esta referida al potencial de desarrollo científico y tecnológico existente.

Para cada uno de los temas, los encuestados debían otorgar una valoración entre Muy Alta y Muy Ba-

ja en cada una de las capacidades sometidas a su opinión. De esta manera, a cada tema le corresponden cuatro modas (aquellas puntuaciones registradas con la mayor frecuencia entre los encuestados), una para cada capacidad juzgada.

GRADO DE APLICACIÓN

Con esta variable se pretende consultar a los expertos participantes en el estudio acerca de la extensión que la hipótesis en cuestión tendrá en el sector. Se distingue entre:

- *Muy Alta*: Aplicación a gran escala
- *Alta*: Aplicación media
- *Baja*: Aplicación testimonial.
- *Muy Baja*: No se aplicará.

MEDIDAS PARA EL DESARROLLO

Esta variable hace referencia a las medidas que pueden impulsar la implantación o el desarrollo de los temas propuestos. Se han elegido cuatro:

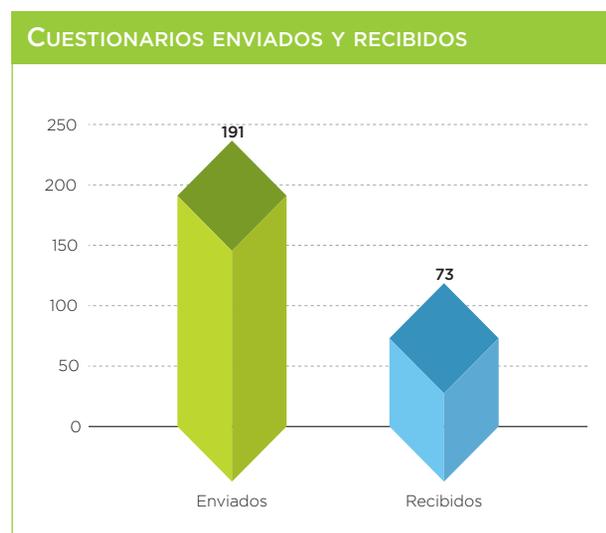
- *Incentivos de la Administración*. En el caso de que se considere importante el impulso por parte de la Administración.
- *Movilidad de científicos/tecnólogos y Formación*, si opina que es necesario fomentar el intercambio de profesionales para alcanzar el tema que se plantea o tomar medidas relacionadas con la formación de los profesionales (o futuros profesionales) involucrados en el aspecto propuesto.
- *Avances en legislación* en el caso de que la legislación o determinada normativa pueda suponer un freno al desarrollo del tema de trabajo.
- *Cooperación entre industria y centros tecnológicos*.

Sólo se permitió seleccionar un máximo de dos de las cuatro medidas propuestas, es decir aquellas que, en la opinión del experto, puedan tener un mayor impacto en el desarrollo que se plantea.

Resultados generales del estudio

El cuestionario fue enviado a 191 profesionales y expertos en la materia, procedentes tanto del ámbito académico, como de la investigación y sector industrial. Participaron 73 de ellos, citados en el Anexo II del presente informe, lo que supone un índice de respuesta del 38.2% (Gráfico 1). Este porcentaje se considera un buen índice de respuesta ya que en este tipo de estudios el resultado esperado es alrededor del 30%.

GRÁFICO 1



Entre los participantes que han respondido al cuestionario la distribución por sexo es paritaria ya que el 48% de ellos han sido mujeres y el 52% hombres. En cuanto a la distribución de éstos por su procedencia profesional la mayor parte de las respuestas proceden de Universidades y Organismo Públicos de Investigación dado el alto número de grupos científicos en nuestro país en Nutrigenómica, Alimentación y Salud. Cabe destacar que casi el 30% de las respuestas proceden

de la empresa privada donde algunas de ellas están especializadas en determinados temas y existe un creciente interés en la materia. En el gráfico 2 se muestran estos resultados. Se trata de expertos localizados mayoritariamente en la Comunidad Valenciana, Comunidad de Madrid y Cataluña, donde se encuentran muchos de los grupos de investigación y empresas que trabajan en este campo.

En lo que se refiere al nivel de conocimiento manifestado por los participantes, los datos revelan que las hipótesis en las que se muestra un mayor conocimiento son aquellas relacionadas con Ingredientes con actividad específica. Este tipo de tecnologías se encuentra en una fase más avanzada de su desarrollo, y son a su vez las que han situado en una fecha de materialización más cercana.

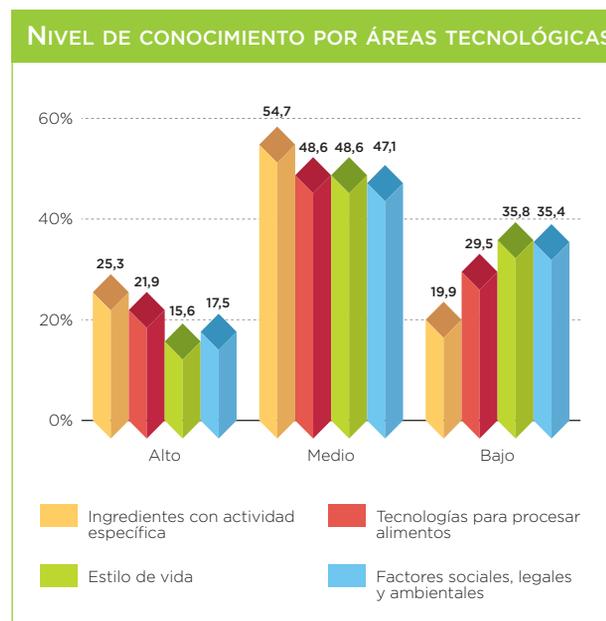
En el análisis de los resultados se han eliminado las respuestas de aquellos participantes con un nivel de conocimiento bajo en cada tema propuesto, con el fin de evitar distorsiones y que prime la calidad de las respuestas en el estudio.

Respecto al grado de importancia de los temas propuestos, la media porcentual de todas las respuestas en esta variable da como resultado que el 67,5% del total han sido consideradas de importancia alta y el 30,5% de importancia media. Por otro lado, la fecha de materialización de la mayoría de los temas ha sido considerada a corto y medio plazo (Gráfico 4). Los resultados de ambas variables, da una idea de la importancia de los temas planteados para el desarrollo inmediato de esta materia, así como de la necesidad de impulsar estas tendencias.

GRÁFICO 2



GRÁFICO 3



La capacidad científico-tecnológica de España en los temas abordados en el cuestionario ha sido considerada mayoritariamente alta, ya que para las cuatro áreas tecnológicas abordadas en el estudio es donde se concentra un mayor porcentaje de respuestas como puede verse en el gráfico 5.

Del mismo modo del análisis de la variable Grado de Aplicación se obtiene que la mayor parte lo ha considerado “Alta” y “Muy Alta”, lo que refleja la importancia de dichas hipótesis para el desarrollo futuro de la industria (Gráfico 6).

