



Genoma España  
*Sector agroalimentario*

# Aplicaciones de la Biotecnología en Seguridad Alimentaria





# Aplicaciones de la Biotecnología en Seguridad Alimentaria



Genoma España  
*Sector agroalimentario*

## APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN SEGURIDAD ALIMENTARIA

El presente informe ha contado con la inestimable colaboración de excelentes científicos que han redactado artículos originales. La Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESA) y Genoma España agradecen su colaboración a:

- Dr. Esteban Domingo Solans  
Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA)  
Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)
- Dra. Gloria Hernández Pezzi  
Centro Nacional de Epidemiología (Instituto de Salud Carlos III)
- Dr. Andreu Palou  
Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular  
(Universitat de les Illes Balears)

El catálogo de grupos de investigación y empresas ha sido elaborado por:



La reproducción parcial de este informe está autorizada bajo la premisa de incluir referencia al mismo, indicando: Aplicaciones de Biotecnología en Seguridad Alimentaria. AESA/Genoma España

AESA y Genoma España no se hacen responsables del uso que se realice de la información contenida en esta publicación. Las opiniones que aparecen en este informe corresponden a los expertos consultados y a los autores del mismo.

© Copyright: Agencia Española de Seguridad Alimentaria /Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica

Autores: Víctor González Rumayor (CIAA)  
Olga Ruiz Galán (CIAA)  
Esther García Iglesias (CIAA)  
Miguel Vega García (Genoma España)

Coordinador: Fernando Garcés Toledano (Genoma España)

Edición: Silvia Enríquez Encinas (Genoma España)

Referencia: GEN-ES05004

Fecha: Abril 2005

Depósito Legal: M-23321-2005

ISBN: 84-609-5044-1

Diseño y realización: Spainfo, S.A.

# Índice de contenido

<b>1. DEFINICIÓN DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. DE LA GRANJA A LA MESA</b>	<b>7</b>
<b>2. AGENTES QUE AMENAZAN LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS</b>	<b>9</b>
2.1. Componentes del alimento	9
2.1.1. Factores antinutricionales	9
2.1.2. Alérgenos alimentarios	10
2.2. Compuestos xenobióticos	12
2.2.1. Aditivos alimentarios	12
2.2.2. Residuos de plaguicidas	13
2.2.3. Fertilizantes	14
2.2.4. Fármacos	14
2.2.5. Otros contaminantes del alimento	16
2.3. Agentes infecciosos	17
2.3.1. Bacterias	17
2.3.2. Priones	18
2.3.3. Virus	18
<p><b>ARTÍCULO: TRANSMISIÓN DE VIRUS POR ALIMENTOS</b>  <b>POR EL DR. ESTEBAN DOMINGO</b></p>	
2.4. Biotoxinas	25
2.4.1. Toxinas marinas	25
2.4.2. Micotoxinas	25
2.4.3. Toxinas bacterianas	26
2.5. Tóxicos que aparecen durante el procesamiento de alimentos	27
2.5.1. Nitrosaminas	27
2.5.2. Acrilamida	27
2.5.3. Aminas Biógenas	27
<p><b>ARTÍCULO: EL PAPEL DE LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA</b>  <b>POR LA DRA. GLORIA HERNÁNDEZ</b></p>	

<b>3. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA</b>	<b>31</b>
3.1. Detección de agentes nocivos	31
3.2. Detección de OMGs	32
3.3. Identificación de especies	34
3.4. Biotecnología aplicada a la conservación	35
3.4.1. Bacteriocinas	35
3.4.2. Prolongación de la vida útil	36
3.5. Biotecnología aplicada al envasado	36
<b>ARTÍCULO: NUTRIGENÓMICA</b> POR EL DR. ANDREU PALOU	
<b>4. TÉCNICAS BIOTECNOLÓGICAS EN SEGURIDAD ALIMENTARIA Y TRAZABILIDAD DE LOS ALIMENTOS</b>	<b>40</b>
4.1. Enzyme-Linked Immunoassay (ELISA)	40
4.2. Immunoblotting o Western Blot	40
4.3. Southern Blot	41
4.4. Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)	41
4.4.1. Análisis cualitativo de ADN mediante PCR	41
4.4.2. Análisis cuantitativo de ADN mediante PCR	42
4.5. Secuenciación	43
4.6. Biosensores	44
4.7. Otras técnicas	45
<b>5. CATÁLOGO DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y EMPRESAS</b>	<b>47</b>
5.1. Grupos de investigación	47
5.2. Empresas	85
<b>6. REFERENCIAS</b>	<b>90</b>
<b>7. LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>92</b>
<b>8. GLOSARIO</b>	<b>93</b>

# 1. Definición de seguridad alimentaria.

## De la granja a la mesa

La Declaración Universal de Derechos Humanos recoge el derecho a una alimentación suficiente y sana. Nuestra Carta Magna reconoce igualmente el derecho a la protección de la salud y obliga a los poderes públicos a garantizar la defensa de los consumidores y usuarios, protegiendo, mediante procedimientos eficaces, la seguridad y la salud de los mismos. Por otra parte, el Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria especifica que los consumidores deberían poder acceder a una amplia gama de productos seguros y de elevada calidad procedentes de todos los estados miembros. Parece, por tanto, obvio que la seguridad alimentaria constituye un derecho de todos los seres humanos que ha de ser garantizado por los países donde viven.

La Cumbre Mundial de Alimentos, organizada por la FAO definió la seguridad alimentaria en los siguientes términos **“Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”**. Esta definición implica una doble vertiente del concepto de seguridad. Por una parte seguridad en el acceso y por otra, seguridad en la inocuidad de los alimentos. En el mundo desarrollado parece claro que la seguridad al acceso está suficientemente garantizada, sin embargo la inocuidad de los alimentos se ve amenazada en no pocas ocasiones por elementos de riesgo.

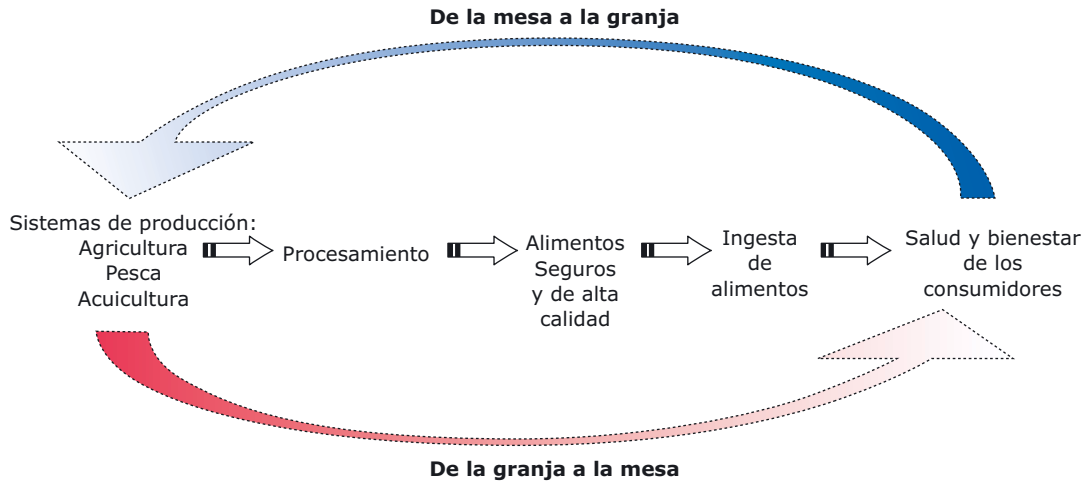
El control de la seguridad de los alimentos se ha realizado tradicionalmente sobre puntos intermedios de la cadena alimentaria, habitualmente en procesos de transformación en los que aparecían elementos de mayor o menor riesgo, pero nunca en el principio o el final de la misma.

Sin embargo, dos graves crisis alimentarias sufridas recientemente, obligaron a un cambio en el concepto de seguridad alimentaria.

La encefalopatía espongiforme bovina (EEB) o mal de las vacas locas tuvo su origen en un pienso contaminado por priones procedentes de animales enfermos, que fue rápidamente transmitido a la cabaña, y que tuvo su repercusión en la salud humana con la aparición de numerosos casos de la enfermedad en Reino Unido. El coste económico fue de unos 6.000 millones de dólares, además del coste sanitario. Tres años después se desató una nueva alarma cuando se detectó la presencia de dioxina, compuesto altamente cancerígeno, en piensos con los que se había alimentado a la mayoría de los pollos criados en granjas de Bélgica. Estos pollos iban destinados en gran parte a la exportación, por lo que la crisis alimentaria se extendió en muy pocos días por toda la UE. En ambos casos la confianza del consumidor en los alimentos fue gravemente quebrantada y se provocó una mayor sensibilización en materia de seguridad alimentaria.

Se hizo necesario por tanto ampliar los métodos de control de la seguridad alimentaria a toda la cadena del proceso productivo, desde la siembra en el campo y crianza de animales, pasando por la cosecha, sacrificio, elaboración, empaquetado, distribución, venta y consumo del producto final. Surge así una nueva forma de abordar el problema con un enfoque global y un tratamiento integral del consumo de alimentos que va **de la granja a la mesa**.

Por otra parte, esta mayor sensibilización del consumidor respecto de la seguridad alimentaria ha provocado un mayor nivel de exigencia y, por tanto, un desplazamiento de la importancia de los agentes que intervienen en la cadena hacia la mesa. Se ha pasado de consumir lo que se producía, a que sean cada vez más los consumidores quienes deciden qué se produce, cómo se produce y cómo se comercializa. En definitiva, se invierte el ciclo, que aparece ahora como **de la mesa a la granja** de suerte que la seguridad del consumidor es el motor del desarrollo de cadenas alimentarias más seguras.



Aparece así la necesidad de la trazabilidad o rastreabilidad de los alimentos, entendida ésta como la capacidad de poder identificar el origen de un alimento y poder seguirle la pista a lo largo de toda su vida útil. Los sistemas de trazabilidad permiten localizar e identificar aquellos puntos de la cadena donde se produce una ruptura de la seguridad alimentaria. De esta manera, se pueden tomar de forma inmediata las medidas necesarias para restaurar los niveles de seguridad deseables. La trazabilidad alimentaria permite además evitar fraudes y satisfacer una de las cada vez más pujantes demandas del consumidor: que los alimentos sean producidos éticamente y de forma respetuosa con el medio ambiente.

Una de las consecuencias de la cada vez mayor globalización de los mercados es que los productos disponibles no están restringidos al sitio de origen, sino que van destinados a consumidores muy distantes. Este hecho implica que las medidas encaminadas a garantizar la seguridad alimentaria necesiten de una armonización global. La UE tiene su propio sistema armonizado para los países miembros a través de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y de las Agencias Nacionales de Seguridad Alimentaria. Por su parte EE.UU., a través de la FDA tiene su propio sistema de certificación de procesos de producción con mecanismos que garantizan la protección de los consumidores. Sistemas parecidos existen en Japón y en Australia. Sería deseable que este tipo de estructuras fuera extendido a todos los países, con unos criterios homogéneos en las medidas que se debieran adoptar para garantizar la Seguridad Alimentaria. Sin embargo, estas medidas nunca deberían suponer un arma arrojadiza contra los países pobres o en vías de desarrollo, donde todavía se lucha por conseguir la seguridad en el abastecimiento y el acceso a los alimentos.

El terrible ataque del 11-S al World Trade Center en Nueva York y las subsiguientes amenazas de contaminación de aguas y alimentos con ántrax provocaron una alarma generalizada en la administración norteamericana y una preocupación

por la seguridad alimentaria en defensa de posibles ataques bioterroristas. Como consecuencia de estos acontecimientos la administración publicó el 12 de junio de 2002 la Ley de salud pública y de prevención de respuesta al Bioterrorismo conocida como "Bioterrorism act" cuyo objetivo principal es incrementar la seguridad alimentaria nacional de EE.UU., y una de cuyas líneas de acción principales es proteger el suministro de alimentos y medicinas. La ley exige que cualquier exportador de alimentos de cualquier país a EE.UU. debe registrarse en la FDA, nombrar un agente en EE.UU., y hacer una notificación previa de la llegada de los alimentos. Algunas voces quisieron ver en esta legislación una medida proteccionista más y una cortapisa al libre comercio. Sin embargo, los tristes acontecimientos del 11-M en Madrid han demostrado que este tipo de ataques, incluidos los bioterroristas, no conoce fronteras, y que las medidas encaminadas a aumentar este aspecto de la seguridad alimentaria deben ser implementadas con prontitud a nivel global, con las lógicas cautelas que aseguren el libre comercio entre países.

Las nuevas tecnologías se presentan como potentes herramientas que pueden ayudar a mejorar los sistemas de trazabilidad y de seguridad alimentaria. Así por ejemplo, los sistemas de trazabilidad se han visto extraordinariamente mejorados y presentan grandes expectativas gracias a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), revolucionando tanto el etiquetado como la gestión integral de la información. Por otra parte, la biotecnología ofrece enormes posibilidades para mejorar los sistemas de seguridad alimentaria, tanto de forma directa como indirecta. Así, los nuevos sistemas biotecnológicos de detección de agentes nocivos presentan una elevada sensibilidad y una mayor versatilidad en sus posibilidades de aplicación, contribuyendo a mejorar los sistemas de control. Otras biotecnologías, dirigidas a la mejora de los procesos productivos o a la conservación y envasado de alimentos, inciden de forma indirecta en una mejora de la seguridad alimentaria.



## 2. Agentes que amenazan la inocuidad de los alimentos

### 2.1. Componentes del alimento

#### 2.1.1. Factores Antinutricionales

El término antinutriente hace referencia a aquellos compuestos presentes de forma natural en un alimento que interfieren negativamente, en mayor o menor grado, en la absorción y metabolismo de las sustancias nutritivas<sup>1</sup>.

Como norma general, su mecanismo de acción consiste en la formación de un complejo estable bien con el propio nutriente bien con alguna enzima implicada en su ruta metabólica. De esta manera, disminuye la biodisponibilidad del mismo.