GRÁFICO 4

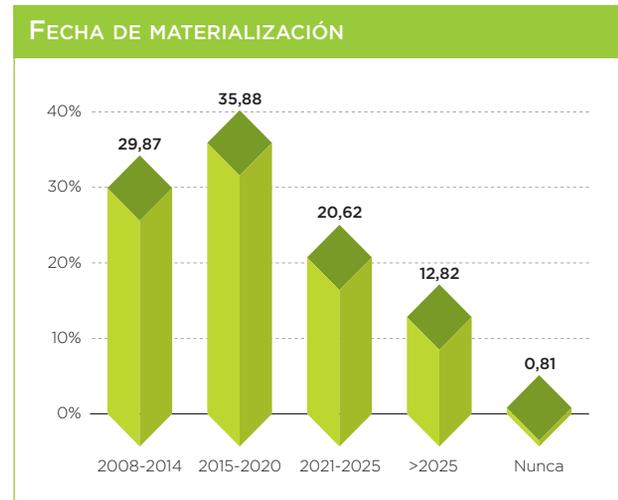


GRÁFICO 5

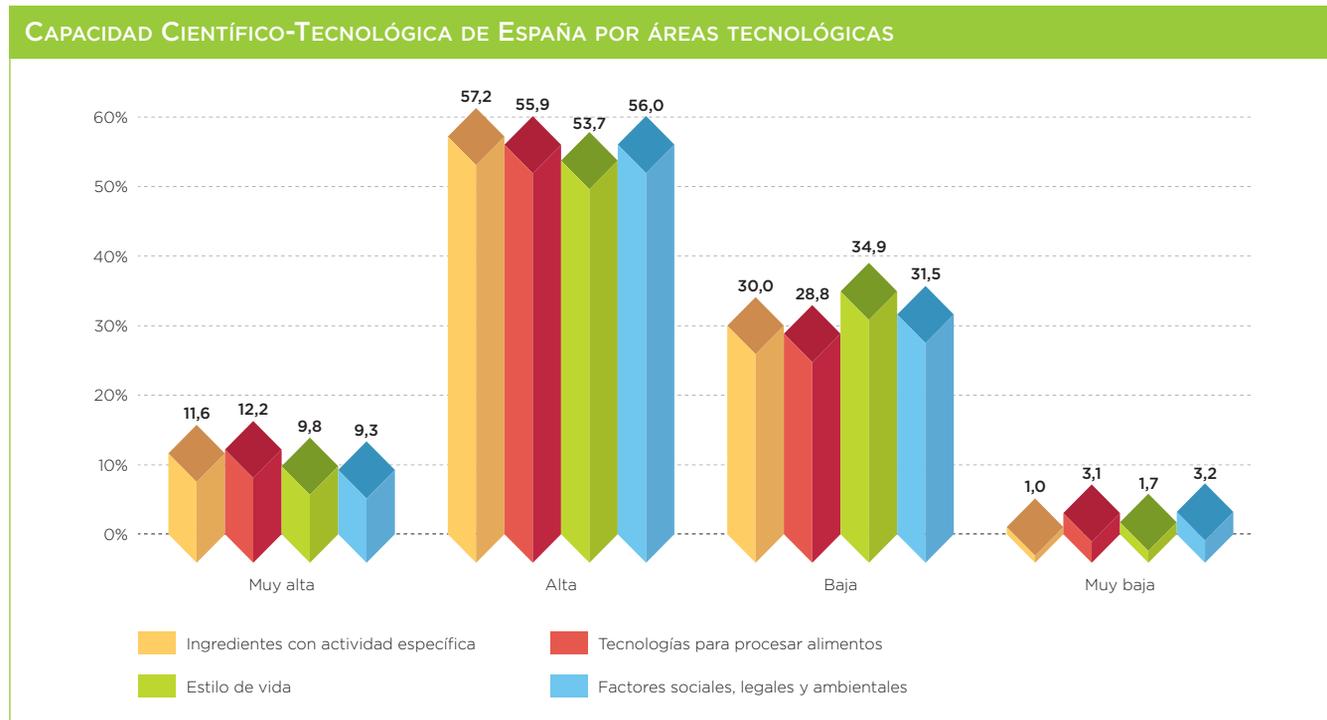
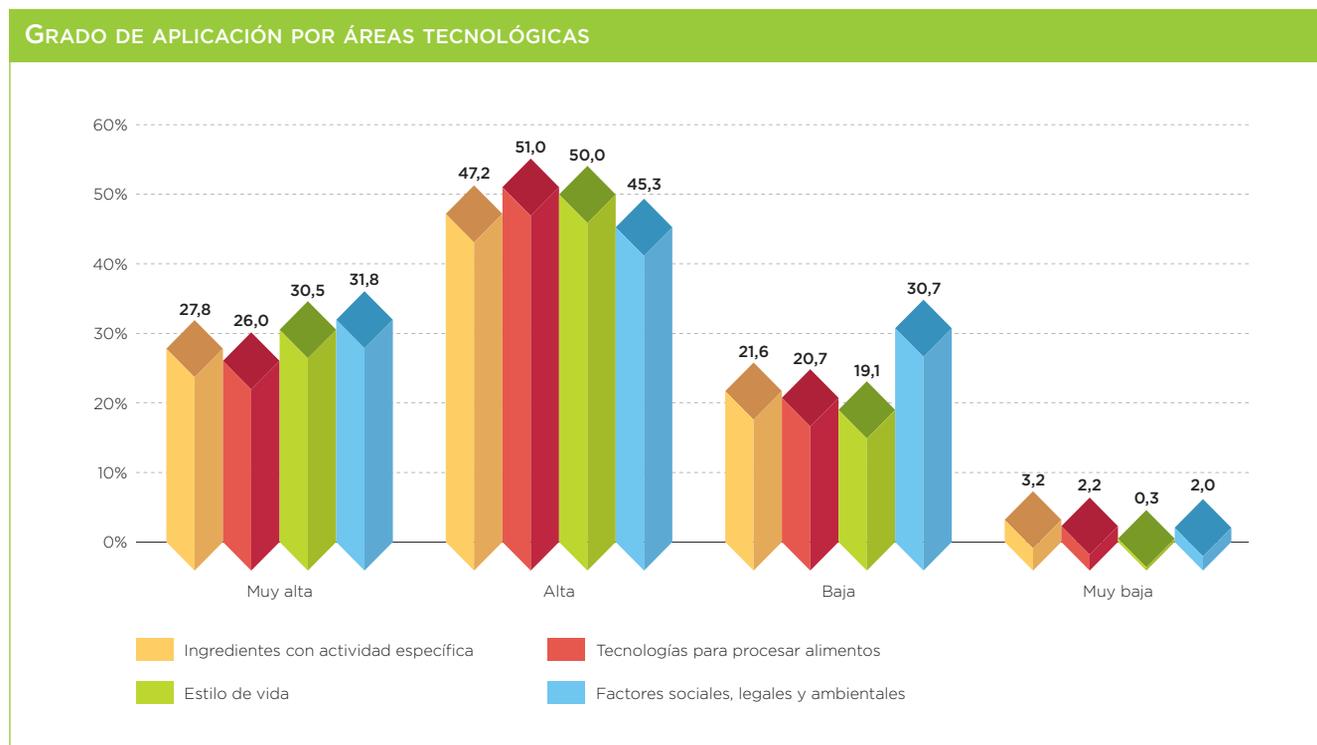


GRÁFICO 6

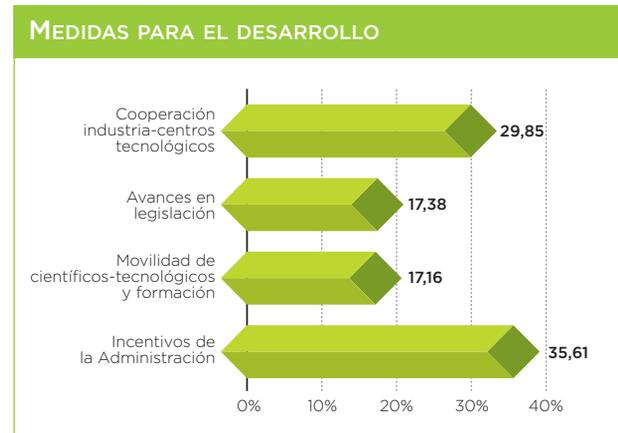


La última variable del cuestionario referida a las medidas idóneas para contribuir al desarrollo de la hipótesis que se planteaba, arroja los resultados que se reflejan en el gráfico 7. En él es posible observar que la medida con mayor porcentaje ha sido los incentivos de la Administración, que en líneas generales se ha considerado más importante en aquellos aspectos relacionados con requisitos legislativos o bien, en temas de trabajo que por estar menos desarrolla-

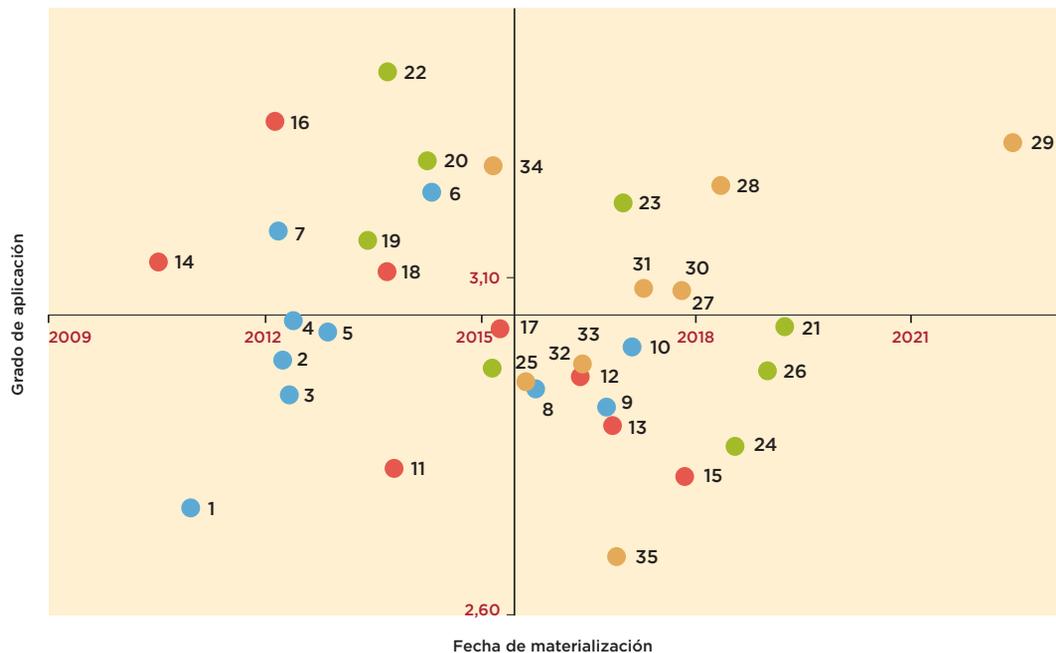
dos suponen un mayor riesgo tecnológico. La siguiente medida en importancia ha sido la cooperación entre la industria y los centros tecnológicos. Esto es acorde con el gran número de organismos de investigación que trabajan en esta materia en España existiendo en ocasiones cierto desfase entre éstos y las empresas privadas. No deja de lado a otras medidas como los avances en legislación y la movilidad de científicos y tecnólogos y la formación.

Por otro lado, se eligieron una serie de hipótesis para su posterior discusión en el panel de expertos. Se tomaron dos criterios: fecha de materialización en el corto-medio plazo y grado de aplicación alto. En el siguiente gráfico de dispersión se muestra el resultado obtenido al cruzar las dos variables. Este gráfico ha servido de base para la selección de hipótesis a analizar en el segundo panel de expertos.

GRÁFICO 7



DISTRIBUCIÓN FECHA DE MATERIALIZACIÓN VS GRADO DE APLICACIÓN





Clasificación de los temas en función de su fecha de materialización



De los 35 temas que componen el cuestionario enviado a los profesionales del sector, 7 de ellos están situados en el horizonte temporal 2008-2014, lo que implica el 20% del total de las hipótesis planteadas. Más de la mitad de éstas, el 57% se sitúa en el intervalo 2015-2020, mientras que el 17% lo hace en el horizonte temporal 2021-2025 y tan sólo el 6% más allá del 2025. De estos resultados puede concluirse que los temas planteados son de especial importancia para el desarrollo de la Nutrigenómica, la Alimentación y Salud dada su relativa proximidad en cuanto a su materialización.

Esta clasificación es el resultado de las respuestas al cuestionario de todos los participantes y de la revisión por parte de los expertos que se realizó en la segunda reunión, donde algunas de ellas fueron situadas en un horizonte más lejano. La clasificación obedece a la fecha de materialización referente a la madurez del tema planteado. Esto significa que algunas hipótesis seguirán desarrollándose en el tiempo debido a que abarcan campos de investigación amplios, con una complejidad considerable y que por tanto, son temas a desarrollar a largo plazo.

A continuación se presentan el total de los temas del cuestionario agrupados en función de su fecha de materialización, indicando el área tecnológica en la que se encuadran.