En casos extremos, una ingesta prolongada de productos que contienen estos factores puede ocasionar un retraso en el desarrollo a causa del déficit de vitaminas, minerales o proteínas, entre otras muchas anomalías fisiológicas de carácter irreversible. Afortunadamente, se conocen varios métodos de inactivación efectivos para gran parte

de estas moléculas. Por ejemplo, es frecuente someter a un tratamiento térmico o mantener en remojo durante cierto tiempo a las legumbres antes de su consumo. El calor desnaturaliza la estructura tridimensional de los antinutrientes proteicos y descompone los termolábiles, mientras que con la inmersión en agua se logra su solubilización. Los procesos fermentativos y germinativos también reducen la concentración de ciertos antinutrientes en el caso de diversas leguminosas.

Actualmente la repercusión de los factores antinutricionales en alimentación humana es de poca importancia en los países desarrollados debido a los tratamientos de inactivación mencionados y, sobre todo, al proceso de selección llevado a cabo a lo largo de los años para disponer de variedades con un menor contenido de estos compuestos indeseables.

En cambio, en alimentación animal su existencia aún resulta problemática. De hecho, dentro de los análisis rutinarios de materias primas y piensos realizados en los laboratorios de control de calidad se determinan y cuantifican distintos compuestos antinutritivos.

<sup>1</sup> Valle Vega, P.; Lucas Florentino, B. (2000). "Toxicología de alimentos" Documento publicado por el Instituto Nacional de Salud Pública y el Centro Nacional de Salud Ambiental, México.

Antinutriente	Naturaleza química	Actúan sobre	Principales alimentos
Inhibidor de Kunitz	Proteína (21 kD)	Tripsina	Leguminosas (soja, judías, guisantes, lentejas) y cereales
Inhibidor de Bowman-Birk	Proteína (8.3 kD)	Tripsina y quimotripsina	
Inhibidor de amilasas	Proteína (9-14 kD)	Amilasas, celulasas y pectinasas	
Solanina y chaconina	Acaloides glucosídicos	Acetilcolinesterasa, proteasas, vitaminas y minerales	Solanáceas (patata, berenjena, tomate)
Tiaminasa	Proteína	Vitamina B1	Pescado crudo, té, café, helechos (animal)
Dicumarol	Derivado de las cumarinas	Vitamina K	Vegetales de hoja verde, cítricos
Avidina	Glucoproteína	Biotina	Huevo (clara)
Ovotransferrina	Glucoproteína	Metales (Fe)	Huevo (clara)
Taninos	Compuestos polifenólicos	Proteínas, vitaminas (B12) y minerales	Leguminosas forrajeras y cereales (sorgo, mijo)
Lectinas o hemaglutininas	Glucoproteínas	Carbohidratos	Leguminosas (soja, judías,...) y cereales
Vicina y convicina	Glucósidos pirimidínicos	Metabolismo de glutatión	Semillas de haba ( <i>Vicia faba</i> )
Durrina, prunasina y otros	Glucósidos cianogénéticos	Respiración celular. Yodo	Mandioca, sorgo y almendras
Lupanina, lupinina y esparteína	Alcaloides quinolizidínicos	Neurotransmisores nerviosos	Altramuces
Gosipol	Compuesto polifenólico	Lisina. Proteínas	Semillas de algodón y derivados (aceite)
Saponinas	Glucósidos terpénicos y esteroideos	Hormonas. Citoplasma celular.	Soja, pastos ( <i>Brachiaria</i> ; <i>Panicum</i> )
Cumestrol y otros fitoestrógenos	Compuestos polifenólicos	Función reproductiva	Trébol, alfalfa, soja

Tabla 1. Principales antinutrientes presentes en los alimentos de consumo humano y/o animal.

### 2.1.2. Alérgenos Alimentarios

Ciertos grupos de población muestran una hipersensibilidad frente a determinados alimentos o componentes de los mismos. La ingestión, el contacto a través de la piel e incluso la inhalación (vapores de cocción) de estas sustancias, desencadenan una respuesta del sistema inmune en el individuo, generalmente mediada por inmunoglobulinas de tipo E.

Cuando la reacción del organismo es muy intensa e intervienen tanto anticuerpos como intermediarios químicos se produce un choque o "shock" anafiláctico, en ocasiones, con consecuencias fatales.

La alergia alimentaria puede aparecer durante la infancia o bien en la edad adulta. En el primer caso, entre los alimentos relacionados con mayor frecuencia con este trastorno se encuentran la leche, el huevo, los cacahuetes, el trigo, la soja y las nueces.

La hipersensibilidad a alimentos es más común en niños menores de tres años, probablemente porque aún no ha finalizado la maduración de su sistema inmunitario. Por este motivo, algunos productos causantes de alergias en las primeras etapas de vida dejan de ocasionar problemas en el período adulto. Así, el 90% de las alergias en personas adultas son debidas al pescado, el marisco, las nueces y los cacahuetes. El porcentaje restante corresponde a las legumbres (soja), las frutas (kiwi, melocotón, nectarina), los

frutos secos (almendras, pistachos, avellanas) y los cereales (por su importancia, cabe destacar la enfermedad celíaca o hipersensibilidad al gluten)<sup>2</sup>. También se han observado este tipo de reacciones frente al anisakis, parásito presente en el pescado crudo o poco cocinado.

En general, las moléculas responsables del desencadenamiento de los mecanismos inmunológicos, denominadas alérgenos, son de naturaleza proteica. En la tabla 2 se indican algunas de las más importantes.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que estos compuestos pueden encontrarse en alimentos distintos de los que proceden originariamente o de

sus productos derivados más inmediatos (lácteos, ovoproductos, harinas de cereales,...) como consecuencia de:

- Una contaminación cruzada durante el proceso de elaboración o previa a la fase de envasado que supone la aparición de cantidades traza del alérgeno en el alimento.
- La utilización de algunas de estas sustancias como ingredientes de platos preparados; por ejemplo, las proteínas de leche se emplean como aditivos en fiambres, aderezos para ensalada, purés y sopas preparadas y productos de panadería.

Alérgeno alimentario	Principales alimentos en los que se encuentra
Fracción caseínica (80% de las proteínas de la leche) Caseínas $\alpha$ -s1 y $\alpha$ -s2, $\beta$ y $\kappa$	Leche de vaca ( <i>Bos taurus</i> )
Fracción del lactosuero (20% de las proteínas) $\beta$ -lactoglobulina $\alpha$ -lactalbúmina	
Ovomucoide (Gal d 1) Ovoalbúmina (Gal d 2) Ovotransferrina o conalbúmina (Gal d 3) Lisozima Ovomucina	Huevos de gallina ( <i>Gallus domesticus</i> )
Parvalbúmina (Gad c1 o alérgeno M) Alérgeno secundario (Ag-17-cod)	Bacalao ( <i>Gadus Morhua</i> )
Tropomiosina Ani s1 y Ani s2	Anisakis ( <i>Anisakis simplex</i> )
Tropomiosina Antígeno I y antígeno II Sa I y Sa II Pen a 1 Met e 1	Crustáceos de la familia <i>Penaeidae</i> (gambas, camarones, langostinos,...)
Sa III o alérgeno ARNt	
Arachina Conarachina I y conarachina II	Cacahuete ( <i>Arachia hypogaea</i> )
$\alpha$ -conglucina y $\beta$ -conglucina Inhibidor de la tripsina o de Kunitz Glicina	Soja ( <i>Glycine max</i> )
Gluten (prolaminas y glutelinas) Inhibidores de la $\alpha$ -amilasa	Cereales (gluten en trigo, avena, cebada, centeno y triticale)

Tabla 2. Principales alérgenos presentes en los alimentos<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> "Introduction to Allergen" artículo *on line* disponible en la base de datos Food and Pollen Allergens - Agmobiol (<http://ambl.lsc.pku.edu.cn>)

<sup>3</sup> Zarkadas, M.; Scott, F. W.; Salminen, J.; Pong, A. H. (1999). "Common allergenic foods and their labelling in Canada. A review" *Canadian Journal of Allergy & Clinical Immunology*, vol. 4, nº 3, 118-141.

En estos casos, existe un riesgo potencial para la salud de un consumidor con hipersensibilidad que no identificaría determinados alimentos como peligrosos. Con el objetivo de evitar estas situaciones, se ha aprobado la Directiva 2003/89/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 10 de noviembre de 2003 por la que se modifica la Directiva 2000/13/CE en lo que respecta a la indicación de los ingredientes en los productos alimenticios. El objetivo de esta modificación es facilitar a los consumidores una mayor información de la composición de los alimentos mediante un etiquetado más exhaustivo, haciendo obligatoria la mención en el etiquetado de los productos alimenticios, de los ingredientes y sustancias que puedan provocar alergias e intolerancias, estableciendo una lista de alérgenos alimentarios que será actualizada en base a los conocimientos científicos.

## 2.2. Compuestos Xenobióticos

### 2.2.1. Aditivos Alimentarios

Los aditivos alimentarios comprenden un conjunto de sustancias con estructuras y propiedades físico-químicas muy diversas. Se denominan con la letra E seguida de un número de tres o cuatro dígitos y se clasifican según la función que desempeñan en el producto. Colorantes, conservantes, antioxidantes, acidulantes, estabilizantes, potenciadores del sabor y edulcorantes son los grupos principales.

Los estados de la Unión Europea continúan con la armonización de sus correspondientes legislaciones en cuanto a las "listas positivas" de aditivos. Estas listas recogen sólo los aditivos autorizados para la elaboración de cada producto alimenticio (los compuestos que no aparecen en ellas no están permitidos). En España esta información se encuentra en:

- Real Decreto 2001/1995, de 7 de diciembre modificado por el Real Decreto 485/2001, de 4 de mayo en el caso de los colorantes.
- Real Decreto 2002/1995, de 7 de diciembre modificado por el Real Decreto 2027/1997, de 26 diciembre con respecto a los edulcorantes.
- Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero para el resto de aditivos.

Esta normativa regula no sólo el tipo de alimentos a los que pueden incorporarse estas sustancias sino también la cantidad autorizada. Con frecuencia este último aspecto se indica mediante la expresión "*quantum satis*". Esto significa que no hay especificado un nivel máximo de uso y que se utilizará la proporción necesaria para lograr el objetivo pretendido de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación. En cambio, en otros casos se ha establecido un valor límite.

La inclusión/exclusión de un aditivo en las listas positivas y el establecimiento de las dosis en cada caso se basan en estudios científicos sólidos que garantizan la inocuidad de estos compuestos para la salud humana. A pesar de ello, algunos autorizados en la U.E. no lo están en terceros países (EE.UU., Canadá, Japón). Por tanto, la recopilación de la información disponible y la realización de futuros experimentos aportarán nuevos datos que podrían modificar las listas de aditivos.

La detección y cuantificación de estos compuestos es de gran interés por diversos motivos. En primer lugar, pueden identificarse posibles usos fraudulentos, por ejemplo, cuando se adicionan colorantes para enmascarar los signos de deterioro de un producto o cuando se utilizan aditivos en alimentos no autorizados o en concentraciones superiores a las permitidas. También se han observado reacciones alérgicas por su ingestión en personas hipersensibles, especialmente, en el caso de algunos colorantes (tartracina, ponceau 4R,...).

El número de aditivos existente imposibilita el análisis de todos ellos para presentar aquí un listado detallado. Estas sustancias pueden encontrarse en la base de datos del Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios FAO/OMS. A continuación se indican sólo algunos ejemplos de interés para la seguridad alimentaria:

- Colorantes. Algunos, como la tartracina (E-102), se han asociado a reacciones alérgicas en personas asmáticas o sensibles a la aspirina. Otros, el amaranto (E-123) y el verde ácido brillante BS (E-142), han sufrido importantes restricciones debido a su potencial tóxico en espera de nuevas evidencias científicas que lo confirmen. Y otros se han retirado recientemente de las listas. De hecho, en diciembre del año 2003 se prohibió la utilización de la cantaxantina (E-161G), un colorante de piensos animales (salmón, trucha, mariscos de

piscifactoría), al demostrarse su capacidad para dañar la retina humana (Directiva 2003/7/CE, de 24 de enero)<sup>4</sup>.

- Antioxidantes. A pesar de tratarse de compuestos naturales (vitamina E), el grupo de los tocoferoles puede resultar tóxico puesto que son sustancias que se acumulan en el tejido adiposo.
- Potenciadores del sabor como el ácido guanólico y sus derivados (del E-626 al E-629) y el ácido inosínico y sus derivados (del E-630 al E-633) que pueden ocasionar malestar en personas con problemas de ácido úrico.

### 2.2.2. Residuos de Plaguicidas

La denominación residuo de plaguicida se refiere a cualquier sustancia presente en el medio (suelos, corrientes de agua), en los productos agrícolas o en los alimentos destinados al consumo humano o animal como consecuencia del empleo de un plaguicida. Esta definición no se limita al compuesto activo original. También incluye todas las moléculas derivadas del mismo por acción de los factores ambientales o biológicos (metabolitos secundarios, productos de conversión, de degradación,...) con propiedades tóxicas.

La utilización masiva de los plaguicidas comenzó a partir de la segunda guerra mundial con dos líneas bien diferenciadas. Por una parte, su uso ha permitido incrementar los volúmenes de producción agrícola y por otra, combatir los insectos vectores de enfermedades de importancia epidemiológica (malaria, tifus, dengue)<sup>5</sup>.

Los primeros problemas derivados del uso abusivo de los plaguicidas se debieron a la aparición de individuos resistentes, lo que motivó un incremento en las dosis empleadas que, a su vez, supuso una mayor concentración de residuos de estas sustancias en los vegetales tratados. Posteriormente, numerosos estudios científicos probaron la peligrosidad de estas prácticas por lo que muchos de estos compuestos han sido prohibidos o su empleo se ha restringido para

determinadas actividades, por ejemplo, en las campañas de salud pública de algunos países subdesarrollados en la lucha contra determinadas enfermedades.

A pesar de la adopción de estas medidas, las características físico-químicas de la mayor parte de los plaguicidas han propiciado su acumulación en el medio así como en los seres vivos y a lo largo de las cadenas tróficas (proceso de biomagnificación). Por este motivo, se han establecido unos límites máximos de residuos de plaguicidas o LMR (concentración máxima de residuos de un plaguicida, expresada en mg/kg, recomendada por la Comisión del *Codex Alimentarius* por debajo de cuyos niveles la ingestión a través de un alimento resulta inocua).