Horizonte 2008-2014

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
1	Se identificarán nuevos compuestos bioactivos mediante tecnologías de alto rendimiento (screening masivo, bioinformática, ómicas...) a partir de plantas, animales y fuentes microbiológicas	Ingredientes con actividad específica
2	Se descubrirán biomarcadores rápidos y eficaces que permitirán identificar nuevos compuestos bioactivos	Ingredientes con actividad específica
5	Se conocerán mecanismos de acción de ciertos alérgenos frecuentes existentes en alimentos de origen animal y vegetal	Ingredientes con actividad específica
7	Dada la diversidad del origen de los nuevos ingredientes bioactivos, la biotecnología, las tecnologías de extracción y la nanotecnología serán tecnologías de gran aplicación para optimizar la obtención de ingredientes.	Ingredientes con actividad específica
11	Se profundizará en el conocimiento de la influencia de los factores genéticos (raza, especie y variedad) y ambientales (alimentación, clima, suelo, etc.) en las características nutricionales, funcionales y organolépticas de los productos alimentarios finales (carne, pescado, productos vegetales, etc.)	Tecnologías para procesar alimentos
14	Se establecerán relaciones del efecto del procesado de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes nutricionales y funcionales	Tecnologías para procesar alimentos
16	Las técnicas ómicas permitirán desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación (autenticidad de ingredientes; presencia de microorganismos, residuos, alérgenos...) para incrementar la seguridad alimentaria, especialmente para aquellos grupos poblacionales con mayor riesgo	Tecnologías para procesar alimentos

Horizonte 2015-2020

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
3	Los estudios <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> permitirán identificar y validar el mecanismo de acción a nivel molecular y celular de compuestos bioactivos	Ingredientes con actividad específica
4	Se realizarán estudios para determinar la absorción, la distribución, el metabolismo, la excreción y la toxicidad (estudios ADMET) de los nuevos compuestos bioactivos	Ingredientes con actividad específica
6	Se realizarán ensayos (en personas sanas y/o enfermas) de compuestos con actividad específica en diferentes grupos poblacionales, para determinar sus efectos sobre el fenotipo según factores dietéticos y genéticos	Ingredientes con actividad específica
8	Aumentará el desarrollo de plantas o animales OMG que contengan/ produzcan ingredientes bioactivos para grupos poblacionales específicos.	Ingredientes con actividad específica
9	La utilización de compuestos activos que produzcan/tengan un efecto concreto sobre la expresión génica será de gran utilidad para el tratamiento de individuos con requerimientos dietéticos especiales.	Ingredientes con actividad específica
10	Se profundizará en el conocimiento de la interacción y complementariedad de los medicamentos con los compuestos bioactivos alimentarios para mejorar la efectividad y la seguridad de los tratamientos	Ingredientes con actividad específica
12	El desarrollo de chips de ADN de alta densidad y otras tecnologías permitirá identificar marcadores que contribuyan a identificar el periodo óptimo en la producción de materias primas de alimentos (recolección de frutas y hortalizas, sacrificio de animales, etc.)	Tecnologías para procesar alimentos
13	Se ampliará la utilización de la nanotecnología y otras tecnologías para desarrollar alimentos que tengan una mayor eficacia y eficiencia en la liberación de nutrientes y compuestos bioactivos al cuerpo humano	Tecnologías para procesar alimentos

Horizonte 2015-2020 (Continuación)

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
15	Se desarrollaran marcadores moleculares informáticos asociados al compuesto bioactivo, bien en su forma final o en su forma precursora (marcadores de proceso), a lo largo de la cadena de producción de alimentos, de tal manera que se puedan dirigir mejor los procesos industriales de la elaboración de alimentos procesados	Tecnologías para procesar alimentos
17	El avance en conocimientos sobre la interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos presentes o incorporados en los alimentos con la microbiota de diferentes grupos poblacionales hará que esta práctica tenga una amplia implantación	Tecnologías para procesar alimentos
18	Se desarrollarán nuevas bases de datos que recopilen información sobre el efecto de las variables de proceso (incluyendo cocinado) en la composición nutricional de los alimentos y en la funcionalidad y biodisponibilidad de los ingredientes bioactivos en función de la matriz de los alimentos	Tecnologías para procesar alimentos
22	El envejecimiento de la población hará que se estudien y diseñen dietas enfocadas a mejorar las alteraciones de las funciones cerebrales (pérdida auditiva, alzheimer, demencia, etc) y dietas que disminuyan el deterioro óseo-muscular	Estilo de vida
23	El mayor conocimiento del efecto de la nutrición en la función cerebral durante las fases de gestación, neonatos e infancia, hará que se desarrollen estrategias para mejorar aspectos cognitivos a través de la nutrición	Estilo de vida
25	La creciente preocupación por el aspecto físico hará que se estudien qué factores genéticos y nutricionales tienen efectos estéticos (hidratación de la piel, no caída del cabello, etc)	Estilo de vida
28	La nutrigenómica se aplicará tanto en prevención primaria a la población en general como en el tratamiento clínico de enfermedades	Factores sociales, legales y ambientales

Horizonte 2015-2020 (Continuación)

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
31	Se crearán estrategias por parte de la administración para que la información sobre nutrición y genómica llegue de una manera más clara y directa al consumidor, en especial a grupos poblacionales específicos	Factores sociales, legales y ambientales
32	Proliferarán las empresas que ofrezcan consejos nutricionales y dietas en base a ensayos genéticos	Factores sociales, legales y ambientales
33	Se crearán comités específicos que permitan agilizar el desarrollo de la legislación relativa a los avances en nutrigenómica	Factores sociales, legales y ambientales
34	Se reforzará la legislación de protección de datos con los avances en genómica	Factores sociales, legales y ambientales
35	Se crearán organismos de autocontrol por parte de la industria que dicten buenas prácticas y velen por el cumplimiento de la legislación respecto al uso de datos individuales de estudios nutrigenómicos	Factores sociales, legales y ambientales

Horizonte 2021-2025

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
19	Se profundizará en el conocimiento científico de la interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física en el desarrollo de las distintas patologías	Estilo de vida
20	Se desarrollarán bases de datos que relacionen el consumo de determinados alimentos con sus efectos sobre la salud de grupos poblacionales específicos (genotípicos) y se utilizarán para diseñar dietas personalizadas	Estilo de vida
24	Se ampliarán conocimientos de la relación existente entre las interacciones gen-dieta en el estado anímico de las personas y su rendimiento físico y mental	Estilo de vida
26	Se creará un banco de datos sobre polimorfismos genéticos y su expresión frente a dietas definidas (mediterránea, ready-to-eat, fast-food, etc.)	Estilo de vida
27	Se establecerán las ingestas recomendadas de los compuestos bioactivos en distintos grupos poblacionales y en función del genotipo	Factores sociales, legales y ambientales
30	La educación alimentaria-nutricional (incluyendo aspectos de nutrigenómica) se implantará en el sistema educativo	Factores sociales, legales y ambientales

Más allá del 2025

Nº	TEMA	ÁREA TECNOLÓGICA
21	Existirán estudios avanzados sobre el comportamiento humano en la elección de ciertos alimentos en función de su genotipo y como dicha elección condiciona la expresión del genotipo en el fenotipo. Relación genotipo-dieta-genotipo-fenotipo	Estilo de vida
29	La consulta del código genético de los pacientes y la recomendación de alimentos con compuestos bioactivos será una práctica habitual en las consultas de sanidad pública	Factores sociales, legales y ambientales



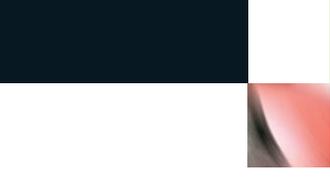
Grandes tendencias

En función de los resultados de las respuestas de los participantes, se han seleccionado una serie de hipótesis o temas según dos criterios: la fecha de materialización y el grado de aplicación. Se han elegido aquellas que según los resultados se materializarían antes (después en la reunión del panel algunas se situaron con un horizonte más lejano) y cuyo grado de aplicación era alto. Aunque la mayoría de tendencias seleccionadas vienen de las hipótesis planteadas en el cuestionario, hay algunas que hacen relación o vinculan varias hipótesis en una sola.

Ingredientes con actividad específica

Las hipótesis seleccionadas han sido:

	FECHA DE MATERIALIZACIÓN	CAPACIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA	GRADO DE APLICACIÓN
Hipótesis 2. Se descubrirán marcadores y bioensayos rápidos y eficaces que permitirán identificar compuestos bioactivos	2008-2014	alta	alto
Hipótesis 3. Los estudios <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> permitirán identificar y validar el mecanismo de acción a nivel molecular y celular de compuestos bioactivos	2015-2020	alta	alto
Hipótesis 4. Se realizarán estudios para determinar la absorción, la distribución, el metabolismo, la excreción y la toxicidad (estudios ADMET) de los nuevos compuestos bioactivos	2015-2020	alta	alto
Hipótesis 6. Se realizarán ensayos (en personas sanas y/o enfermas) de compuestos con actividad específica en diferentes grupos poblacionales, para determinar sus efectos sobre el fenotipo según factores dietéticos y genéticos	2015-2020	alta	alto
Hipótesis 7. Dada la diversidad del origen de los nuevos ingredientes bioactivos, la biotecnología, las tecnologías de extracción y la nanotecnología serán tecnologías de gran aplicación para optimizar la obtención de ingredientes.	2008-2014	alta	alto
Hipótesis 8. Aumentará el desarrollo de plantas o animales OMG que contengan/produzcan ingredientes bioactivos para grupos poblacionales específicos	2015-2020	alta	alto



Los alimentos que ingerimos constituyen una importante fuente de compuestos bioactivos, muchos de los cuales pueden tener efectos beneficiosos para la salud en general, pero en algunos casos especiales también pueden ser nocivos. El efecto beneficioso o perjudicial de estos alimentos depende de varios factores y entre ellos cabe destacar las características genéticas de cada individuo. La identificación de compuestos presentes en los alimentos que tengan efectos beneficiosos para grupos poblacionales grandes, con características genéticas similares, es por lo tanto, de gran interés para la industria agroalimentaria.

La obtención, identificación y caracterización de la bioactividad de estos ingredientes es una de las áreas de estudio relacionadas con la Nutrigenómica que se van a analizar en este estudio de prospectiva.

Dentro de las hipótesis planteadas en el área de ingredientes del estudio se han seleccionado aquellas que responden a un grado de aplicación alto y un horizonte temporal más cercano. En algunas de estas hipótesis se ha alargado el horizonte de materialización dado que aunque se están comenzando a aplicar las tecnologías relacionadas, aún no han alcanzado la madurez suficiente y se prevé que el desarrollo de éstas va a ser constante en el tiempo, dadas las nuevas dificultades y retos que surgirán en torno a ellas.

HIPÓTESIS 2

Con el fin de poder incorporar ingredientes que tengan una actividad específica positiva en nuestro organismo será necesario, en primer lugar, **identificar nuevos compuestos bioactivos o nuevas funcionalidades de compuestos ya conocidos**, para poder estudiar su incorporación a los alimentos y validar su efecto en nuestro organismo, teniendo en cuenta las características genéticas de los individuos.

Para poder identificar estos ingredientes se utilizarán **tecnologías de alto rendimiento** como son:

- técnicas ómicas: genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica
- screening masivo (técnicas de “high throughput” o HTS): robótica y software para el procesamiento rápido de información de ensayos bioquímicos o genéticos.
- bioinformática y quimiométrica: herramientas para el manejo de las complejas estructuras de datos proporcionados por las técnicas ómicas

Las principales fuentes de estos ingredientes serán fuentes naturales (plantas, animales y fuentes microbiológicas). Será necesario por lo tanto seguir investigando en nuevos **marcadores y bioensayos** que permitan identificar estos compuestos bioactivos en la materia prima de una manera rápida, eficaz y segura.

HIPÓTESIS 3

Estos compuestos identificados tendrán diferentes mecanismos de acción, que deberán ser analizados. Para poder identificar **el mecanismo de acción a nivel molecular** y celular de compuestos bioactivos, será necesario seguir desarrollando estudios *in vitro* e *in vivo* con animales. Estos mecanismos de acción deberán ser luego validados en humanos, de modo que para determinar la relación entre los compuestos bioactivos y el fenotipo-genotipo, los estudios deberán realizarse en grupos poblacionales específicos. Los mecanismos de acción se verán también influenciados por la matriz alimento en la que se encuentran los ingredientes, lo que suma complejidad a su validación.

La determinación del mecanismo molecular es una acción multidisciplinar que implica el uso de distintas tecnologías como técnicas de biología molecular, técnicas ómicas, nanotecnología, entre otras.

Estos estudios se están desarrollando ya, pero dado que existen numerosos compuestos bioactivos con diferentes propiedades, que se continúan identificando nuevos compuestos, y que conforme se van desarrollando nuevas técnicas de análisis *in vivo* e *in vitro* se van encontrando nuevas barreras y complicaciones, se sitúa la madurez de esta hipótesis en un horizonte temporal que tiende hacia el 2020.

Los estudios *in silico* (estudios de simulación computacional) tendrán también un desarrollo potencial dentro de la identificación de la bioactividad de compuestos de origen natural en el futuro, si bien la amplia utilización de estas tecnologías será más tardía en el tiempo. Este tipo de estudios están más orientados a familias de moléculas y tienen utilidad para identificar niveles de bioactividad en familias de compuestos.

HIPÓTESIS 4

Previamente a utilizar los nuevos compuestos bioactivos identificados, es necesario analizar la absorción, la distribución, el metabolismo, la excreción y la toxicidad de éstos en el cuerpo humano. Para ello, se extenderá el uso de **estudios ADMET** sobre estos nuevos compuestos y sobre compuestos que siendo conocidos, no se están utilizando como ingredientes alimenticios con actividad específica. Las técnicas que se emplean en estos estudios son técnicas celulares, moleculares y bioquímicas.

Los estudios ADMET se emplean principalmente en el sector farmacéutico para descubrir nuevos fármacos o *drug discovery*. En el sector alimentario los estudios ADMET están empezando a utilizarse en los compuestos funcionales que se incorporan a alimentos registrados como alimentos nuevos, ya que son obligatorios para ser registrados como “novel foods”.

Los resultados del cuestionario fijaron como fecha de materialización de esta hipótesis el período 2008-

2014. Si bien es cierto que los estudios ADMET se están realizando ya, cada vez se utilizan nuevas tecnologías, ensayos, biomarcadores, etc. para este tipo de estudios, por lo que se espera una madurez de esta hipótesis para 2015-2020.

HIPÓTESIS 6

En lo referente a la realización de ensayos de **compuestos con actividad específica en diferentes grupos poblacionales para determinar sus efectos sobre el fenotipo según factores dietéticos y genéticos** se espera un mayor grado de desarrollo a medio plazo. Este tipo de ensayos ya se están empezando a hacer en Estados Unidos de una manera incipiente.

HIPÓTESIS 7

Como se ha expuesto previamente, las fuentes de compuestos bioactivos son muy variadas, por lo que será necesario continuar trabajando en las **tecnologías que permiten su obtención en cantidad y calidad óptima**. En función de la matriz donde se encuentren los compuestos o de su método de producción cabe destacar las siguientes tecnologías:

- *Tecnologías de extracción*. Se utilizarán principalmente para compuestos en matrices vegetales o animales. Se continuarán desarrollando las tecnologías de extracción enzimática, fluidos supercríticos, etc. Estas tecnologías estarán apoyadas por tecnologías de separación como membrana, pulsos eléctricos, destilación molecular, cromatografías preparativas, etc.
- *Biotecnología*. Se utilizará principalmente para la producción de compuestos bioactivos a partir de microorganismos. Producción en bioreactores y down stream.
- *Nanotecnología*. El desarrollo de la nanotecnología orientada hacia la extracción de nuevos

compuestos se ve más lejana en el tiempo y con una aplicación más de apoyo a las anteriores, a través de la creación de nanosensores y desarrollo de nanomateriales que mejoren las técnicas de extracción o separación.

Se destaca que el avance en estas tecnologías deberá de ir acompañado de nuevas técnicas analíticas de apoyo.

HIPÓTESIS 8

La limitación de recursos y los rendimientos deseados en la obtención de compuestos bioactivos harán presión sobre el desarrollo y utilización de los organismos modificados genéticamente (OMGs).

Es bien sabida la polémica que los **OMGs** suscita entre sus defensores y detractores. El desarrollo de estos organismos para la obtención de compuestos bioactivos vendrá condicionado por lo tanto por factores sociales y legales más que por la capacidad tecnológica de España y Europa.

Los expertos apuntan que los OMGs que permitan obtener compuestos necesarios para combatir enfermedades tendrán una aceptación más temprana, que servirá como punta de lanza para la obtención de otros compuestos.

Otro tema de interés para los expertos, pero que está situado en un horizonte temporal más lejano, es **la interacción y complementariedad de los medicamentos con los compuestos bioactivos** alimentarios para mejorar la efectividad y la seguridad de los tratamientos médicos.

En alimentos funcionales los países referentes son Japón (a nivel mundial) y Finlandia (a nivel europeo). España está bien posicionada en este campo y es el país europeo que más productos funcionales lanza al mercado.

Los expertos indican que el desarrollo de todas las tendencias tecnológicas expuestas, vendrá necesariamente condicionado por una estrecha **cooperación entre la industria y los organismos y centros de investigación apoyada y promovida por la administración**. De la misma manera se indica que si bien la **posición española a nivel científico y tecnológico** en las tecnologías relacionadas es **alta**, es necesario continuar reforzándola mediante la **formación continua y el intercambio de investigadores** con países punteros en investigación en estas materias.

Uno de los factores que favorecería el desarrollo en este campo es conseguir que grupos líderes en ciencia y tecnología consiguiesen posiciones relevantes en la administración a nivel europeo.

Tecnologías de procesamiento de alimentos

	FECHA DE MATERIALIZACIÓN	CAPACIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA	GRADO DE APLICACIÓN
Hipótesis 14. Se establecerán relaciones del efecto del procesamiento de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes nutricionales y funcionales	2008-2014	alta	alto
Hipótesis 16. Las técnicas ómicas (genómica, metabolómica, transcriptómica) permitirán desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación (autenticidad de ingredientes; presencia de microorganismos, residuos, alérgenos...) para incrementar la seguridad alimentaria, especialmente para aquellos grupos poblacionales con mayor riesgo	2008-2014	alta	muy alto
Hipótesis 17. El avance en conocimientos sobre la interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos presentes o incorporados en los alimentos con la microbiota de diferentes grupos poblacionales hará que esta práctica tenga una amplia implantación	2015-2020	alta	alto
Hipótesis 18. Se desarrollarán nuevos repositorios y modelos de conocimiento que recopilen información sobre el efecto de las variables de proceso (incluyendo cocinado) en la composición nutricional de los alimentos y en la funcionalidad y biodisponibilidad de los ingredientes bioactivos en función de la matriz de los alimentos	2015-2020	alta	alto

HIPÓTESIS 14

Tanto los pretratamientos a los que son sometidas las materias primas como su procesado posterior, influyen ampliamente sobre la biodisponibilidad de ciertos nutrientes de interés funcional. A modo de ejemplo, el uso del escaldado para reducir el contenido en ácido oxálico de las espinacas está ampliamente extendido en la industria.

El **efecto del procesado de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes** nutricionales y funcionales es uno de los parámetros exigidos para obtener un “health claim” en la actualidad. Así pues ya se está estudiando, especialmente con los efectos de la temperatura y calentamiento sobre la composición nutricional, y los componentes funcionales y alérgenos de los alimentos.

Especialmente se está trabajando para aumentar la vida útil de los prebióticos. La tendencia es que esto se amplíe a otras operaciones básicas del procesado y que se establezcan relaciones más fiables y exactas. En este sentido, la legislación deberá tener un mayor desarrollo y exigir dichos estudios.