Recientemente, la normativa española que regula los LMR de plaguicidas ha sufrido varias modificaciones con el fin de incorporar al ordenamiento jurídico nacional los cambios introducidos en este campo por la Unión Europea<sup>6</sup>. Dichas modificaciones se recogen en:

- Orden de 11 de octubre de 2001 por la que se modifican los anexos II de los Reales Decretos 280/1994, de 18 de febrero y 569/1990, de 27 de abril, por los que se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas y su control en determinados productos de origen vegetal y animal (16 modificación) (BOE nº 249 de 17 de octubre de 2001).
- Orden PRE/1114/2003, de 30 de abril, por la que se modifican los anexos II de los Reales Decretos 280/1994, de 18 de febrero, y 569/1990, de 27 de abril, por los que se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas y su control en determinados productos de origen vegetal y animal (BOE nº 111 de 9 de mayo de 2003).
- Orden PRE/1672/2003, de 19 de junio, por la que se modifica el anexo II del Real Decreto 280/1994, de 18 de febrero, por el que se establece los límites máximos de residuos de plaguicidas y su control en determinados productos de origen vegetal (BOE nº 151 de 25 de junio de 2003).

<sup>4</sup> Montaner, J. (2003). "Colorantes prohibidos: cantaxantina". Artículo on line publicado el 25 de febrero en el Diario de Seguridad Alimentaria Consumaseguridad ([www.consumaseguridad.com](http://www.consumaseguridad.com)).

<sup>5</sup> Lucas Viñuela, E.: "Características generales de los plaguicidas. Principios para el establecimiento de los LMR de plaguicidas según la reunión conjunta FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas".

<sup>6</sup> Antón, A.; Lizaso, J.: "Plaguicidas". Artículo disponible on line en la página web de la Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria (FUNDISA) ([www.fundisa.org](http://www.fundisa.org)).

### 2.2.3. Fertilizantes

Se denominan fertilizantes o abonos a aquellas sustancias que aportan a la planta uno o varios de los elementos nutritivos (nitrógeno, potasio, fósforo, hierro, calcio,...) indispensables para su desarrollo normal.

Al igual que sucede con los plaguicidas la presencia de residuos de estos compuestos en productos destinados al consumo humano es indeseable porque muchos de ellos cuentan con una toxicidad elevada. Además, se ha visto que nitratos, nitritos y fosfatos procedentes del empleo abusivo de fertilizantes contaminan el medio, fundamentalmente, los acuíferos subterráneos.

En nuestro país se encuentran regulados por la Orden de 28 de mayo de 1998 y el Reglamento (CE) 2003/2003, de 13 de octubre. Dicho Reglamento entró en vigor en 2003, excepto el artículo 8 y el apartado 3 del artículo 26, que lo harán el día 11 de junio de 2005.

### 2.2.4. Fármacos

Las técnicas ganaderas de explotación intensiva se caracterizan por la convivencia de un gran número de animales confinados en un espacio reducido, favoreciéndose el contagio rápido de enfermedades, lo que ha dado lugar a la utilización de medicamentos veterinarios con el fin de prevenir y tratar estas enfermedades.

Por medicamento veterinario se entiende cualquier sustancia aplicada o administrada a cualquier animal destinado a la producción de alimentos, como los que producen carne o leche, las aves de corral, peces o abejas, tanto con fines terapéuticos como profilácticos o de diagnóstico, o para modificar sus funciones fisiológicas o el comportamiento.

Otras sustancias que se emplean para tratar a los animales son los aditivos para la alimentación animal. En la Directiva del Consejo 70/524/EEC se definen los aditivos para alimentación animal como sustancias que mejoran tanto los piensos en los que se incorporan como la producción

ganadera. Deben cumplir como prerrequisito que no afecten a la salud animal o humana ni al medio. Incluyen antibióticos promotores del crecimiento, muchos coccidiostáticos, agentes de unión y enzimas.

Como consecuencia del uso (legal, ilegal o alegal) de los medicamentos veterinarios en la producción animal, en los animales pueden quedar residuos de estos medicamentos que pueden pasar a la cadena alimentaria. Se define como residuos de medicamentos veterinarios a los productos originales y sus metabolitos en cualquier porción comestible del producto animal, así como los residuos de impurezas relacionadas con el medicamento veterinario correspondiente<sup>7</sup>.

Con el fin de proteger la salud de los consumidores, la Unión Europea ha determinado los límites máximos de residuos (LMR) para varios fármacos relativos a leche, carne y otros alimentos, por medio del Reglamento del Consejo 2377/90 (EC 1990)

La Directiva del Consejo 23/96/CE establece que cada Estado Miembro debe monitorizar una proporción de la producción total anual de los alimentos de origen animal para buscar residuos. Los grupos de residuos que deben buscarse son:

- Drogas veterinarias.
- Medicamentos veterinarios prohibidos, que no tienen LMR (por ejemplo los medicamentos incluidos en el anexo IV del Reglamento 2377/90).
- Promotores del crecimiento hormonales y  $\beta$ -agonistas prohibidos, que tienen tolerancia cero.
- Contaminantes ambientales.

A continuación se indican los grupos de medicamentos veterinarios más utilizados:

#### Antibióticos y antimicrobianos

Su utilización en animales puede ser con fines terapéuticos como medicamentos veterinarios o bien como promotores del crecimiento en forma de aditivos para piensos.

<sup>7</sup> Lucas Viñuela, E.: Características generales de los medicamentos de uso veterinario. Criterios del Codex para el establecimiento de límites máximos de residuos (LMR).

### a. Utilización como medicamentos veterinarios

Se llevan utilizando con el fin de tratar y prevenir las enfermedades en ganado y aves de corral desde hace más de 50 años. Su uso con fines terapéuticos o profilácticos se encuentra autorizado bajo prescripción veterinaria. Tras su utilización es necesario respetar los tiempos indicados entre que se suprime la administración del compuesto a los animales y su faena u ordeño (período de retiro o supresión) antes de utilizar los productos alimenticios obtenidos a partir de ellos, para que no queden residuos o éstos se encuentren por debajo de sus límites máximos fijados. Aunque los problemas de toxicidad aguda debido a la aparición de residuos de estas sustancias en tejidos comestibles, leche o huevos son poco probables, sí pueden tener otros efectos nocivos para la salud de los consumidores incluyendo alteraciones de la flora intestinal, desarrollo de microorganismos resistentes e inducción de alergias en individuos sensibles, así como en la industria alimentaria por la inhibición de microorganismos de interés tecnológico, como los cultivos iniciadores utilizados en la elaboración de productos cárnicos o productos lácteos<sup>8</sup>.

### b. Utilización como aditivos para piensos

#### • Promotores del crecimiento

El uso de antibióticos en dosis subterapéuticas en animales sanos provoca un aumento en la velocidad de crecimiento. La utilización de antibióticos como promotores del crecimiento se debe a que se usan en dosis significativamente inferiores a las dosis terapéuticas y se refiere sólo a aquellos antibióticos que no se usan en medicina humana. La Comisión Europea ha prohibido el uso de algunos de estos antibióticos con fines zootécnicos, restringiéndolo a aquellos que no se absorben y/o se metabolizan rápidamente y cuyo uso no se ha generalizado en terapia humana (Reglamento 2821/98).

#### • Coccidiostáticos

Son compuestos muy usados para prevenir y tratar las coccidiosis, que son infecciones producidas por amebas que afectan al ganado, particularmente a las aves de corral. Estos

compuestos están autorizados para su utilización como aditivos de piensos durante un intervalo de tiempo determinado para broilers y polluelos, pero no para gallinas ponedoras. No se han establecido LMRs, pero se han asignado tiempos de retirada antes del sacrificio.

### Tranquilizantes

El estrés en los animales de abasto es un factor que causa elevada mortalidad, principalmente durante el transporte de los animales de la explotación ganadera al matadero. Además, en el caso de los cerdos principalmente, la carne que se obtiene de los animales estresados se denomina "pálida, suave y exudativa", y presenta unas cualidades tecnológicas no adecuadas, no siendo apta para la elaboración de determinados productos cárnicos. Existen varias sustancias que se utilizan regularmente para tranquilizar a los animales, algunas de las cuales están prohibidas como los derivados de las fenotiazinas, y para otras se han establecido LMRs como es el caso de la azaperona y el carazolol<sup>9</sup>.

Existen tranquilizantes que se usan como promotores del crecimiento como las benzodiazepinas, que tienen un efecto ansiolítico y sedativo, contribuyendo a eliminar los temblores que se producen por el uso de algunas hormonas esteroideas y además provocan una estimulación de la ingesta en animales débiles o enfermizos.

### Promotores del crecimiento hormonales

A pesar de que el uso de sustancias hormonales promotoras del crecimiento se encuentra prohibido en la Unión Europea desde 1988 en otros países está autorizado el uso de algunas de ellas (en Estados Unidos y Canadá por ejemplo está permitido el uso de progesterona, testosterona, zeranol, acetato de trembolona, acetato de melengestrol y 17-β-estradiol) lo que hace que sea necesario realizar controles muy estrictos en las carnes que se importan de estos países. Por otra parte, en Europa existe un uso ilegal de estos compuestos y de otro tipo de sustancias desconocidas cuyo control es muy difícil debido a que algunas de estas drogas se metabolizan en compuestos desconocidos o para los que no existen patrones<sup>10</sup>. Los promotores de crecimiento

<sup>8</sup> Pérez de Ciriza, J. A.; Huarte, A.; Saiz, I.; Ozcáriz, M. T.; Purroy, M. T. (1999). Residuos de sustancias inhibitoras en carnes. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 22, suplemento 3.

<sup>9</sup> Delahaut, P.; Levaux, C.; Eloy, P.; Dubois, M. (2003). Validation of a method for detecting and quantifying tranquillisers and a β-blocker in pig tissues by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 483(1-2), 335-340.

<sup>10</sup> Scippo, M-L.; Van De Weerd, C.; Willemsen, P.; François, J-M.; Rentier-Delrue, F.; Muller, M.; Martial, J. A.; Maghuin-Rogister, G. (2002) Detection of illegal growth promoters in biological samples using receptor binding assays. *Analytica Chimica Acta* 473, 135-141.

hormonales más utilizados son: sustancias con actividad androgénica, estrogénica o gestágena, glucocorticosteroides, somatotropina bovina recombinante, agonistas de adrenorreceptores y finalizadores o antitiroideos.

### 2.2.5. Otros Contaminantes del Alimento

#### Dioxinas, furanos y bifenilos policlorados (PCBs)

Bajo el término dioxina se engloba un conjunto de sustancias aromáticas tricíclicas (dibenzo-p-dioxinas) que presentan sustituyentes halogenados. Las más conocidas son los derivados clorados y, dentro de este grupo, la molécula de referencia es la TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina).

Junto con las dioxinas propiamente dichas, existen otros compuestos químicamente relacionados que se asocian con frecuencia a ellas y que cuentan también con distintos derivados halogenados: los furanos o dibenzofuranos y los bifenilos policlorados (PCBs).

Dioxinas, furanos y PCBs pueden resultar potencialmente tóxicos con efectos teratogénicos y cancerígenos aunque no todos los congéneres de estas tres familias manifiestan el mismo grado de toxicidad. Las dos primeras sustancias son subproductos originados en distintos procesos industriales (incineraciones, síntesis de plaguicidas clorados, blanqueo de papel). En cambio, los PCBs se fabricaban para su uso como agentes dieléctricos, fluidos hidráulicos y componentes de plásticos y pinturas. En el Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto se establecen las medidas necesarias para la eliminación de los PCBs y los aparatos que los contengan antes del 2010.

Las dioxinas y sus análogos se encuentran ampliamente distribuidos en el medio pero se estima que más del 90% de la exposición que afecta al hombre proviene de los alimentos. Su contaminación deriva de las emisiones de estos tóxicos al ambiente y de su posterior deposición en las masas de agua y el suelo. También se han relacionado con casos de fraude alimentario. La reciente crisis sufrida en Bélgica se debió al uso de piensos, para el cebado de pollos, adulterados con grasas industriales contaminadas con dioxinas<sup>11</sup>.

#### Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se generan a partir de la combustión incompleta de la materia orgánica (madera, carbón, petróleo,...). Se ha identificado un gran número de HAPs, algunos potencialmente peligrosos para la salud. El más estudiado es el benzo(a)pireno debido a su elevada capacidad mutagénica y cancerígena.

Una de las principales vías de exposición del hombre a estos compuestos son los alimentos. La presencia de HAPs en ellos puede tener distintos orígenes. Por una parte, se han detectado vegetales con altas concentraciones de estos contaminantes atmosféricos en campos de cultivo próximos a grandes áreas urbanas o industriales. Por otra, se sabe que ciertos tratamientos dentro del procesado industrial o culinario (asado, cocinado a la parrilla, ahumado) del producto favorecen su formación. Así, en la carne preparada a la brasa pueden aparecer en las zonas carbonizadas por el contacto directo de la llama o bien llegar al alimento a través del humo, especialmente cuando se utilizan madera o carbón como combustibles<sup>12</sup>.

#### Metales pesados

Los metales pesados tóxicos son capaces de causar efectos indeseables en el metabolismo, originando enfermedades que en ocasiones son graves y que pueden causar incluso la muerte. La presencia de estos metales pesados en los alimentos tiene su origen en las distintas fases de la cadena alimentaria, desde el cultivo hasta el procesamiento y la distribución. La toxicidad de un metal depende de la dosis en que sea ingerido así como de la capacidad de excreción del mismo. El mercurio tiene su origen en la utilización de alquilmercurio en agricultura para evitar el crecimiento de hongos. Este metal pasa a la cadena alimentaria acumulándose en los tejidos adiposos de peces y herbívoros.

La principal fuente de contaminación de cadmio es el uso de fertilizantes a base de roca fosfórica, de forma similar a lo que ocurre con el arsénico, que además es utilizado en diversos plaguicidas. Otros metales pesados tóxicos son cobre, plomo, níquel y zinc.

<sup>11</sup> Gorrachategui, M. (2001). "Seguridad Alimentaria: dioxinas" XVII Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), pág. 189-215.

<sup>12</sup> "Public health goal for benzo(a)pyrene in drinking water" Documento elaborado por: Pesticide and Environmental Toxicology Section, Office of Environmental and California Environmental Protection Agency, diciembre 1997.