HIPÓTESIS 16

Las técnicas ómicas y otras tecnologías como la nanotecnología tendrán un impacto positivo en la **seguridad y la calidad alimentaria** en todos los consumidores, ya que contribuyen a desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación de componentes de los alimentos y contaminaciones. También se utilizarán ampliamente para verificar la autenticidad de la materia prima e ingredientes.

HIPÓTESIS 17

Respecto a los conocimientos sobre la interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos presentes o incorporados en los alimentos con la micro-

biota de diferentes grupos poblacionales, se trata de una hipótesis en la que, a pesar de que ya se está trabajando en ello, la materialización de la misma con una amplia implantación será a muy largo plazo. Se sabe que hay más bacterias en el organismo que células y se conoce el 80% aproximadamente. En el laboratorio sin embargo, se pueden cultivar solamente en torno al 20% de las mismas.

Son estudios frecuentes en la actualidad, pero las capacidades metabólicas del intestino son muy grandes y es un campo aún por explotar. En la actualidad hay un proyecto de secuenciación de la microbiota intestinal entre grupos de investigación de EEUU y europeos.

HIPÓTESIS 18

En relación con el desarrollo de nuevas bases de datos, es más correcto hablar de repositorio o banco de datos: conjunto de bases de datos y otros recursos (protocolos, procedimientos e interfaces estándar, virtualización del tratamiento de conjuntos de datos heterogéneos, políticas y mecanismos de seguridad y calidad, etc.) que facilitan el procesamiento de la información. En un futuro se tiende hacia los “modelos de conocimiento”: estructuras que están por encima de las bases de datos con información heterogénea y que permiten conectar varias de ellas aplicando modelos de bases de datos federadas o infraestructuras de interoperabilidad similares. A pesar de que cada vez es más común el uso de estos repositorios, la amplia utilización de éstos se sitúa en un horizonte temporal a largo plazo.

Así pues, en cuanto a la recopilación de información sobre las variables de proceso en la composición nutricional de los alimentos y en la funcionalidad y biodisponibilidad de ingredientes bioactivos según la matriz, otro aspecto a considerar es cómo se va a po-

der utilizar esta información. Para ser de utilidad, debería estar disponible a las industrias, consumidores, etc. Para lo que sería necesario el establecimiento de consorcios (empresas, OPIs y otros organismos) para poder ofrecer la información libre de cargas. Por otro lado, la disponibilidad de la información debería ser diferente según el usuario final de la misma (consumidor, investigador, etc). Además será necesaria la interoperabilidad para poder conectar y acceder a diferentes repositorios.

Otras hipótesis de interés, pero que los expertos han considerado con un menor grado de aplicación en el campo de la Nutrigenómica han sido:

- La profundización en el conocimiento de la influencia de los factores genéticos (raza, especie y variedad) y ambientales (alimentación, clima, suelo, etc.) en las características nutricionales, funcionales y organolépticas de los productos alimentarios finales (carne, pescado, productos vegetales, etc)
- El desarrollo de chips de ADN de alta densidad y otras tecnologías para identificar marcadores que contribuyan a identificar el periodo óptimo en la producción de materias primas de alimentos (recolección de frutas y hortalizas, sacrificio de animales, etc.)
- La utilización de la nanotecnología y otras tecnologías para desarrollar alimentos que tengan una mayor eficacia y eficiencia en la liberación de nutrientes y compuestos bioactivos al cuerpo humano

Estilo de vida

	FECHA DE MATERIALIZACIÓN	CAPACIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA	GRADO DE APLICACIÓN
Hipótesis 19. Se profundizará en el conocimiento científico de la interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física en el desarrollo de las distintas patologías	2021-2025	alta	alto
Hipótesis 20. Se desarrollarán repositorios y modelos de conocimiento que relacionen el consumo de determinados alimentos con sus efectos sobre la salud de grupos poblacionales específicos (genotípicos) y se utilizarán para diseñar dietas personalizadas	2021-2025	alta	alto
Hipótesis 22. El envejecimiento de la población hará que se estudien y diseñen dietas enfocadas a mejorar las alteraciones de las funciones cerebrales (ECV, pérdida auditiva, alzheimer, demencia, etc.) y dietas que disminuyan el deterioro óseo-muscular	2015 - 2020	alta	Muy alto
Hipótesis 25. La creciente preocupación por el aspecto físico hará que se estudien qué factores genéticos y nutricionales tienen efectos estéticos (hidratación de la piel, no caída del cabello, etc.)	2015 - 2020	alta	alto

En esta área se analizan las tendencias relativas al estilo de vida: modo de consumo de los alimentos, hábitos dietéticos y de salud.

HIPÓTESIS 19

En el estudio de la interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física en el desarrollo de las distintas patologías, es ne-

cesario incluir el factor tiempo ya que por ejemplo algunas interacciones en edades tempranas tienen una influencia posterior. Asimismo la edad puede ser otro factor a tener en cuenta.

Se está trabajando ya en el estudio de dichas interacciones pero dicho conocimiento no alcanzará su madurez hasta el largo plazo (se indica un horizonte temporal de 2025).

El estudio de variaciones genéticas entre individuos, incluyendo los diversos tipos de polimorfismos o diferencias en la secuencia de un gen, es esencial en el desarrollo de la Nutrigenómica. Así se ha visto que determinados factores dependen del polimorfismo de un gen y otros no: por ejemplo en el caso de la obesidad, con unos polimorfismos concretos la actividad física puede influir y con otros no. Es por tanto un campo de estudio de interés creciente y en el que queda mucho por hacer.

En el caso de realización de estudios poblacionales es en ocasiones muy costoso conseguir poblaciones representativas, lo que implica una dificultad a la hora de su realización.

HIPÓTESIS 20

El avance en el **conocimiento** de la **relación del consumo de determinados alimentos con sus efectos sobre la salud de grupos poblacionales específicos** (genotípicos) permitirá modificar las recomendaciones nutricionales. En esto habrá un avance progresivo que irá desde recomendaciones generales a recomendaciones para grupos específicos para finalmente llegar a individuos concretos. El horizonte temporal, a este último nivel se espera que sea a largo plazo.

HIPÓTESIS 22

El envejecimiento de la población hará que se estudien y diseñen dietas enfocadas a mejorar la calidad de vida y la salud en general y especialmente en aspectos concretos como la mejora de determinadas funciones cerebrales.

Dado que las personas mayores son las que más necesitan de los medicamentos, en el diseño de estas dietas se tendrán en cuenta también las interacciones alimento-medicamento.

HIPÓTESIS 25

La creciente preocupación por el aspecto físico hará que se estudien qué factores genéticos y nutricionales tienen efectos estéticos (hidratación de la piel, no caída del cabello, etc.)

La interacción alimentación-aspecto físico ya se está teniendo en cuenta y existen productos específicos en esta línea (principalmente en Asia), pero no se está contemplando desde un punto de vista genético. Es en este sentido donde se profundizará el estudio en un futuro.

Así, habrá un “acercamiento” entre el sector cosmético y el alimentario con el consiguiente desarrollo de la legislación.

Otras hipótesis a destacar, aunque más lejanas en el tiempo son:

- Existirán estudios avanzados sobre el comportamiento humano en la elección de ciertos alimentos en función de su genotipo y como dicha elección condiciona la expresión del genotipo en el fenotipo. Relación genotipo-dieta-genotipo-fenotipo
- El mayor conocimiento del efecto de la nutrición en la función cerebral durante las fases de gestación, neonatos e infancia, hará que se desarrollen estrategias para mejorar aspectos cognitivos a través de la nutrición.

En este aspecto la industria cada vez está poniendo más énfasis en ver qué ingredientes contribuyen al desarrollo del bebé. Hay que tener en cuenta además el “programming”: la influencia de la alimentación de la madre en el hijo, mientras está en el seno materno.

Factores sociales, legales y ambientales

	FECHA DE MATERIALIZACIÓN	CAPACIDAD CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA	GRADO DE APLICACIÓN
Hipótesis 32. Proliferarán las empresas que ofrezcan consejos nutricionales y dietas en base a ensayos genéticos	2015-2020	alta	alto
Hipótesis 34. Se reforzará la legislación de protección de datos con los avances en genómica	2015-2020	alta	alto

HIPÓTESIS 32

Se prevé un crecimiento de **empresas y organismos científicos que hagan recomendaciones nutricionales** en base a análisis genéticos de sus clientes. Actualmente ya existen empresas dedicadas a dar consejos nutricionales en función de las características genéticas de los individuos, pero hace falta una mayor base científica. El aumento de empresas en este negocio podrá crear confrontaciones entre las recomendaciones realizadas por las empresas y los avances científicos de los organismos de investigación.

HIPÓTESIS 34

Prácticamente en todas las hipótesis se han resalta-do los avances en legislación como una de las claves para el desarrollo de estas tendencias. El avance y utilización de la Nutrigenómica, vendrá por lo tanto marcado, incentivado y condicionado por cómo evolucione el marco legal en la producción de ingredientes e incorporación a los alimentos y demás aspectos relacionados.

Actualmente en relación con el objeto del estudio la Ley de Protección de Datos es la más desarrollada.

Serán necesarias de manera paralela, estrategias por parte de la administración para que la información sobre nutrición y genómica llegue de una manera más clara y directa al consumidor. A nivel educativo, ya se ha comenzado en el campo de la nutrición, pero aún queda un largo camino hasta llegar a la Nutrigenómica.

En cuanto a formación necesaria en un futuro los expertos destacan que se contemplarán temas relacionados con Nutrigenómica en carreras de carácter científico tales como Medicina.



Conclusiones

Se presentan a continuación las principales conclusiones del estudio de prospectiva sobre Nutrigenómica, Alimentación y Salud, destacando los aspectos más importantes a tener en cuenta en los próximos años.

El ámbito del estudio abarca los desarrollos tecnológicos en el futuro referentes a la Nutrigenómica, Alimentación y Salud. Estos han sido presentados en forma de 35 hipótesis agrupadas en cuatro áreas tecnológicas diferentes:

- Ingredientes con actividad específica: identificación de compuestos con actividad específica en los alimentos, extracción y validación de su efecto.
- Tecnologías para procesar alimentos: tecnologías para incorporar estos ingredientes en los alimentos.
- Estilo de vida: consumo de los alimentos, hábitos dietéticos y de salud.
- Factores sociales, legales y ambientales.