## 2.3. Agentes infecciosos

### 2.3.1. Bacterias

El número de brotes epidémicos asociados al consumo de alimentos es elevado, debido a que la contaminación de alimentos por bacterias patógenas es algo relativamente frecuente, principalmente por una manipulación incorrecta de los mismos. Las patologías asociadas a la transmisión alimentaria pueden ser de dos tipos, infecciones alimentarias, producidas por la ingestión de microorganismos o intoxicaciones alimentarias, producidas como consecuencia de la ingestión de toxinas bacterianas presentes en los alimentos<sup>13</sup>. Muchas de estas patologías son esporádicas y no se informa de ellas, pero en la mayor parte de los países en los que se dispone de sistemas de información sobre las enfermedades de origen alimentario se ha documentado un incremento con respecto a décadas pasadas en la incidencia de afecciones producidas por microorganismos en alimentos.

Es difícil saber cuál es el motivo real del incremento de la incidencia de este tipo de enfermedades, pero parece que existen una serie de factores relacionados como los cambios en los patrones de

consumo, que incluyen una preferencia por el consumo de productos crudos y mínimamente procesados, el incremento de tiempo que pasa entre la preparación del alimento y el momento de consumo y el aumento de la alimentación fuera del hogar mediante comidas preparadas.

Otro motivo podría ser que ha aumentado la declaración de estas enfermedades debido a la mejora en la identificación y notificación de la enfermedad a los servicios sanitarios.

Entre las bacterias más frecuentes que producen este tipo de enfermedades se encuentran *Salmonella* y *Campylobacter*, que suelen causar gastroenteritis benignas, que en el caso de niños y ancianos pueden cursar con síntomas más graves.

Existen otros agentes causales que tienen menor importancia numérica como *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus* y otros patógenos cuya incidencia no es muy elevada, pero que se perfilan como patógenos emergentes como *Listeria monocytogenes* y *E. coli verotoxigénica*, que pueden tener severas consecuencias sobre la salud de las personas que sufren estas enfermedades. En la tabla 3 se indican las principales bacterias relacionadas con infecciones alimentarias.

Organismo	Enfermedad	Alimento implicado
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Gastroenteritis, septicemia	Pescados, mariscos, cordero, ternera, cerdo y aves.
<i>Bacillus cereus</i>	Intoxicación	Carnes, leche, verduras, pescado, arroz, salsas, sopas.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Campilobacteriosis	Pollo crudo, leche no pasteurizada, agua no clorada.
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulismo	Alimentos en conserva, incluidos vegetales, carnes y sopas.
<i>Clostridium perfringens</i>	Intoxicación	Comidas preparadas no refrigeradas como carne y productos cárnicos y salsas.
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Intoxicación	Carne poco cocinada, zumos de frutas no pasteurizados, salami, quesos curados.
<i>Escherichia coli</i> enteroinvasiva	Disentería bacilar	Hamburguesas y leche no pasteurizada.
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listeriosis	Leche, quesos no curados, helados, verduras crudas, carnes crudas y pescados ahumados.
<i>Salmonella</i> spp.	Salmonelosis	Carnes crudas, huevos, aves, leche y lácteos, pescado, gambas, salsas y aliños, crema pastelera, mantequilla de cacahuete y chocolate.
<i>Shigella</i> spp.	Disentería bacilar	Ensaladas, verduras crudas, leche y lácteos, aves.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Intoxicación	Carne y derivados cárnicos, aves, huevos, ensaladas, productos de panadería y pastelería, leche y lácteos.
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Agua contaminada, mariscos.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Intoxicación	Carnes, ostras, pescado y leche cruda.

Tabla 3. Principales bacterias productoras de infecciones alimentarias.

<sup>13</sup> FDA (1998). Bad Bug Book. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. <http://www.cfsan.fda.gov>.

### 2.3.2. Priones

El término "prión" deriva de "proteinaceous infectious particle" y se usa para describir el agente infeccioso responsable de varias enfermedades neurodegenerativas encontradas en los mamíferos. Es un agente infeccioso carente de ácido nucleico y compuesto exclusivamente por una proteína modificada conformacionalmente denominada PrPsc.

Las afecciones producidas por priones son conocidas como encefalopatías espongiformes, que son procesos neurodegenerativos fatales que afectan a humanos y animales. Entre las enfermedades humanas se encuentran la de Creutzfeldt-Jakob (CJ), el síndrome de Gertsman-Sträussler-Scheinker y el insomnio familiar fatal o kuru y en animales la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), scrapie en ovejas, encefalopatía transmisible en visones y

enfermedades crónicas de desgaste en mulas, ciervos y alces<sup>14</sup>.

La transmisión de estas enfermedades a través de los alimentos no está clara a pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas. En este momento, es importante el desarrollo de pruebas de gran sensibilidad que permitan detectar títulos bajos de priones y de métodos de enriquecimiento (concentración/amplificación) de estos agentes en una muestra.

Asimismo, se requieren sistemas de detección del llamado material específico de riesgo o MER (médula espinal, tejido cerebral, ojos, amígdalas,...) en los productos alimenticios, especialmente en carnes y derivados. Se han identificado diversas proteínas características del tejido nervioso (tabla 4) que podrían utilizarse como marcadores; de este modo, la presencia de alguna de estas moléculas indicaría que se han empleado tejidos ilegales en la elaboración de un alimento<sup>15</sup>.

Proteínas del tejido nervioso	Peso molecular (kD)
Proteína del neurofilamento	70-200
Proteína básica de mielina	14-21
Proteína ácida fibrilar glial	52
Enolasas neuroespecíficas	45

Tabla 4. Proteínas específicas del tejido nervioso que podrían utilizarse para la detección de MER en productos alimenticios.

En el Reglamento de la Unión Europea 999/2001 (modificado 27-6-2003 por el reglamento CE 1139/2003), se indican cuáles son los productos MER y los métodos de análisis de laboratorio que deben realizarse tanto en los animales sospechosos de padecer la enfermedad como en aquellos que se examinan en el marco del programa anual de seguimiento establecido.

### 2.3.3. Virus

#### Virus transmitidos por alimentos

En la actualidad la incidencia de los brotes de origen vírico ha aumentado de forma considerable convirtiéndose en una de las primeras causas de enfermedad asociada al consumo de alimentos. De hecho, la Unión Europea inició un proyecto de investigación —"Foodborne viruses in Europe"— dentro del V Programa Marco con el fin de obtener datos epidemiológicos fiables, determinar las vías de transmisión y los costes para la salud pública de este tipo de patologías así como potenciar el desarrollo de métodos de análisis estandarizados.

<sup>14</sup> Torres, J. M.; Brun, A.; Castilla, J.; Sánchez-Vizcaíno, J. M. Enfermedades producidas por priones ([www.sanidadanimal.info/priones/priones.htm#afec](http://www.sanidadanimal.info/priones/priones.htm#afec)).

<sup>15</sup> Tersteeg, M. H. G.; Koolmees, P. A.; Van Knapen, F. (2002). "Immunohistochemical detection of brain tissue in heated meat products". *Meat Science*, 61, pág. 67-72.

El agua y los productos que se ingieren crudos, como ciertos vegetales, o poco cocinados son los vehículos más frecuentes de estos agentes infecciosos. Es especialmente preocupante el caso de los moluscos bivalvos (almejas, berberechos, mejillones) en cuyo interior se acumulan como resultado del sistema de filtración que emplean para alimentarse.

La contaminación se produce por vía entérica a causa de las aguas fecales utilizadas para el riego de los campos de cultivo o la cría de moluscos y también por la manipulación indebida del alimento durante su elaboración (personal infectado).

Asimismo, los procesos destinados a su eliminación suelen ser ineficaces, por ejemplo la

depuración realizada en las piscifactorías o los tratamientos térmicos en los que la concha protege al virus del calor<sup>16</sup>.

La tabla 5 muestra los principales virus transmitidos a través de los alimentos y el agua. Entre ellos, destacan por su importancia los virus tipo Norwalk o norovirus, causantes de gastroenteritis, y el virus de la hepatitis A (VHA). A diferencia de lo que sucede con estos dos, para el resto de los virus indicados no existe una evidencia clara de su relación con brotes debidos al consumo de alimentos. Además, el número de casos de gastroenteritis que se registra suele ser muy reducido.

Virus	Enfermedad	Brotos relacionados con el consumo de agua y alimentos
Tipo Norwalk	Gastroenteritis	Nº muy elevado. Clara evidencia en ambos casos.
Hepatitis A	Hepatitis A	
Hepatitis E	Hepatitis E	Nº reducido. Muy frecuente en aguas. (pocos datos en alimentos)
Astrovirus	Gastroenteritis infantil	Nº reducido. Evidencia limitada.
Rotavirus	Gastroenteritis infantil	
Parvovirus	Gastroenteritis	

Tabla 5. Principales virus transmitidos a través de los alimentos y el agua<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Dean O. Cliver: "Transmisión de virus a través de los alimentos" Resumen de la situación científica. Documento *on line* elaborado por el panel de expertos del Institute of Food Technologists y publicado en The World of Food Science ([www.worldfoodscience.org](http://www.worldfoodscience.org)).

<sup>17</sup> Sair, A. I.; Suza, D. H. D.; Jaykus, L. A. (2002). "Human enteric viruses as causes of foodborne disease". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 1, pág. 73-89.

## Enfermedades víricas animales

Recientemente se han producido varias alertas zoonositarias que han ocasionado graves pérdidas económicas al sector ganadero, como el brote de fiebre aftosa que sufrió el Reino Unido en 2001 y la influenza aviar o gripe avícola que ha afectado a la zona asiática.

Como ejemplos en la tabla 6 se muestran algunas de las principales enfermedades víricas que afectan a las cabañas ganaderas en el ámbito mundial<sup>18</sup>.

Virus (familia)	Enfermedad	Huésped principal
<i>Picornaviridae</i>	Fiebre aftosa	Bovino, ovino, caprino, porcino
	Enfermedad vesicular porcina	Porcino
<i>Reoviridae</i>	Lengua azul	Ovino (bovino y caprino)
	Peste equina	Equino
<i>Orthomyxoviridae</i>	Influenza aviar	Gallina y pavo
<i>Paramyxoviridae</i>	Enfermedad de Newcastle	Ave
	Peste bovina	Bovino
<i>Poxviridae</i>	Dermatitis nodular contagiosa	Bovino
	Viruela ovina y caprina	Ovino y caprino
<i>Togaviridae</i>	Diarrea viral bovina	Bovino
<i>Rhabdoviridae</i>	Estomatitis vesicular	Bovino, porcino, equino
<i>Arteriviridae</i>	Síndrome respiratorio y reproductivo porcino	Porcino
<i>Asfarviridae</i>	Peste porcina africana	Porcino
<i>Flaviviridae</i>	Peste porcina clásica	Porcino
<i>Caliciviridae</i>	Mixomatosis	Conejo
<i>Rhabdoviridae</i>	Necrosis hematopoyética	Salmónidos

Tabla 6. Principales familias de virus causantes de enfermedades en animales.

<sup>18</sup> Fichas técnicas de enfermedades animales de la Organización Mundial de Sanidad Animal recogidas en la página web de la Office International des Épizooties (OIE) ([www.oie.int](http://www.oie.int)).

### Detección de bacteriófagos en cultivos iniciadores

Las bacterias lácticas desempeñan una función esencial en la elaboración de productos fermentados participando en el desarrollo de la textura y de las características organolépticas de numerosos alimentos como yogur, queso, encurtidos o productos cárnicos curados.

Las fermentaciones lácticas a escala industrial en la actualidad se realizan mediante la utilización de cultivos iniciadores, que son cultivos de una o varias cepas pertenecientes a una o varias especies de microorganismos que se utilizan para iniciar la fermentación controlada de un alimento. Estas cepas se seleccionan de medios naturales en función de sus características metabólicas, eligiéndose aquellas que toleran menores pHs, que producen mayor cantidad de ácido láctico o de una manera más rápida, que no dan lugar a metabolitos secundarios indeseables, etc. La utilización de estos cultivos permite la obtención

de productos homogéneos, se evita la aparición de metabolitos secundarios indeseables y el proceso ocurre a mayor velocidad.

Uno de los problemas más graves que puede ocurrir en este tipo de industrias es la contaminación de los cultivos iniciadores por bacteriófagos. Los bacteriófagos son virus que infectan bacterias, pudiendo llegar a provocar su lisis, lo que puede ocasionar que la velocidad a la que ocurre la fermentación disminuya, llegando en algunos casos incluso a detenerse, generando grandes pérdidas económicas. Estos virus se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y en muchas ocasiones se encuentran en las materias primas, de donde es muy difícil eliminarlos, ya que son muy resistentes al calor. Debido a que su eliminación es prácticamente imposible es muy importante su monitorización, con el fin de detectar lo antes posible su presencia en las muestras y evaluar en qué número se encuentran, ya que a partir  $10^5$  pfu/mL causan problemas en la acidificación<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Quiberoni, A.; Auad, L.; Binetti, A. G.; Suárez, V. B.; Reinheimer, J. A.; Raya, R. R. (2003). Comparative analysis of *Streptococcus thermophilus* bacteriophages isolated from a yogurt industrial plant. *Food Microbiology*, Volume 20(4), 461-469.

## TRANSMISIÓN DE VIRUS POR ALIMENTOS POR EL DR. ESTEBAN DOMINGO SOLANS

Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA-INIA)  
Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa" (CSIC-UAM)

### Introducción: patógenos en alimentos

Los alimentos son un factor importante de transmisión de agentes patógenos y por tanto de iniciación de brotes de enfermedad. En un mundo crecientemente globalizado subyace la posibilidad de que la transmisión alimentaria de patógenos sea un factor de emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas. En este artículo se resumen las principales observaciones acerca de la transmisión de virus por alimentos y se sugieren medidas que podrían paliar el problema.

### ¿Qué son los virus?

Los virus son elementos genéticos con las siguientes propiedades que los definen:

- Contienen ácido desoxirribonucleico (DNA) o ácido ribonucleico (RNA) como material genético, pero no ambos.
- Su genoma contiene un programa genético propio.
- Su replicación (o multiplicación), que implica la expresión de su programa genético, es totalmente dependiente de la célula. Esta dependencia se refleja tanto en la utilización de estructuras celulares como en la explotación de metabolismo celular.
- El ciclo de vida de los virus incluye una fase intracelular, en la que tiene lugar la multiplicación de los virus, y una fase extracelular, en la que existen como partículas autónomas transmisibles.

Los virus son causa de graves enfermedades humanas como son el SIDA, varias formas de hepatitis, poliomielitis, enfermedades hemorrágicas, sarampión o gripe.

### Los alimentos como vehículos de transmisión de virus

Una diferencia fundamental entre bacterias y virus es que mientras las primeras pueden a menudo multiplicarse en alimentos, los virus (salvo casos excepcionales) no pueden hacerlo ya que los alimentos no ofrecen el ambiente celular propicio para completar las distintas fases de su ciclo multiplicativo. Estas fases son: reconocimiento de un receptor (o receptores) en la superficie de la célula, entrada del virus en la célula, desensamblaje de las partículas y liberación del material genético, expresión del material genético, replicación del genoma viral, ensamblaje de partículas progenie y salida de la célula, con

adquisición de membrana celular en el caso de virus con envuelta (para una revisión actualizada de los conceptos básicos de virología, ver Flint *et al.*, 2004).

Los alimentos constituyen vehículos mecánicos de transmisión de virus. Por esta razón, las medidas preventivas deben encaminarse a evitar la contaminación de alimentos por virus (medidas higiénicas) y a estudiar métodos de detección y de inactivación de virus, éstos compatibles con el procesado de alimentos (medidas preventivas).

### ¿Cuántos virus existen y cuáles contaminan los alimentos?

Existen más de 30.000 especies víricas que afectan al hombre, animales, plantas u otros organismos celulares, con una cantidad espectacular de tipos, subtipos y variantes, según ha reconocido desde años una comisión internacional dedicada a la clasificación y nomenclatura de los virus (van Regenmortel *et al.*, 2000).

Desde el punto de vista de transmisión por alimentos, nos interesa distinguir dos grupos de virus según la estructura de la partícula vírica y otros dos tipos según la clase de ácido nucleico que constituye su material genético.

Según el tipo de partícula los virus se clasifican en:

- Virus desnudos, formados por ácido nucleico y proteína.
- Virus con envuelta, formados por ácido nucleico, proteína y una envuelta lipídica de origen celular.

Según el tipo de ácido nucleico que constituye su material genético, los virus se clasifican en:

- Virus con DNA
- Virus con RNA

Todos ellos, además, pueden tener el ácido nucleico de una banda o de doble banda; o genoma segmentado o no segmentado.

En algunos casos, un ácido nucleico distinto del que se encuentra en la partícula vírica es un intermediario necesario en el proceso de replicación. Atendiendo a este intermediario se distinguen cuatro estrategias replicativas:

- (1) DNA → DNA
- (2) DNA → RNA → DNA
- (3) RNA → RNA
- (4) RNA → DNA → RNA

Ejemplos del grupo (1) son los virus herpes o de la viruela, del grupo (2) el virus de la hepatitis B, del grupo (3) virus de la hepatitis A, C, gripe o poliomielitis y del grupo (4) los retrovirus entre los que se halla el virus de la inmunodeficiencia humana.

Los virus que más frecuentemente contaminan los alimentos son los virus desnudos por su mayor estabilidad, y los virus que incluyen RNA como material genético [grupos (2), (3) y (4)] probablemente por su mayor frecuencia en la naturaleza y su poder adaptativo. En efecto, los virus RNA son altamente variables y sus poblaciones no son entidades genéticas definidas, sino distribuciones complejas de mutantes que se denominan cuasiespecies víricas (Domingo *et al.*, 2001). Entre las múltiples variantes que se producen continuamente durante la replicación viral, los puede haber con mayor resistencia al calor, a valores de pH no neutro, a la desecación, o a ambientes proporcionados por productos alimentarios.

En una reciente revisión (Koopmans y Duizer, 2004), se destacan los siguientes virus por su mayor probabilidad de ser transmitidos por comida o agua:

Norovirus (de la familia *Caliciviridae*, desnudos, RNA de una banda).

Virus de la hepatitis A, poliovirus, otros enterovirus (de la familia *Picornaviridae*, desnudos, RNA de una banda).

Rotavirus humanos (de la familia *Rotaviridae*, desnudos, RNA de doble banda).

Adenovirus (de la familia *Adenoviridae*, desnudos, DNA de doble banda).

### Acciones preventivas

Las principales acciones preventivas a tomar son:

- Extremar las medidas (mediante seminarios informativos y administrando materiales de protección como guantes, etc.) para evitar que las personas que manipulan alimentos (durante su preparación o envasado) los contaminen.
- Incluir métodos de detección de virus como parte del control de calidad de alimentos.
- Desarrollar métodos de laboratorio fiables y sensibles que puedan ser incorporados a los procedimientos de control de calidad de alimentos.
- Incrementar la inversión pública en investigación y animar colaboraciones entre expertos de distintas áreas (científicos básicos, médicos epidemiólogos, veterinarios,

expertos en medio ambiente, etc.) tendentes a desarrollar nuevos procedimientos de detección de virus en alimentos.

### Métodos de detección de virus

Los métodos para detección de virus en muestras de pacientes infectados son:

- Visualización de partículas por microscopía electrónica.
- Aislamiento de virus tras infección de células en cultivo (una limitación es que varios virus importantes no se multiplican en cultivos celulares).
- Detección del genoma mediante hibridación a sondas específicas, o mediante amplificación enzimática por reacción en cadena con polimerasas termoestables (PCR, standard en el caso de genomas DNA; RT-PCR, PCR precedida de retrotranscripción en el caso de genomas RNA).
- Detección de proteína vírica (por ELISA, hemadsorción en algunos casos, etc.).

La exposición a un agente viral puede también evidenciarse por la presencia de anticuerpos antivíricos en sangre (suero). Para ello puede emplearse ELISA o neutralización de infectividad (más apropiado para virus que infectan células en cultivos).

Cada uno de estos procedimientos es recomendable para ciertos virus y deben tomarse un número de precauciones respecto a reproducibilidad, límites de detección, posibilidad de falsos positivos o falsos negativos, etc. (Koopmans y Duizer, 2004).

### Procesamiento de alimentos para eliminación de virus

Algunos procesos a los que pueden ser sometidos los alimentos o el agua producen pérdidas de infectividad de virus contaminantes de 10 hasta más de 10.000 veces. Ejemplos:

- Ebullición de alimentos líquidos (leche).
- Tratamientos térmicos (60 °C, 30 min.) de alimentos sólidos o líquidos
- Pasteurización (70 °C-72 °C, 15 segundos a 2 min.).
- Congelación.
- Acidificación.
- Inactivación de virus en agua mediante cloración, tratamiento con ozono o radiación ultravioleta.

Entre los procesos efectivos para inactivación de virus que contaminan superficies sólidas que, a su vez, pueden ser fuente de contaminación de alimentos, se hallan lavados con etanol, hipoclorito sódico, cloruro sódico, etc.

Para varios ejemplos concretos de la eficacia de inactivación de distintos virus y procedimientos, el lector puede consultar (Koopmans y Duizer, 2004) así como varias referencias adicionales incluidas en dicho artículo.

### **Estudios moleculares para identificar el origen de brotes de enfermedad vírica.**

El gran avance de las técnicas de biología molecular permite amplificar pequeñas cantidades de material genético de virus y determinar la secuencia de sus nucleótidos. Los virus mutan continuamente y las diferencias de secuencia permiten establecer relaciones de parentesco entre virus, empleando métodos denominados filogenéticos (como texto para esta metodología, ver Page y Holmes, 1998). Los árboles filogenéticos obtenidos permiten a menudo dilucidar si distintos individuos infectados lo han sido por un virus con el mismo origen o si dos brotes distantes en el tiempo o en el espacio han tenido un origen común.

### **Brotes, emergencias y reemergencias: peligros de orden superior**

Para concluir este artículo debo hacer una importante distinción entre brotes de enfermedades víricas ya conocidas, asociadas a alimentos o agua contaminados (que es el problema más inmediato y frecuente resumido en párrafos anteriores) y otros acontecimientos de baja probabilidad que pueden dar lugar a la emergencia o reemergencia de nuevas enfermedades víricas. Debe destacarse que se estima que un 70% de las enfermedades emergentes o reemergentes humanas tienen un origen zoonótico (virus transmisibles de animales al hombre) y que los animales son fuente de alimentos o pueden ser el origen de contaminación de alimentos.

En un mundo crecientemente globalizado, hay productos alimentarios que tienen una amplia distribución y que pueden ser origen de enfermedad en puntos distantes del planeta. El lector encontrará una amplia discusión de los factores de emergencia de enfermedades infecciosas, incluida la transmisión por alimentos, en un reciente informe del Instituto de Medicina de las Academias Nacionales de los EEUU (Smolinski *et al.*, 2003).

### **Conclusión y perspectivas**

En la década de los 60 la percepción general era que las enfermedades infecciosas, tanto

víricas como bacterianas, se hallaban en curso de extinción. La experiencia de las últimas cuatro décadas es completamente distinta.

Vivimos sometidos a la incertidumbre derivada del gran poder de adaptación y supervivencia del mundo microbiano, muy especialmente de los virus que tienen RNA como material genético. Como parte de su estrategia de supervivencia, los virus se transmiten incesantemente por contacto entre humanos, con animales, mosquitos, garrapatas, sangre, aire, polvo, agua, instrumentos y, obviamente, alimentos. Lo descrito en este artículo debe entenderse tanto como una alerta práctica frente a amenazas concretas como también como una constatación de la gran complejidad de la biosfera en la que nos hallamos inmersos. Los agentes patógenos en general, y los virus en particular, son instrumentos invisibles de dicha complejidad.

### **Agradecimientos**

El autor agradece a varias generaciones de estudiantes y doctores de su laboratorio sus contribuciones al entendimiento de la capacidad adaptativa de los virus. Los trabajos de virología de nuestro laboratorio durante los últimos años han sido subvencionados por ayudas del Ministerio de Ciencia y Tecnología BMC2001-1823-C02-01, Comunidad Autónoma de Madrid 08.2/0046.1/2000 y 08.2/0015/2001.1, UE QLK2-CT-2002-00825 y Fundación Ramón Areces.

### **Referencias**

- Domingo, E.; Biebricher, C.; Eigen, M.; Holland, J. J. (2001). *Quasispecies and RNA Virus Evolution: Principles and Consequences*. Austin, Landes Bioscience.
- Flint, S. J.; Enquist, L. W.; Racaniello, V. R.; Skalka, A. M. (2004). *Principles of Virology. Molecular Biology, Pathogenesis, and Control of Animal Viruses*. Washington, D.C., ASM Press.
- Koopmans, M.; Duizer, E. (2004). "Foodborne viruses: an emerging problem." *Int. J. Food Microbiol.*, 90: 23-41.
- Page, R. D. M.; Holmes, E. C. (1998). *Molecular Evolution. A phylogenetic approach*. Oxford, Blackwell Science Ltd.
- Smolinski, M. S.; Hamburg, M. A.; Lederberg J., Eds. (2003). *Microbial Threats to Health. Emergence, Detection and Response*. Washington DC, The National Academies Press.
- Van Regenmortel, M. H. V.; Fauquet, C. M.; Bishop, D. H. L.; Carstens, E. B.; Estes, M. K.; Lemon, S. M.; Maniloff, J.; Mayo, M. A.; Mc Geoch, D. J.; Pringle, C. R.; Wickner, R. B.; Eds. (2000). *Virus Taxonomy. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. San Diego, Academic Press.



## 2.4. Biotoxinas

### 2.4.1. Toxinas Marinas

Las ficotoxinas son compuestos tóxicos, de naturaleza no proteica y bajo peso molecular, que poseen estructuras químicas diversas y cuyas intoxicaciones producen síndromes que pueden ser muy graves incluso en concentraciones muy bajas. Se han identificado cinco clases de ficotoxinas: toxina paralizante de los moluscos (PSP), toxina diarreaica de los moluscos (DSP), toxina neurotóxica de los moluscos (NSP), toxina amnésica de los moluscos (ASP) y ciguatera<sup>20</sup>.

Estos compuestos son producidos por algas microscópicas que sirven de alimento a mariscos y crustáceos. Esporádicamente se producen grandes crecimientos de estas algas, lo que provoca que los mariscos y crustáceos, que son animales filtradores, acumulen en su interior una gran cantidad de los compuestos tóxicos que sintetizan estas algas y actúen como vector transmitiéndolos a la cadena alimentaria. Estos episodios se repiten en diferentes regiones del mundo en diferentes épocas del año y tienen una gran importancia por la incidencia que tienen tanto en la salud pública como en la economía de las zonas donde suceden. En los últimos años parece que se ha incrementado la frecuencia, intensidad y distribución geográfica de episodios tóxicos en el medio acuático debido a la proliferación de algas perjudiciales<sup>21</sup>.

Debido al riesgo para la salud que tiene el consumo de mariscos y crustáceos contaminados con estas toxinas se realizan monitorizaciones para su control. Para asegurar la calidad de estos productos se necesitan técnicas analíticas sensibles con límites de detección bajos (de partes por billón) que permitan la detección de estos compuestos en los límites requeridos para asegurar la seguridad del producto. Estas técnicas

deben ser compatibles con las matrices complejas en las que se encuentran y deben ser capaces de detectar todas las toxinas dentro de un grupo tóxico y de diferenciar éstas de compuestos relacionados no tóxicos y de otras toxinas de grupos diferentes<sup>22</sup>.

### 2.4.2. Micotoxinas

Son un grupo heterogéneo de sustancias químicas que tienen efectos negativos agudos y/o crónicos sobre la salud de los animales y de los seres humanos. Pueden afectar numerosos órganos y sistemas, con particular importancia el hígado, los riñones y los sistemas nervioso, endocrino e inmunitario. Varias de estas micotoxinas están clasificadas como carcinógenos o posibles carcinógenos para los seres humanos por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, de modo que su posible toxicidad crónica en dosis bajas suscita mayor preocupación que la toxicidad aguda, ya que la exposición a las mismas es muy amplia y su poder carcinógeno es muy elevado<sup>23</sup>.