Hay que señalar, que el presente estudio se ha enfocado, dentro de la Nutrigenómica, hacia las tendencias tecnológicas con mayor impacto en el sector agroalimentario, dejando aparte aquellas tendencias dirigidas a las tecnologías para la identificación de patologías, ya que éstas, por sí solas, podrían constituir base suficiente para un estudio de prospectiva independiente.

De las 35 hipótesis contempladas en el estudio, 16 han sido consideradas por los expertos como hipótesis de mayor relevancia en el futuro. Estas 16 hipótesis han sido seleccionadas en función de su fecha de materialización (más cercana en el tiempo) y su grado de aplicación (alto).

Ingredientes con actividad específica

De las 16 hipótesis seleccionadas, 6 pertenecen a esta parte del estudio, con lo que el área de Ingredientes con actividad específica es una de las áreas considerada como de mayor importancia por parte de los expertos en la materia.

Para las seis hipótesis seleccionadas, se ha considerado la capacidad científico-técnica española alta y un amplio grado de aplicación. En cuanto a la fecha de materialización, dos de estas hipótesis tienen un horizonte temporal más cercano, entre el 2008 y 2014:

- Se descubrirán marcadores y bioensayos rápidos y eficaces que permitirán identificar compuestos bioactivos
- Dada la diversidad del origen de los nuevos ingredientes bioactivos, la biotecnología, las tecnologías de extracción y la nanotecnología serán tecnologías de gran aplicación para optimizar la obtención de ingredientes

Mientras que las otras cuatro se plantean para un horizonte temporal entre el 2015 y 2020:

- Los estudios *in vitro* e *in vivo* permitirán identificar y validar el mecanismo de acción a nivel molecular y celular de compuestos bioactivos
- Se realizarán estudios para determinar la absorción, la distribución, el metabolismo, la excreción y la toxicidad (estudios ADMET) de los nuevos compuestos bioactivos
- Se realizarán ensayos (en personas sanas y/o enfermas) de compuestos con actividad específica

en diferentes grupos poblacionales, para determinar sus efectos sobre el fenotipo según factores dietéticos y genéticos

- Aumentará el desarrollo de plantas o animales OMG que contengan/produzcan ingredientes bioactivos para grupos poblacionales específicos

Cabe destacar que en algunas de estas hipótesis se ha alargado el horizonte de materialización dado que aunque se están comenzando a aplicar las tecnologías relacionadas, aún no han alcanzado la madurez suficiente y se prevé que el desarrollo de éstas va a ser constante en el tiempo, dadas las nuevas dificultades y retos que surgirán en torno a ellas.

Los alimentos están compuestos por multitud de ingredientes que pueden tener diferentes efectos en cada individuo, dependiendo de sus características genéticas. Desde este punto de vista, la **identificación de compuestos con efectos beneficiosos para grandes grupos poblacionales** con características genéticas similares, es de gran interés para la industria agroalimentaria.

Con el fin de identificar nuevos ingredientes bioactivos o nuevas funcionalidades de compuestos ya conocidos, se descubrirán **nuevos marcadores y bioensayos que permitirán identificar estos compuestos en la materia prima, de una manera rápida, eficaz y segura**. En esto jugará un papel relevante el desarrollo de las tecnologías de alto rendimiento, como las tecnologías ómicas (genómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica), el screening masivo, la bioinformática y la quimiométrica.

Estos compuestos, se encuentran de manera natural en muchos alimentos, pero también es de interés para la industria el poder extraerlos para preparar nuevas formulaciones e incorporarlos a otros alimentos deficientes en estos compuestos. En este sentido, será necesario **continuar perfeccionando las**

tecnologías de extracción y producción que permitan obtener ingredientes de interés en cantidad y calidad óptima. Entre estas tecnologías cabe destacar la biotecnología, tecnologías de extracción específicas (extracción enzimática, fluidos supercríticos, etc) y la nanotecnología.

Los compuestos bioactivos, tienen diferentes mecanismos de acción que han de ser estudiados a nivel celular y molecular. Para ello continuarán desarrollándose **estudios *in vitro* e *in vivo*** con animales. Estos mecanismos de acción deberán ser luego **validados en grupos poblacionales específicos** para determinar la relación entre los compuestos bioactivos y el fenotipo-genotipo.

Estos estudios se están llevando a cabo ya, pero dada la multitud de compuestos diferentes con diferentes propiedades, y la complejidad que supone que estos compuestos se encuentran también influenciados por la matriz alimento, se continuará trabajando en el futuro con el fin de superar nuevas barreras. Se prevé también en este ámbito, un mayor desarrollo de los estudios *in silico*, útiles para identificar niveles de bioactividad en familias de compuestos.

Antes de utilizar los compuestos bioactivos es necesario analizar la absorción, la distribución, el metabolismo, la excreción y la toxicidad de éstos en el cuerpo humano. A raíz de esta necesidad, se extenderá el uso de **estudios ADMET**, (empleando técnicas celulares, moleculares y bioquímicas) sobre nuevos compuestos y sobre compuestos que siendo conocidos, no se están utilizando como ingredientes alimenticios con actividad específica.

En lo referente a la realización de ensayos de **compuestos con actividad específica** en diferentes grupos poblacionales **para determinar sus efectos sobre el fenotipo según factores dietéticos y genéticos** se espera un mayor grado de desarrollo a medio pla-

zo. Este tipo de ensayos ya se están empezando a hacer en Estados Unidos de una manera incipiente.

La limitación de recursos a nivel global y los rendimientos deseados en la obtención de compuestos bioactivos, ejercerán presión sobre el uso de los **organismos modificados genéticamente (OMGs)**. En primer lugar, serán más aceptados socialmente aquellos OMGs que permitan obtener compuestos con aplicaciones para el tratamiento de enfermedades, ampliándose su uso hacia otros compuestos con el paso del tiempo.

Tecnologías de procesado de alimentos

En esta área se seleccionaron 4 hipótesis de las 8 inicialmente planteadas en el cuestionario. Para todas ellas se consideró una capacidad científico-tecnológica en España alta, mientras que el grado de aplicación de las mismas se consideró alto o muy alto. En cuanto a la fecha de materialización, dos de estas hipótesis tienen un horizonte temporal más cercano, entre el 2008 y 2014:

- Se establecerán relaciones del efecto del procesado de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes nutricionales y funcionales
- Las técnicas ómicas (genómica, metabolómica, transcriptómica) permitirán desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación (autenticidad de ingredientes; presencia de microorganismos, residuos, alérgenos...) para incrementar la seguridad alimentaria, especialmente para aquellos grupos poblacionales con mayor riesgo

Mientras que las otras cuatro se plantean para un horizonte temporal entre el 2015 y 2020:

- El avance en conocimientos sobre la interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos presentes o incorporados en los alimentos

con la microbiota de diferentes grupos poblacionales hará que esta práctica tenga una amplia implantación

- Se desarrollarán nuevos repositorios y modelos de conocimiento que recopilen información sobre el efecto de las variables de proceso (incluyendo cocinado) en la composición nutricional de los alimentos y en la funcionalidad y biodisponibilidad de los ingredientes bioactivos en función de la matriz de los alimentos

En el caso de la última hipótesis, los resultados del cuestionario la situaban en un horizonte de materialización más cercano, pero en la segunda reunión de expertos en la que se validaron los resultados, se decidió situar a medio plazo.

El **efecto del procesado de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes** nutricionales y funcionales ya se está estudiando en la actualidad, especialmente con los efectos de la temperatura y calentamiento sobre la composición nutricional y los componentes funcionales y alérgenos de los alimentos. La tendencia es que esto se amplíe a otras operaciones básicas del procesado y que se establezca con el tiempo relaciones más fiables y exactas.

Las técnicas ómicas y otras tecnologías relacionadas con la Nutrigenómica, no dejarán de lado la importancia de la **seguridad alimentaria**, sino todo lo contrario, contribuirán a su mejora. Con estas técnicas se podrán desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación relacionados con la autenticidad de ingredientes; presencia de microorganismos, residuos o alérgenos entre otros, lo que redundará en un incremento de la seguridad alimentaria para todos los consumidores y especialmente para aquellos grupos poblacionales con mayor riesgo.

El avance en conocimientos sobre la **interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos**

presentes o incorporados en los alimentos con la microbiota de diferentes grupos poblacionales es un campo en el que se espera un mayor desarrollo en un futuro. Asimismo dado el potencial de las capacidades metabólicas del intestino, se espera un desarrollo a largo plazo y constante en el tiempo.

Se desarrollarán nuevos **repositorios y modelos de conocimiento** que recopilen información sobre el efecto de las **variables de proceso** (incluyendo cocinado) **en la composición nutricional de los alimentos** y en la funcionalidad y biodisponibilidad de los ingredientes bioactivos en función de la matriz de los alimentos.

Dada la cantidad de información generada y que es necesario manejar para establecer las relaciones oportunas, el desarrollo de estructuras como repositorios o bancos de datos para facilitar su procesamiento así como su conexión mediante infraestructuras de interoperabilidad, es otro de los campos en los que se espera que haya avances considerables en un futuro. Esto implica, una vez ordenada dicha información, su disponibilidad según el usuario final de la misma y que pueda obtenerse libre de cargas.

Estilo de vida

En relación con las hipótesis del área de estilo de vida se seleccionaron cuatro de ellas en función de su fecha de materialización y grado de aplicación. Para todas ellas se consideró una capacidad científico-tecnológica en España alta, mientras que el grado de aplicación de las mismas se consideró alto o muy alto. En cuanto a la fecha de materialización, dos de estas hipótesis tienen un horizonte temporal entre el 2015 y 2020:

- El envejecimiento de la población hará que se estudien y diseñen dietas enfocadas a mejorar las alteraciones de las funciones cerebrales (ECV, pérdida auditiva, alzheimer, demencia, etc.) y dietas que disminuyan el deterioro óseo-muscular

- La creciente preocupación por el aspecto físico hará que se estudien qué factores genéticos y nutricionales tienen efectos estéticos (hidratación de la piel, no caída del cabello, etc.)

Mientras que las otras cuatro se plantean para un horizonte temporal más lejano, entre el 2021 y 2025:

- Se profundizará en el conocimiento científico de la interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física en el desarrollo de las distintas patologías
- Se desarrollarán repositorios y modelos de conocimiento que relacionen el consumo de determinados alimentos con sus efectos sobre la salud de grupos poblacionales específicos (genotípicos) y se utilizarán para diseñar dietas personalizadas

A pesar de que en los cuestionarios la las hipótesis 19, 20 y 22 tenían como fecha de materialización el periodo 2008-2014. En el panel de expertos se vio que para alcanzar el grado de madurez de las mismas, era necesario situarlas más alejadas en el tiempo. Por este motivo, la hipótesis 22 se plantea en un horizonte temporal de 2015-2020 mientras que las otras dos se sitúan más lejanas en el tiempo: 2021-2025.

En el caso de la hipótesis inicialmente planteada referente al estudio de la **interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física** en el desarrollo de las distintas patologías, se vio la necesidad en la reunión del segundo panel de expertos de incluir el **factor tiempo** en la misma. Esto se debe a la influencia que tienen algunas interacciones en edades tempranas posteriormente en el individuo y al efecto que puede ejercer la edad. Por este motivo y dado el estado incipiente del estudio de estas interacciones, se situó en un horizonte más lejano. Asimismo los aspectos sobre variabilidad genética entre individuos incluyendo los di-

versos tipos de polimorfismos, es un campo de estudio en el que se tiene que avanzar mucho todavía.

El conocimiento de la **relación del consumo de determinados alimentos y sus efectos sobre la salud de grupos genotípicos específicos**, hasta llegar al diseño de dietas personalizadas individuales, también se situó en un horizonte más lejano. Los motivos fueron que se irá progresando desde recomendaciones generales a grupos específicos hasta llegar a individualizarlas, así como el uso de repositorios se espera que sea a largo plazo.

El creciente peso de la **población anciana** será un factor desencadenante para el **estudio y diseño de dietas que mejoren la calidad de vida y la salud**, especialmente aspectos como las alteraciones de las funciones cerebrales o disminuyan el deterioro óseo-muscular

Se espera también un avance en el **estudio de los factores genéticos y nutricionales que tienen influencia sobre la estética del individuo** como la hidratación de la piel o caída del cabello entre otros. La relación alimentación-aspecto físico necesitará encontrar las bases desde el punto de vista genético.

Factores sociales, legales y ambientales

En esta área del cuestionario se incluían aquellos factores que si ser considerados “tecnológicos”, pueden tener influencia desde el punto de vista social, legal o ambiental en el desarrollo futuro de la Nutrigenómica. Los factores sociales hacen referencia a la influencia del entorno en cuanto a hábitos y prácticas alimentarias, así como en la percepción que la sociedad tiene de los avances científicos relacionados con la materia del estudio.

Dentro de esta área se seleccionaron dos hipótesis de las nueve inicialmente planteadas, ya que se-

gún los resultados, bien se situaban en un horizonte de materialización más lejano, bien el grado de aplicación se consideró bajo. Para ambas hipótesis seleccionadas la fecha de materialización se situó en el horizonte 2015-2020:

- Proliferarán las empresas que ofrezcan consejos nutricionales y dietas en base a ensayos genéticos
- Se reforzará la legislación de protección de datos con los avances en genómica

A este respecto destacar que, aunque ya existen **empresas que pueden dar consejos nutricionales** en función de las características genéticas de los individuos, es necesaria una **mayor base científica** de las mismas, así como tener en cuenta los avances científicos que irán teniendo lugar con el tiempo.

A lo largo del estudio, **los factores legales se han manifestado como un aspecto clave para el desarrollo de la Nutrigenómica**. Los progresos en esta disciplina tendrán que desarrollarse de manera paralela a los avances en legislación, con lo que ésta puede suponer un freno o catalizador para la aplicación de los avances científicos y tecnológicos. La educación en este campo y el papel de la administración también van a ser claves para la aceptación por parte de los consumidores de las tecnologías alimentarias en el futuro.



Anexo I

Expertos participantes en los paneles

Por orden alfabético

Amelia Martí	UNIVERSIDAD DE NAVARRA
Ángela Pérez	SISTEMAS GENOMICOS
Blanca Viadel	AINIA CENTRO TECNOLÓGICO
Dolores Corella	UNIVERSIDAD DE VALENCIA
Emilio Muñoz	INSTITUTO DE FILOSOFÍA - CSIC
Francisca Serra Vich	UNIVERSIDAD DE LAS ISLAS BALEARES
Honorato Monzó	NATRACEUTICAL INDUSTRIAL
Joaquín Puigjaner	LABORATORIOS ORDESA
Jordi Perez-Tur	INSTITUTO DE BIOMEDICINA DE VALENCIA - CSIC
José Antonio Moreno	LABORATORIOS ORDESA
José Carlos Quintela	PULEVA BIOTECH - EXXENTIA
Lidia Tomás	AINIA CENTRO TECNOLÓGICO
M ^a Teresa García Conesa	CENTRO DE EDAFOLOGÍA Y BIOLOGÍA APLICADA DEL SEGURA -CSIC
Mercedes Sotos	UNIVERSIDAD DE VALENCIA
Miguel Gueimonde Fernández	INSTITUTO DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE ASTURIAS - CSIC
Miguel Vega	FUNDACIÓN GENOMA ESPAÑA
Olga Ruiz	FUNDACIÓN GENOMA ESPAÑA
Oscar Coltell	UNIVERSITAT JAUME I
Raquel Bernacer	UNILEVER

Anexo II

Participantes en el cuestionario

Por orden alfabético

Agustín Olano	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Alfredo Martínez Hernández	Universidad de Navarra
Amelia Martí	Universidad de Navarra
Ana Llorente	PRODUCTOS ADITIVOS SA
Ana Salomón	EUROCATERING
Ángela Pérez Pérez	Sistemas Genómicos
Antonio Garrido Fernández	Instituto de la Grasa - CSIC
Antonio Tornero	ALTEX, S.A.
Beatriz Jiménez Garrido	Centro de Investigación Príncipe Felipe
Begoña Olmedilla Alonso	Instituto del frío - CSIC
Blanca Viadel Crespo	ainia Centro Tecnológico
Carlos M ^a Carricajo Fernández	Soria Natural, S.A.
Cristina Castellote Bargalló	Universitat de Barcelona
Cristina García Viguera	Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) -CSIC
D. Luis Mata Vallespin	ZEU-INMUNOTEC, S.L.
David De Lorenzo	Universitat de Lleida
Dolores Corella Piquer	Universidad de Valencia
Elena Molina Hernández	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Emilio García	Cárnicas Serrano

Emilio Muñoz Ruiz	Instituto de Filosofía
Emilio Ros Rahola	Hospital Clínic de Barcelona
Eulalia Alonso Iglesias	Universidad de Valencia
F. Javier Moreno Andujar	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Fernando Moreno Egea	SOLUTEX
Francesc Gassó Casademunt	Brudy Technology
Francisca Serra Vich	Universitat de les Illes Balears
Francisco A. Tomás-Barberán	Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) -CSIC
Francisco José García Muriana	Instituto de la grasa - CSIC
Francisco Pérez Jiménez	Universidad de Córdoba
Honorato Monzó Oltra	Natraceutical
Iciar Astiasarán Anchia	Universidad de Navarra
Isidra Recio Sánchez	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Javier Forment Millet	Universidad Politécnica de Valencia
Javier Velasco Álvarez	NEURON BPh
Joaquim Puigjaner	Laboratorios Ordesa S.L.
Jordi Perez-Tur	Instituto de Biomedicina de Valencia - CSIC
Jose Antonio García Regueiro	IRTA
José Antonio Picó Monllor	Korott Laboratorios
Jose Carlos Quintela	PULEVA BIOTECH - EXXENTIAExxentia
José Enrique Carreres Malonda	ainia Centro Tecnológico
Josefina Belloque Muñoz	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Juan Antonio Tudela Fernández	Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) -CSIC
Juan Carlos Espín de Gea	Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) -CSIC
Juana Frías Arevalillo	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Julio Boza Puerta	Puleva Biotech
Lidia Tomás Cobos	ainia Centro Tecnológico

Lluís Serra Majem	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Luis TorróMontell	Biopartner
M ^a Carmen Álvarez Abril	Valentia Biopharma
M ^a Isabel Martínez Martínez	Universidad Cardenal Herrera - CEU
M ^a Pilar Vaquero Rodrigo	Instituto del Frío -CSIC
Manuel Antonio de Pablo Martínez	Universidad de Jaén
Manuel Zuñiga Cabrera	Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA) - CSIC
Manuela Juárez Iglesias	Instituto del Frío -CSIC
María del Puy Portillo Baquedano	Universidad del País Vasco
María Jesús Moreno Aliaga	Universidad de Navarra
Marisa Guillén Domínguez	Universidad de Valencia
Mayte Gil Borja	Sistemas Genómicos
Miguel Blasco Piquer	ainia Centro Tecnológico
Miguel Gueimonde Fernández	Instituto de Productos Lácteos de Asturias - CSIC
Miguel Vega	Genoma España
Nieves Corzo Sánchez	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Nuria Caturla Cernuda	Monteloeder
Oscar Coltell Simón	Universitat Jaume I
Paloma Manzanares Mir	Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA) - CSIC
Patricia Ruas Madiedo	Instituto de Productos Lácteos de Asturias - CSIC
Ramón Toboso Ribó	Orafti España S.L.
Ricardo Rueda Cabrera	Abbott Laboratories
Rocío Abia Gonzalez	Instituto de la Grasa - CSIC
Rosario Muñoz Moreno	Instituto de Fermentaciones Industriales - CSIC
Sonia de Pascual-Teresa Fernández	Instituto del Frío - CSIC
Susana Díaz González	Universidad de Alicante
Yolanda Picó García	Universidad de Valencia