La formación de micotoxinas se produce por el crecimiento de varios tipos de hongos que pueden estar presentes en una gran variedad de alimentos humanos y animales. Cualquier cosecha almacenada varios días es un blanco para el crecimiento de estos mohos y la formación de toxinas. Éstas pueden desarrollarse tanto en áreas tropicales como templadas. Los alimentos más afectados son cereales, frutas secas, frutos secos, café, cacao, especias, semillas oleosas, legumbres y frutas, particularmente manzanas. También se pueden encontrar en cerveza y vino procedentes de la contaminación de cebada u otros cereales y uvas. Entran en la cadena alimentaria humana a partir de productos animales como carne, huevos, leche y quesos, como resultado del consumo de piensos contaminados por el ganado<sup>24</sup>.

<sup>20</sup> Garthwaite, I. (2000). Keeping shellfish safe to eat: a brief review of shellfish toxins, and methods for their detection. *Trend in Food Science & Technology*, 11, 235-244.

<sup>21</sup> Gago-Martínez, A.; Piñeiro, N.; Agüete, E. C.; Vaquero, E.; Nogueiras, M.; Leao, J. M.; Rodríguez-Vazquez, J. A.; Dabek-Zlotorzynska, E. (2003). Further improvements in the application of high-performance liquid chromatography, capillary electrophoresis and capillary electrochromatography to the analysis of algal toxins in the aquatic environment. *Journal of Chromatography A*, 992, 159-168.

<sup>22</sup> Garthwaite, I. (2000). Keeping shellfish safe to eat: a brief review of shellfish toxins, and methods for their detection. *Trend in Food Science & Technology*, 11, 235-244.

<sup>23</sup> Lucas Viñuela, E.: Aspectos generales de las micotoxinas. Evaluación según el *Codex Alimentarius*.

<sup>24</sup> European Mycotoxin Awareness Network ([www.lfra.co.uk/eman2/fsheet1.asp](http://www.lfra.co.uk/eman2/fsheet1.asp)).

Se han descrito alrededor de 300 micotoxinas diferentes, pero solo hay unas 20 que se encuentran en los alimentos o piensos en concentraciones que puedan considerarse peligrosas para los animales y personas que consuman estos alimentos<sup>25</sup>. Las micotoxinas más conocidas que tienen relevancia desde el punto de vista de la salud son aflatoxinas, ocratoxina A, fumonisinas, patulina, tricotecenos (nivalenol, deoxynivalenol, y toxina T-2) y zearalenona. La aparición de estas micotoxinas suele estar ligada a un tipo de productos, como por ejemplo las aflatoxinas en cacahuetes y maíz o fumonisinas en maíz<sup>26</sup>. Además, algunas de estas micotoxinas y sus metabolitos cuando son consumidas por animales de abasto, pasan a la cadena alimentaria ya que contaminan los tejidos comestibles, leche y huevos de estos animales.

### 2.4.3. Toxinas Bacterianas

Las toxinas bacterianas que producen intoxicaciones alimentarias se caracterizan por ser compuestos de naturaleza proteica que pueden ser sintetizados bien en el alimento contaminado por la bacteria o bien en el intestino de la persona que resulta infectada. La sintomatología que producen es muy variada, siendo desde una ligera enfermedad gastrointestinal hasta una enfermedad mortal. En la tabla 7 se indican las bacterias productoras de toxinas más frecuentemente implicadas en toxiinfecciones alimentarias, así como el tipo de toxina que producen y los alimentos en los que aparecen con más frecuencia<sup>27</sup>.

Organismo productor	Tipo de toxina	Alimento implicado
<i>Clostridium botulinum</i>	Exoneurotoxinas A, B, E, y F.	Conservas vegetales y de pescado, carne, jamón, rellenos.
<i>Clostridium perfringens</i>	Enterotoxina	Carne, productos cárnicos y salsas.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Enterotoxinas A, B, C, D, E	Carne cocinada, salsas, huevos, ensaladas, productos de panadería rellenos.
<i>Bacillus cereus</i>	Enterotoxina	Carne, leche, verduras, pescado, arroz, salsas, sopas, ensaladas.
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Toxinas shiga y verotoxinas	Hamburguesas, zumos de frutas no pasteurizados, salami, lechuga, quesos, leche cruda, carne de caza.
<i>Shigella dysenteriae</i>	Neuroenterotoxina y toxina shiga	Ensalada de patata, atún, gambas, macarrones y pollo, vegetales crudos, lácteos y aves.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Enterotoxina	Carnes de pollo, ternera y cordero, ostras, pescado y leche cruda.
<i>Vibrio cholerae</i>	Enterotoxina	Mariscos recogidos de aguas contaminadas con <i>V. cholerae</i> poco cocinados.

Tabla 7. Principales microorganismos productores de toxinas bacterianas.

<sup>25</sup> McEvoy, J. D. G. (2002). Contamination of animal feedingstuffs as a cause of residues in food: a review of regulatory aspects, incidence and control. *Analytica Chimica Acta*, 473(1-2), 3-26

<sup>26</sup> J. Gilbert (2002). Validation of analytical methods for determining mycotoxins in foodstuffs. *Trends in analytical chemistry*, vol. 21, 6-7.

<sup>27</sup> FDA (1998). Bad Bug Book. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition (<http://www.cfsan.fda.gov>).

## 2.5. Tóxicos que aparecen durante el procesamiento de alimentos

Este apartado incluye todos aquellos compuestos de naturaleza diversa que son generados durante el procesamiento del alimento, y que son independientes de los contaminantes o de los aditivos utilizados para fines concretos. Estos tóxicos forman parte intrínseca de las transformaciones del alimento, de forma que es fácilmente predecible su presencia, aunque no siempre se puede medir su repercusión. Muchos de estos compuestos son carcinogénicos, por lo que todos los esfuerzos encaminados a evitar su formación y a mejorar los sistemas de detección son altamente deseables.

### 2.5.1. Nitrosaminas

Las nitrosaminas se originan por la reacción del óxido nitroso con aminas secundarias y terciarias, fundamentalmente durante el proceso de curado de algunos alimentos (embutidos, quesos, pescados, hongos...). Tienen un alto poder carcinogénico, provocando tumores en el tracto digestivo (fundamentalmente esófago y estómago), así como en hígado, tracto urinario y tracto respiratorio.

La formación de nitrosaminas se ve favorecida por la presencia de nitritos y nitratos, que son ampliamente utilizados por los agricultores en fertilizantes, acumulados en infinidad de verduras y hortalizas. Por otra parte, es común la adición de nitratos y nitritos en productos cárnicos, con el fin de evitar un riesgo para la seguridad alimentaria mucho mayor, como es la aparición de *Clostridium botulinum*, causante del botulismo.

Las cantidades de nitrosaminas generadas durante el procesamiento de alimentos, son en términos generales bastante bajas, del orden de microgramos por kilo de producto, por lo que existe gran controversia sobre los efectos reales que estos compuestos tienen sobre el individuo.

### 2.5.2. Acrilamida

La acrilamida es un compuesto que se utiliza para la producción de plásticos y la purificación de aguas. En abril de 2002 un grupo de investigadores suecos anunció un sorprendente estudio epidemiológico en el que individuos que no habían estado expuestos a fuentes industriales o ambientales de acrilamida presentaban elevados niveles de exposición de acrilamida o de sus marcadores. La explicación se encontró en la presencia de acrilamida en productos cocinados. Posteriormente estos datos se han confirmado en Noruega, Suiza, Australia, Reino Unido y Estados Unidos en alimentos ricos en hidratos de carbono, fundamentalmente cocidos, fritos, asados o cocinados en general a elevadas temperaturas. Estos estudios parecen apuntar a que alimentos ricos en glucosa y asparagina son más tendentes a la formación de acrilamida cuando se someten a elevadas temperaturas.

La acrilamida es altamente cancerígena en elevadas dosis y afecta al sistema nervioso. No obstante, no hay estudios epidemiológicos suficientes que demuestren la relación entre consumos medios de alimentos con contenido en acrilamida y la aparición de cáncer en la población.

### 2.5.3. Aminas Biógenas

Las aminas biógenas se forman por la acción de determinados microorganismos sobre determinados aminoácidos. Muchas de estas aminas están relacionadas con el aroma y sabor de los alimentos y asociadas a los procesos deseables de envejecimiento y añejado de los productos. Sin embargo, existe una serie de aminas biógenas con consecuencias no deseadas para la salud. Una de las más frecuentes es la histamina, que aparece fundamentalmente sobre vinos, quesos, embutidos y pescados. Provoca un choque histamínico, consistente en cefalea, vasodilatación y aumento de la temperatura. La tiramina, formada a partir de la tirosina se encuentra además de en los alimentos anteriormente reseñados, en cerveza y diversas frutas como plátano, naranja, ciruela y aguacate. Ocasiona las migrañas alimentarias. La detección de la presencia de aminas biógenas en alimentos es casi tan importante como la identificación de las bacterias que las generan y su detección sobre el alimento para impedir su síntesis.

## EL PAPEL DE LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA POR LA DRA. GLORIA HERNÁNDEZ PEZZI

Centro Nacional de Epidemiología Instituto de Salud Carlos III

Los alimentos posibilitan el crecimiento y aportan la energía necesaria para la vida, sin embargo, en ocasiones pueden ser el vehículo de agentes infecciosos o tóxicos que al ser ingeridos provocan enfermedades. Estas pueden ser muy diversas e implicar diferentes grados de severidad, llegando a producir alguna defunción.

Las enfermedades de transmisión alimentaria son evitables, en mayor o menor medida, haciendo que el alimento llegue en buenas condiciones al individuo que lo consume. Ello requiere un esfuerzo multidisciplinar importante que precisa intervención de diferentes profesionales (sanitarios y no sanitarios) en diferentes ámbitos (granjas, mataderos, cocinas centrales, caterings, redes de agua...), ya que la minimización del riesgo de enfermar implica a toda la cadena alimentaria, desde el reservorio, a los métodos de obtención, elaboración, distribución y almacenamiento del alimento hasta su consumo.

Cuando las medidas de prevención y/o control fallan se produce la enfermedad de transmisión alimentaria, con el consiguiente impacto en la salud y también en la economía (atención sanitaria, bajas laborales, turismo, sacrificio de animales, retirada de alimentos, etc...). También en este caso la intervención multidisciplinar es necesaria, especialmente si la enfermedad se presenta en forma de brote.

Para la vigilancia epidemiológica de las enfermedades humanas de transmisión alimentaria en España se utilizan diversas fuentes, estando las principales integradas en los sistemas básicos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica:

- Enfermedades de Declaración Obligatoria (EDO).
- Sistema de Información Microbiológica (SIM).
- Sistema de Brotes epidémicos.

Las dos primeras son fuentes relativas a casos individuales, con distinta unidad declarante: el médico en las EDO y el laboratorio de microbiología en el SIM.

Vigiladas a través de las EDO se encuentran actualmente las siguientes enfermedades cuyo principal mecanismo de transmisión es el alimentario: Botulismo, Cólera, Disentería bacilar, Fiebres tifoidea y paratifoidea y Triquinosis. Estas cinco enfermedades presentan una baja incidencia y son estables en el tiempo, con algunas excepciones debidas a casos ligados a brotes. El Botulismo en los últimos años ha estado ligado a conservas elaboradas en el medio familiar. Los casos de Cólera, cuando existen, suelen corresponder a casos importados de otros países. La incidencia de Triquinosis se relaciona frecuentemente con el consumo de carne de jabalí y pone en evidencia el insuficiente control de este alimento.

Los requerimientos de la Unión Europea hacen previsible una pronta incorporación de nuevas enfermedades al listado estatal de EDO, concretamente:

- Campilobacteriosis, Criptosporidiosis, Echinococosis, Escherichia Coli O157, Giardiasis, Listeriosis, Salmonelosis, Toxoplasmosis y Yersiniosis. De ellas se obtienen actualmente datos individualizados a través del SIM.

La incidencia de casos notificados a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica de enfermedades consideradas de transmisión principalmente alimentaria, correspondientes a 2003, se muestran en la tabla 1 indicando el sistema de información del que se obtienen los datos.

Nº	Enfermedades	Enfermedades actuales (*)	Enfermedades de próxima incorporación (**)	Tasas de incidencia por 100.000 habitantes
		Nº de casos	Nº de casos	
1	Botulismo	6		0,02
2	Campilobacteriosis		6.008	14,72
3	Cólera	0		0,00
4	Criptosporidiosis		93	0,23
5	Disentería bacilar	119		0,30
6	Echinococosis		24	0,06
7	E. coli enterohemorrágico		18	0,04
8	F.Tifoidea y paratifoidea	138		0,35
9	Giardiasis		718	1,76
10	Listeriosis		52	0,13
11	Salmonelosis		8.591	21,05
12	Toxoplasmosis		96	0,24
13	Triquinosis	51		0,13
14	Yersiniosis		429	1,05

Tabla 1. Enfermedades de transmisión alimentaria. Enfermedades de Declaración Obligatoria. España. 2003.

(\*) Fuente: Enfermedades de Declaración Obligatoria (datos provisionales).

(\*\*) Fuente: Sistema de información Microbiológica.

La información sobre brotes epidémicos nos aporta un conocimiento más rico de la situación, especialmente en relación con el alimento y los factores de riesgo. La declaración de brotes epidémicos es obligatoria en España e incluye cualquier etiología, ya sea infecciosa o tóxica.

En el último año disponible (2003) los datos de brotes de enfermedades de transmisión alimentaria son todavía provisionales. Hasta el momento se han recibido notificaciones que suponen aproximadamente dos tercios del total de brotes anuales comunicados en años anteriores, cifra similar a la que se recibe habitualmente en las mismas fechas, lo que hace previsible que los resultados definitivos del 2003 sean similares en número de brotes a los declarados otros años. Han sido

notificados 593 brotes transmitidos por alimentos correspondientes a 2003, 21 de ellos relacionados con agua y 572 con otros alimentos. La media de casos por brote ha sido de 54 en brotes hídricos y de 14 en otros brotes alimentarios (1.143 y 7.902 casos respectivamente). El total de hospitalizaciones notificadas ha sido 660. Once de los casos fallecieron, todos ellos por *Salmonella enteritidis*, este número de defunciones supone un aumento considerable respecto a lo esperado, pues las defunciones motivadas por estas enfermedades son excepcionales. Cinco de estas defunciones corresponden a un brote de salmonelosis ocurrido en un geriátrico. La frecuencia de aparición de brotes es más elevada en los meses que cuentan con temperaturas más altas (ver figura 1).