Anexo III

Resultados del cuestionario

INGREDIENTES CON ACTIVIDAD ESPECÍFICA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España				Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo				
	Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria-centros tecnológicos
1	25	38	8	53	16	2	40	25	3	0	1	1	48	20	0	8	37	24	1	34	15	14	53
2	15	35	12	41	17	3	26	27	7	0	0	4	31	23	0	13	27	19	0	33	28	6	32
3	23	34	4	51	8	2	27	27	7	0	0	9	36	11	4	15	24	16	3	34	26	12	32
4	15	36	11	48	13	1	24	33	5	1	0	11	33	19	0	16	30	15	1	36	21	18	34
5	8	37	16	47	12	0	25	21	13	1	0	3	38	17	2	18	29	11	2	40	24	11	32
6	19	30	13	52	7	0	21	24	14	2	0	12	30	19	0	20	31	7	2	45	15	22	28

INGREDIENTES CON ACTIVIDAD ESPECÍFICA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
	Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria- centros tecnológicos
7	Dada la diversidad del origen de los nuevos ingredientes bioactivos, la biotecnología, las tecnologías de extracción y la nanotecnología serán tecnologías de gran aplicación para optimizar la obtención de ingredientes.																						
8	Aumentará el desarrollo de plantas o animales OMG que contengan/produzcan ingredientes bioactivos para grupos poblacionales específicos.																						
9	La utilización de compuestos activos que produzcan/tengan un efecto concreto sobre la expresión génica será de gran utilidad para el tratamiento de individuos con requerimientos dietéticos especiales.																						
10	Se profundizará en el conocimiento de la interacción y complementariedad de los medicamentos con los compuestos bioactivos alimentarios para mejorar la efectividad y la seguridad de los tratamientos																						

	TECNOLOGÍAS PARA PROCESAR ALIMENTOS	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
		Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria-centros tecnológicos
11	Se profundizará en el conocimiento de la influencia de los factores genéticos (raza, especie y variedad) y ambientales (alimentación, clima, suelo, etc.) en las características nutricionales, funcionales y organolépticas de los productos alimentarios finales (carne, pescado, productos vegetales, etc.)	12	33	12	25	28	4	21	15	11	6	0	11	29	16	0	10	25	20	1	37	10	9	38
12	El desarrollo de chips de ADN de alta densidad y otras tecnologías permitirá identificar marcadores que contribuyan a identificar el periodo óptimo en la producción de materias primas de alimentos (recolección de frutas y hortalizas, sacrificio de animales, etc.)	8	16	27	21	25	2	5	22	11	9	0	2	21	22	2	6	22	16	3	31	19	6	28
13	Se ampliará la utilización de la nanotecnología y otras tecnologías para desarrollar alimentos que tengan una mayor eficacia y eficiencia en la liberación de nutrientes y compuestos bioactivos al cuerpo humano	8	28	19	31	20	3	6	25	11	10	0	1	24	24	4	9	27	15	1	22	18	16	36
14	Se establecerán relaciones del efecto del procesamiento de los alimentos sobre la bioactividad de los componentes nutricionales y funcionales	21	27	8	36	16	4	35	15	5	2	0	9	36	11	0	14	31	11	0	26	15	8	45
15	Se desarrollaran marcadores moleculares informáticos asociados al compuesto bioactivo,	5	21	26	16	33	2	4	18	17	10	1	0	23	22	5	1	31	15	3	23	24	4	33

TECNOLOGÍAS PARA PROCESAR ALIMENTOS		Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
		Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria-centros tecnológicos
	bien en su forma final o en su forma precursora (marcadores de proceso), a lo largo de la cadena de producción de alimentos, de tal manera que se puedan dirigir mejor los procesos industriales de la elaboración de alimentos procesados																							
16	Las técnicas genómicas permitirán desarrollar nuevos sistemas de detección y cuantificación (autenticidad de ingredientes; presencia de microorganismos, residuos, alérgenos?) para incrementar la seguridad alimentaria, especialmente para aquellos grupos poblacionales con mayor riesgo	13	30	11	40	12	0	26	14	8	4	0	9	26	16	1	25	16	9	1	30	9	19	28
17	El avance en conocimientos sobre la interacción de los compuestos bioactivos y/o microorganismos presentes o incorporados en los alimentos con la microbiota de diferentes grupos poblacionales hará que esta práctica tenga una amplia implantación	10	29	15	26	21	4	12	25	9	5	0	6	24	18	3	14	21	13	2	26	22	8	28
18	Se desarrollarán nuevas bases de datos que recopilen información sobre el efecto de las variables de proceso (incluyendo cocinado) en la composición nutricional de los alimentos y en la funcionalidad y biodisponibilidad de los ingredientes bioactivos en función de la matriz de los alimentos	18	27	8	32	19	2	20	18	8	4	2	5	35	13	0	15	27	10	1	29	9	8	41

ESTILO DE VIDA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España				Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo				
	Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria- centros tecnológicos
19	Se profundizará en el conocimiento científico de la interacción entre las características genéticas, hábitos alimentarios y/o actividad física en el desarrollo de las distintas patologías																						
13	32	10	45	8	2	20	18	10	6	0	5	29	19	1	15	30	9	0	38	21	7	24	
20	Se desarrollarán bases de datos que relacionen el consumo de determinados alimentos con sus efectos sobre la salud de grupos poblacionales específicos (genotípicos) y se utilizarán para diseñar dietas personalizadas																						
14	30	11	39	13	1	18	16	13	6	1	7	29	15	3	18	27	8	1	40	16	12	24	
21	Existirán estudios avanzados sobre el comportamiento humano en la elección de ciertos alimentos en función de su genotipo y como dicha elección condiciona la expresión del genotipo en el fenotipo. Relación genotipo-dieta-genotipo-fenotipo																						
10	20	24	21	21	9	3	13	16	17	2	3	18	27	4	9	21	20	2	32	20	10	19	
22	El envejecimiento de la población hará que se estudien y diseñen dietas enfocadas a mejorar las alteraciones de las funciones cerebrales (pérdida auditiva, alzheimer, demencia, etc) y dietas que disminuyan el deterioro osteo-muscular																						
11	28	16	48	6	0	18	18	12	7	0	4	29	20	2	26	22	4	1	42	23	8	22	

ESTILO DE VIDA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
	Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria-centros tecnológicos
23	El mayor conocimiento del efecto de la nutrición en la función cerebral durante las fases de gestación, neonatos e infancia, hará que se desarrollen estrategias para mejorar aspectos cognitivos a través de la nutrición																						
24	Se ampliarán conocimientos de la relación existente entre las interacciones gen-dieta en el estado anímico de las personas y su rendimiento físico y mental																						
25	La creciente preocupación por el aspecto físico hará que se estudien qué factores genéticos y nutricionales tienen efectos estéticos (hidratación de la piel, no caída del cabello, etc)																						
26	Se creará un banco de datos sobre polimorfismos genéticos y su expresión frente a dietas definidas (mediterránea, ready-to-eat, fast-food, etc.)																						
	4	28	22	40	11	2	7	20	15	10	2	5	28	15	5	18	24	9	2	35	24	11	20
	4	24	26	17	25	9	3	15	21	11	3	2	18	28	5	7	26	17	2	35	24	5	18
	3	27	23	12	27	14	11	15	17	9	1	1	23	21	5	12	20	19	1	23	21	4	30
	9	22	23	23	21	6	2	14	23	12	2	5	21	22	1	11	16	18	4	36	12	11	23

	ESTILO DE VIDA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
		Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria-centros tecnológicos
27	Se establecerán las ingestas recomendadas de los compuestos bioactivos en distintos grupos poblacionales y en función del genotipo	11	25	19	30	18	5	10	12	18	13	1	4	31	15	4	11	24	16	3	36	14	14	22
28	La nutrigenómica se aplicará tanto en prevención primaria a la población en general como en el tratamiento clínico de enfermedades	12	27	16	39	13	2	6	16	16	13	3	6	22	22	4	20	20	12	1	40	12	16	20
29	La consulta del código genético de los pacientes y la recomendación de alimentos con compuestos bioactivos será una práctica habitual en las consultas de sanidad pública	10	20	24	29	20	4	2	4	15	29	5	4	20	23	7	19	21	10	3	36	11	25	14
30	La educación alimentaria-nutricional (incluyendo aspectos de nutrigenómica) se implantará en el sistema educativo	15	25	13	34	17	2	10	11	17	14	3	4	27	16	4	13	26	10	2	45	10	18	6
31	Se crearán estrategias por parte de la administración para que la información sobre nutrición y genómica llegue de una manera más clara y directa al consumidor, en especial a grupos poblacionales específicos	11	24	18	33	16	4	8	18	15	11	1	3	29	18	1	14	22	15	1	46	4	17	13

	ESTILO DE VIDA	Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Capacidad C-T en España			Grado de aplicación			Medidas para el desarrollo					
		Alto	Medio	Bajo	Alta	Media	Baja	2008-2014	2015-2020	2021-2025	>2025	Nunca	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Incentivos de la Administración	Movilidad de científicos- tecnólogos y formación	Avances en legislación	Cooperación industria- centros tecnológicos
32	Proliferarán las empresas que ofrezcan consejos nutricionales y dietas en base a ensayos genéticos	10	28	15	17	26	9	11	20	14	8	0	2	26	23	1	12	23	16	0	11	14	21	33
33	Se crearán comités específicos que permitan agilizar el desarrollo de la legislación relativa a los avances en nutrigenómica	4	28	21	33	19	2	10	22	11	10	1	3	26	23	1	15	23	14	1	31	4	36	7
34	Se reforzará la legislación de protección de datos con los avances en genómica	7	23	22	36	11	2	10	22	12	8	0	4	29	15	1	16	22	11	0	27	0	42	4
35	Se crearán organismos de autocontrol por parte de la industria que dicten buenas prácticas y velen por el cumplimiento de la legislación respecto al uso de datos individuales de estudios nutrigenómicos	4	25	21	29	16	4	6	14	17	11	1	2	24	19	2	11	20	14	3	14	2	35	20