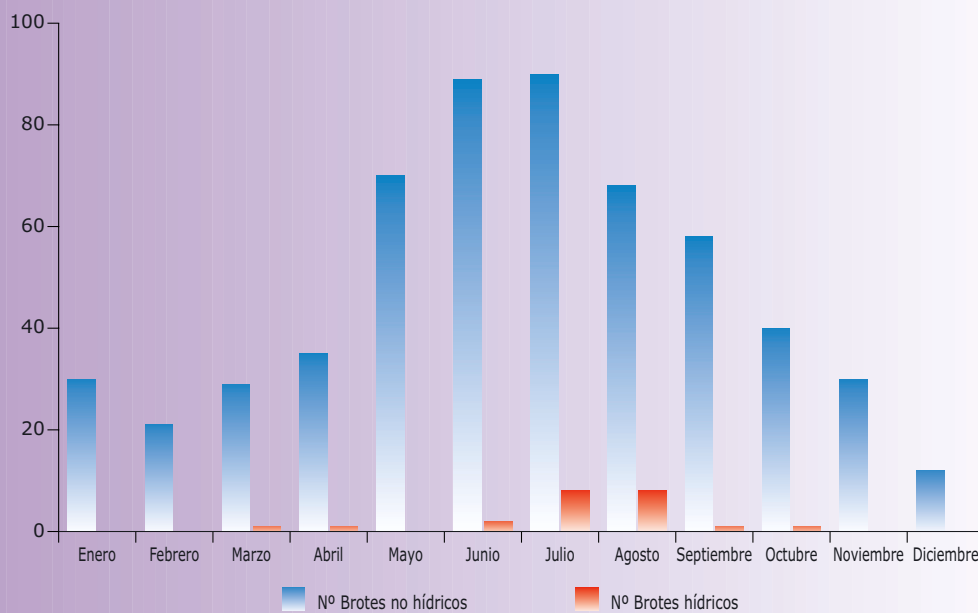


Fig. 1. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Distribución estacional. España. 2003 (\*).

**Fuente:** Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica

**Elaboración:** Centro Nacional de Epidemiología

**(\*) Datos provisionales a 31/03/2004.**

Dada la diferenciación en la identificación de riesgos y en la adopción de medidas de control, se desglosan a continuación los resultados obtenidos en la investigación de brotes hídricos del resto de brotes alimentarios.

Entre los agentes causales de los 21 brotes hídricos declarados en 2003, destacó el hecho inusual de la

aparición de 6 brotes de *Cryptosporidium*, detectados en una única comunidad autónoma. Los factores contribuyentes reseñados en los brotes hídricos están fundamentalmente en relación con deficiencias en el abastecimiento de agua, especialmente por insuficiente o nulo tratamiento de desinfección.

En los 572 brotes alimentarios no hídricos, la *Salmonella* continúa siendo el agente causal más frecuente con un 86,1% (341 brotes) del total de aquellos en que se conoce la etiología. Entre los alimentos implicados destacan los elaborados con huevo, con el 58% (221 brotes) de los brotes en los que se conoce este dato (ver figura 2).

**Nº Total de Brotes con alimento implicado conocido = 384**

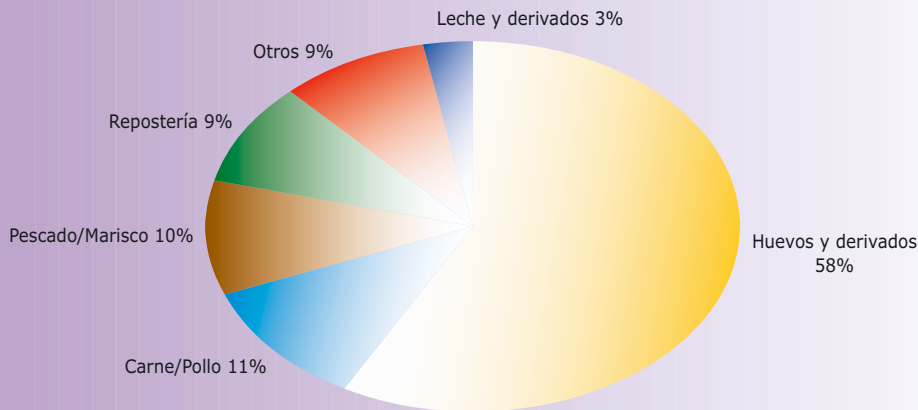


Fig. 2. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (excluidos los hídricos). Alimento implicado. España. 2003 (\*)

**Fuente:** Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica.

**Elaboración:** Centro Nacional de Epidemiología.

**(\*) Datos provisionales a 31/03/2004.**

La restauración colectiva supone un 56% (301 brotes), los familiares el 37% (202 brotes) y otros colectivos el 7% (36 brotes) de aquellos en que se conoce el ámbito de presentación. Entre los factores contribuyentes continúan destacando los problemas debidos a la inadecuada temperatura, tanto en la elaboración como en la conservación. Entre las medidas adoptadas para el control del brote la inspección del local, el control de manipuladores y la educación sanitaria son las más citadas. En 15 brotes consta que se originó expediente sancionador y en nueve de estos se ordenó el cese de la actividad.

Durante 2003, 29 brotes de enfermedades de transmisión alimentaria se consideraron de interés nacional, destacando que en 15 de ellos estuvieron afectados turistas extranjeros. Los brotes internacionales están cobrando una importancia cada vez mayor y dada la rapidez y extensión de la distribución de los alimentos se deben aplicar procedimientos de vigilancia e intervención eficaces.

Otras fuentes, como son las de morbilidad hospitalaria, incorporan datos sobre los casos más graves que requieren hospitalización. La salmonelosis que es la

enfermedad alimentaria con mayor incidencia en nuestro país, cuenta con 7.023 casos hospitalizados según la Encuesta de Morbilidad Hospitalaria del Instituto Nacional de Estadística (últimos datos disponibles: año 2001) y 6 días de estancia media en el hospital. El Conjunto Mínimo Básico de Datos al alta hospitalaria del Ministerio de Sanidad y Consumo, con 5.877 hospitalizaciones por salmonelosis en 1999 (último disponible) nos da idea de la presentación de los casos más graves, en los que un 13% contaban con un diagnóstico distinto de gastroenteritis, destacando 272 septicemias.

En nuestro país las enfermedades de transmisión alimentaria son un problema de salud pública por su magnitud y difusión, aunque las defunciones sean mínimas y la gravedad y complicaciones de la mayor parte de ellas escasas. El punto crucial es que pueden ser evitables y ahí es donde deben dirigirse todos los esfuerzos.

El papel de la epidemiología es relevante pues además de reflejar el impacto de las enfermedades alimentarias, orienta sobre los riesgos que las producen, lo que permite en muchas ocasiones adoptar medidas de control oportunas.

## 3. Áreas de aplicación de la Biotecnología en el ámbito de la Seguridad Alimentaria

Los grandes avances que la biotecnología ha experimentado durante los últimos 20 años han sido tan constantes como espectaculares. Estos avances se han centrado fundamentalmente en el campo de las ciencias de la salud por motivos obvios: mayores recursos destinados a la salud, menor reticencia de la población en los países desarrollados para asimilar las biotecnologías en salud frente a agroalimentación. No obstante, muchos de los avances realizados en Biotecnología de la salud encuentran lentamente sus aplicaciones en otros ámbitos como el medioambiental o la alimentación y los nuevos desarrollos van transfiriéndose paulatinamente a estos campos.

La Seguridad alimentaria no escapa a esta tendencia generalizada, de forma que investigadores y empresas de biotecnología destinan cada vez más recursos a esta área, usando los recursos que la Unión Europea pone a disposición a través del Sexto Programa Marco a través de su área prioritaria de Calidad y Seguridad alimentaria.

### 3.1. Detección de Agentes Nocivos

Como hemos podido comprobar en el apartado 2, son ininidad los agentes que amenazan la inocuidad de los alimentos. La mayoría de estos agentes son detectados y cuantificados mediante técnicas analíticas convencionales más o menos costosas. Las técnicas biotecnológicas de detección de algunos de estos compuestos no suponen, en términos generales, una competencia con estas técnicas tradicionales, pero presentan una serie de ventajas que hacen de ellas un complemento de extraordinaria utilidad y, en algunas ocasiones, la metodología más adecuada, como en el caso de la detección de trazas de ADN mediante técnicas mejoradas de PCR.

Una primera característica es la portabilidad de algunos de los sistemas de detección biotecnológicos, concretamente aquellos que se

presentan en forma de kits de detección de fácil uso. Estos sistemas son de extrema utilidad en ensayos de campo (ganadería y agricultura) en los que, al menos un primer screening, permite la discriminación entre presencia o ausencia del agente nocivo. En la mayoría de los casos la utilización de estos kits de detección no requiere de una mano de obra altamente especializada, lo que lógicamente abarata el coste del análisis y aumenta su oportunidad de aplicación.

Otra aplicación interesante de alguno de estos sistemas es la posibilidad de ser incluidos en los procesos productivos sin afectar al normal desarrollo de la producción y permitiendo una monitorización en tiempo real, como ocurre en el caso de algunos biosensores aplicados a procesos de fermentación.

En otras ocasiones las ventajas vienen derivadas de la elevada sensibilidad del sistema de detección, como el caso de determinados biosensores con sofisticados sistemas de amplificación y transducción de señal, o el ya comentado de detección de trazas de ADN mediante PCR.

En ocasiones, las técnicas biotecnológicas de análisis vienen a suponer un considerable abaratamiento sobre las técnicas disponibles como es el caso de la detección de acrilamida que habitualmente se realiza mediante HPLC-MS o GC-MS. En la actualidad se han desarrollado métodos ELISA para la detección y cuantificación de acrilamida en alimentos, con un coste realmente inferior al de las técnicas convencionales.

Sin embargo, en muchos casos estas tecnologías se encuentran con barreras para su implantación en la agroalimentación. Con independencia de las que son inherentes a la propia tecnología, algunos factores externos influyen en su relativamente bajo impacto en la industria. En este sentido, las normativas para análisis de determinados contaminantes y plaguicidas o fármacos, establecen metodologías específicas con instrumentación específica para el estudio de determinados analitos, especialmente en el caso

de los límites máximos de residuos (LMR). Este hecho dificulta la implementación de estas tecnologías en la industria que ve como pese a ser potentes instrumentos, no están recogidos en la legislación. Esta situación va cambiando despacio, y algunas nuevas normativas sólo recogen la exactitud, la precisión y el límite de detección que debe reunir el método analítico sin

especificar la instrumentación. Éste es el caso del RD 140/2003 sobre criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

En la tabla 8 se reflejan todos aquellos agentes nocivos que hasta la fecha han podido ser detectados y/o cuantificados mediante técnicas biotecnológicas.

Agentes que amenazan la inocuidad	Sistemas de detección biotecnológicos			
	Biosensores	PCR	ELISA	Inmunoblotting
Antinutrientes	•		•	
Alérgenos	•	•	•	•
Aditivos	•			
Plaguicidas	•		•	
Fertilizantes	•			
Fármacos	•		•	
Dioxinas, furanos y PCBs	•		•	
HAPs	•		•	
Metales pesados	•			
Virus	•	•	•	
Priones			•	•
Bacterias	•	•	•	
Toxinas marinas	•		•	
Toxinas bacterianas	•	•	•	
Micotoxinas	•		•	
Acrilamida			•	
Aminas biógenas	•	• *	•	

Tabla 8. Sistemas de detección y/o cuantificación de agentes nocivos basados en biotecnologías.

\* Se utiliza PCR para determinar la presencia de bacterias formadoras de aminas biógenas.

### 3.2. Detección de OMGs

Antes de hablar de la importancia de la detección de organismos modificados genéticamente, sería interesante comentar, aunque sea brevemente, las aportaciones con las que la propia tecnología de transformación genética (transgénesis) de animales y plantas puede contribuir al aumento de la seguridad alimentaria. Es notorio que la obtención de plantas resistentes a determinados insectos permite una reducción en la aplicación de determinados plaguicidas. De la misma forma, aunque quizá más controvertido, las plantas transgénicas resistentes a glifosato, de amplio espectro, permiten la utilización de menos

herbicidas. En el caso de plantas resistentes a condiciones extremas o de alta productividad, de nuevo la utilización de determinados fertilizantes se ve reducida. La reducción en los aportes de estos insumos a los cultivos redundará en una menor contaminación medioambiental y de forma indirecta en unos niveles de partida mejores de seguridad alimentaria.

Se calcula que para el año 2020, para satisfacer al mismo nivel que el actual las necesidades de alimentación de la población, las cosechas deberían aumentar en un 40% con un aumento anual de 1,3. Esto implica un aumento en la respuesta a fertilización en cuatro veces, y a riego



en dos veces. No parece viable semejante revolución sin la contribución de la biotecnología, y más especialmente la ingeniería genética a los sistemas de producción.

Sin embargo, estas tecnologías comportan una serie de riesgos potenciales no sólo medioambientales, sino también para la salud humana, y por tanto a tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. En este sentido cabe destacar los esfuerzos que la biotecnología está realizando en la selección asistida por marcadores moleculares, que está ofreciendo excelentes resultados en programas de

mejora convencional encaminados a la obtención de nuevas variedades resistentes. En este caso la transferencia horizontal de material genético se realiza entre variedades o especies próximas mediante cruzamientos, metodología culturalmente aceptada y tradicionalmente contrastada en cuanto a su seguridad.

La legislación europea en materia de OMGs es muy estricta en cuanto a la aprobación de nuevas variedades y en cuanto al etiquetado de los alimentos que los contienen. Las principales disposiciones referentes a este tema se recogen a continuación:

### LEGISLACIÓN EUROPEA EN MATERIA DE ETIQUETADO DE OMGs

**Directiva 2001/18/EC** del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de marzo de 2001 sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente y por la que se deroga la Directiva 90/220/CEE del Consejo. Esta directiva es el principal instrumento legislativo en virtud del cual las diseminaciones experimentales y el comercio de OMG y de productos que contengan OMG son autorizados en la Comunidad Europea.

**Reglamento (CE) 1829/2003** del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre alimentos y piensos modificados genéticamente (Texto pertinente a efectos del EEE). Este reglamento se aplica desde el día 18 de abril de 2004 y deroga los Reglamentos 1139/98, 49/2000 y 50/2000.

**Reglamento (CE) 1830/2003** del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE.

Lo más destacable de la nueva normativa referente al etiquetado de alimentos que contengan OMGs es que se endurecen los requerimientos sobre etiquetado, de modo que su obligatoriedad es total con independencia de cualquier circunstancia. Hasta su entrada en vigor sólo era obligatorio el etiquetado indicando que el alimento podía contener OMGs cuando se podía detectar en el alimento el material genético modificado o bien las proteínas procedentes de esa modificación, quedando excluidos, por ejemplo, aquellos alimentos donde no podían encontrarse ambos materiales, como el caso de lecitinas, aceites refinados, jarabes de glucosa, etc.

El Reglamento relativo a trazabilidad y etiquetado de OMGs se aplicará en todas las fases de la comercialización sobre los productos que contienen o están compuestos por OMGs, los alimentos y los piensos producidos a partir de OMGs. Los productos preenvasados, que contienen o están compuestos por OMGs, deberán comercializarse con una etiqueta

en la que conste la siguiente indicación «Este producto contiene (nombre del o de los organismos) modificado genéticamente».

A partir del nuevo Reglamento (CE) 1829/2003 el productor de cualquier alimento deberá conocer a partir de los certificados de sus proveedores si una materia prima contiene OMGs y etiquetarlo en consecuencia. En definitiva la responsabilidad recae sobre todos y cada uno de los elementos de la cadena productiva.

Se requieren por tanto elementos de análisis que permitan perseguir y evitar el fraude y que además permitan un control en cada uno de los puntos de la cadena.

Las únicas tecnologías eficaces en la detección de OMGs son las técnicas de biología molecular ya comentadas anteriormente: PCR, ELISA, Inmublotting y Southern Blot.

### 3.3. Identificación de Especies

Las técnicas analíticas utilizadas en la determinación del origen de un producto, en concreto la especie animal o vegetal a partir de la que ha sido elaborado, son de gran importancia en el ámbito de la seguridad y calidad alimentarias. Fundamentalmente, permiten la detección de casos de fraude económico. En ocasiones se encuentran a la venta ciertos alimentos de calidad inferior bajo denominaciones y con un coste propios de productos de alta gama.

Además, cuando se modifica la composición característica de un alimento —mediante la sustitución de sus ingredientes habituales por materia prima de menor precio— sin indicarlo en el etiquetado pueden originarse problemas de salud, como por ejemplo reacciones alérgicas, o conflictos religiosos y/ o culturales entre los consumidores<sup>28</sup>.

Para la identificación de la especie de procedencia es necesario disponer de marcadores bioquímicos, es decir, moléculas específicas de ese animal o vegetal (ácidos nucleicos, proteínas,...) que permitan su discriminación frente a especies similares. Asimismo, según la técnica de análisis seleccionada y la muestra de alimento sometida a estudio puede ser deseable que dichos marcadores presenten cierta estabilidad a los tratamientos propios (pasteurización, ultracongelación) del procesado industrial.

Algunos de los productos relacionados con mayor frecuencia con fraudes alimentarios son:

- Derivados cárnicos, en especial, aquellos elaborados a partir de mezclas de carne. Se han desarrollado distintos métodos analíticos para establecer el origen de estos productos. Muchos de ellos utilizan como marcadores proteínas características de cada especie animal:

- Proteínas miofibrilares que forman parte del tejido muscular esquelético: troponina I (termoestable) presente solo en la carne de cerdo<sup>29</sup>.

- Proteínas con un grupo hemo: hemoglobinas, mioglobinas y citocromos C. Con el estudio de los distintos patrones de estas proteínas pueden diferenciarse los tipos de carne utilizados en un producto (porcino, vacuno...)<sup>30</sup>.

- Pescados, mariscos y derivados. La identificación de las distintas especies puede resultar complicada en productos congelados, precocinados, ahumados o en conserva así como en los texturizados (surimi) y se encuentra regulada por el R.D. 1380/2002, de 20 de diciembre. Los estudios más comunes se llevan a cabo para diferenciar los siguientes animales: atunes y bonitos, peces planos como el lenguado, la platija, la solla o el fletán, distintos tipos de merluzas, varias clases de calamares y almejas y otras especies de interés comercial (sardina, boquerón, arenque, mero, rape, caballa...).

- Productos lácteos donde el fraude puede deberse a la sustitución de las proteínas de la leche por proteínas de soja (glicinina y  $\beta$ -conglucina) de menor coste<sup>31</sup> o bien por el uso no declarado de leche de vaca en la fabricación de quesos y otros derivados de oveja o cabra. En este último ejemplo la presencia de  $\beta$ -lactoglobulina A es un indicador de que se ha añadido este tipo de leche<sup>32</sup>.

- Miel. La evaluación de ciertas moléculas puede contribuir a establecer el origen geográfico y botánico de este alimento. Por ejemplo, la presencia de proteínas del polen en niveles traza junto con el perfil de flavonoides y de compuestos fenólicos derivados del ácido cinámico pueden dar idea de la especie vegetal de procedencia. También se han descubierto marcadores para cada tipo de miel; la hesperetina y el metilantranilato se relacionan con la miel de cítricos<sup>33</sup>.

<sup>28</sup> Wissiack, R.; de la Calle, B.; Bordin, G.; Rodríguez, A. R. (2003). "Screening test to detect meta adulteration through the determination of hemoglobin by cation exchange chromatography with diode array detection" *Meat Science*, 64, pág. 427-432.

<sup>29</sup> Chen, F. C.; Peggy Hsieh, Y-H. (2002). "Porcine troponin I: a thermostable species marker protein" *Meat Science*, 61, pág. 55-60.

<sup>30</sup> Wissiack, R.; de la Calle, B.; Bordin, G.; Rodríguez, A. R. (2003). "Screening test to detect meta adulteration through the determination of hemoglobin by cation exchange chromatography with diode array detection" *Meat Science*, 64, pág. 427-432.

<sup>31</sup> López-Tapia, J.; García-Risco, M. R.; Manso, M. A.; López-Fandiño, R. (1999). "Detection of the presence of soya protein in milk powder". *Journal of Chromatography A*, 836, pág. 153-160.

<sup>32</sup> Cartoni, G.; Coccioli, F.; Jasionowska, R.; Masci, M. (1999). "Determination of cows' milk in goats' milk and cheese by capillary electrophoresis of the whey protein fractions" *Journal of Chromatography*, 846, pág. 135-141

<sup>33</sup> Alam, E. (1998). "A review of analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey" *Food Chemistry*, vol 63, nº 4, pág. 549-562.

La tabla 9 recoge varios ejemplos de marcadores bioquímicos utilizados en la identificación de especies. Además, algunas de estas moléculas de naturaleza proteica se relacionan con problemas de hipersensibilidad en la población (proteínas de la soja y proteínas del lactosuero como las  $\beta$ -lactoglobulinas).

Marcadores bioquímicos	Peso molecular (kD)	Origen
Troponina I	24	Carne de cerdo
$\beta$ -lactoglobulina A	36	Leche de vaca
Glicinina $\beta$ -conglucina	320-360 370	Soja
Hesperetina Metilnitrilato	— —	Miel de cítricos

Tabla 9. Marcadores bioquímicos específicos de diversos alimentos o productos relacionados con ellos.

### 3.4. Biotecnología aplicada a la conservación

La conservación de alimentos es uno de los aspectos clave de la seguridad alimentaria. Son dos las contribuciones que la biotecnología hace a este campo: las bacteriocinas y la prolongación de la vida útil de frutas.

#### 3.4.1. Bacteriocinas

Las bacteriocinas son péptidos de origen microbiano, de pequeño tamaño, con propiedades antimicrobianas y un gran potencial como agentes conservantes naturales en alimentos. Las más conocidas son la nisina, la pediocina y la lactococcina.

Estas sustancias biológicamente activas son sintetizadas por bacterias ácido-lácticas. Su efecto microbicida lo ejercen contra especies estrechamente relacionadas con la cepa productora de la bacteriocina. También actúan frente a otros microorganismos entre los que se encuentran muchas bacterias alterantes y patógenas frecuentes en los productos alimenticios.

Su mecanismo de acción consiste en destruir la membrana plasmática microbiana mediante la formación de poros. Para ello, estos péptidos se unen a los fosfolípidos de la membrana con interacciones electrostáticas. Posteriormente se insertan en ella y originan agregados proteicos a

partir de los cuales se forman los poros. A través de dichos poros se produce la salida de multitud de compuestos imprescindibles para la célula (protones y otros iones, ATP, aminoácidos) lo que desencadena su muerte debido a la inhibición de la síntesis de macromoléculas y la producción de energía.

Gracias a sus propiedades antimicrobianas las bacteriocinas pueden emplearse como agentes conservantes en alimentos. De hecho, algunas de ellas ya se utilizan en productos lácteos, carnes y vegetales mínimamente procesados.

En un futuro próximo los aditivos químicos podrían reemplazarse por estas sustancias naturales que producen microorganismos considerados seguros para la salud. Además, se trata de compuestos que hidrolizan las enzimas gástricas y que no generan metabolitos tóxicos al degradarse, de manera que su inactivación e inocuidad en el organismo queda garantizada.

Entre las características de las bacteriocinas destacan su resistencia a las altas temperaturas, la acidez y la baja actividad de agua lo que amplía el número de productos donde serían aplicables. Asimismo, cuando se utilizan bacteriocinas parcialmente purificadas se minimizan los cambios de textura y sabor en los alimentos.

La aplicación de técnicas biotecnológicas en este campo ha permitido conocer las características bioquímicas y genéticas y el mecanismo de acción de muchas bacteriocinas, la caracterización e identificación de las cepas productoras así como

disponer de microorganismos genéticamente modificados para la síntesis de mayores volúmenes de estas sustancias que cubran la demanda comercial<sup>34</sup>.

### 3.4.2. Prolongación de la vida útil

La prolongación de la vida útil de frutas incide de forma indirecta en la seguridad alimentaria, a través de la obtención de productos más resistentes a la contaminación bacteriana, por tener inhibido el proceso de maduración. Las estrategias para conseguir este retraso en la maduración son diversas. Por un lado, se han obtenido plantas transgénicas con genes que intervienen en la estructura de la pared, confiriendo a los frutos una mayor resistencia física y una protección frente a la infección bacteriana. Mediante tecnología antisentido se han logrado plantas en las que se consigue el bloqueo de la síntesis de etileno, hormona responsable de la maduración. Por último, y también mediante tecnología antisentido, se ha conseguido bloquear la acción de genes de

senescencia que intervienen en la maduración del fruto antes y después de la cosecha.

En todos los casos el resultado es un producto mucho más resistente a la podredumbre por la acción de los microorganismos, y que presenta unos niveles de higiene considerablemente superiores a los de frutos no transformados.

## 3.5. Biotecnología aplicada al envasado

Se están obteniendo mediante procedimientos biotecnológicos nuevos materiales bioplásticos producidos a partir de microorganismos y plantas genéticamente modificados, con unos rendimientos espectaculares. Estos bioplásticos, no sólo suponen un método de envasado respetuoso con el medio ambiente, sino que además presentan unas características de barrera activa, que permiten una mejor conservación del producto y un aumento de su seguridad.

---

<sup>34</sup> González-Martínez, B. E.; Gómez-Treviño, M.; Jiménez-Salas, Z. (2003). Bacteriocinas de probióticos. Revista Salud Pública y Nutrición, vol. 4, nº 2.

## NUTRIGENÓMICA POR EL DR. ANDREU PALOU

*Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular. Universitat de les Illes Balears*

Nuestra salud, bienestar y longevidad están muy relacionados con la diversidad bioquímica de los alimentos que comemos. **La Nutrigenómica es el estudio de cómo interacciona la información de los alimentos con la de los genes, y sus consecuencias**, relacionando la investigación genómica y biotecnológica con la nutrición, proporcionando así nuevos desarrollos en el campo de la alimentación y la salud. La nutrigenómica utiliza las nuevas tecnologías técnicas (transcriptómica, proteómica, metabolómica) y surge de los rápidos avances en el conocimiento de los genes que conforman el genoma, de sus mecanismos de regulación y del conocimiento de cómo ciertos componentes de los alimentos inciden en estos sistemas, así como gracias a los avances en el conocimiento de la bioquímica humana y en particular el metabolismo. Posibilita dotar de un valor añadido a los conocimientos epidemiológicos y a los contenidos clásicos de la nutrición y conferir a esta ciencia una sólida capacidad predictiva.

**Hasta hace poco considerábamos a los alimentos que ingerimos poco más que meramente como una fuente de energía y de elementos estructurales**, y en relación a unos requerimientos esenciales de vitaminas y minerales que creíamos bien establecidos. Sin embargo, hay un creciente conocimiento de nuevas propiedades de estos nutrientes, y de los alimentos como fuente de numerosas otras moléculas bioactivas, reguladoras, que están contenidas en los alimentos o se forman a partir de ellos, y que son capaces de interactuar con genes, proteínas y otras biomoléculas, implicadas en la regulación metabólica, en procesos como la transcripción, traducción o modificaciones posteriores, en la activación directa de procesos bioquímicos, etc. De este modo, **ciertos componentes alimentarios y dietas resultan ser capaces de decantar adaptaciones de nuestro organismo** en el sentido de favorecer o prevenir determinadas enfermedades crónicas u otras alteraciones, al afectar el mantenimiento del equilibrio homeostático determinante de las condiciones de salud y bienestar.

**La Nutrigenómica permitirá mejorar tanto la seguridad como la eficacia de los alimentos.** Permite acceder a un nivel de comprensión más preciso de las influencias de los alimentos y sus componentes en nuestros sistemas homeostáticos, con nuevas aproximaciones para la **determinación de efectos, beneficiosos o adversos, en fases precoces**; por ejemplo, anticipadamente al desarrollo de una enfermedad. Así, la nutrigenómica contribuirá a optimizar el diseño de estrategias alimentarias para recuperar y mejorar la homeostasis metabólica, mejorar la salud y el

bienestar y prevenir enfermedades crónicas relacionadas con la dieta. Ello incluye la alimentación dirigida a subgrupos de población e incluso dietas inteligentes, individualizadas, diseñadas de acuerdo con las demandas específicas de genotipos individuales y de su historia. Por ejemplo, cabe pensar (ya existen iniciativas empresariales) que a partir de una pequeña muestra de sangre o a partir de otro tipo de muestra fácilmente obtenible, se pueda efectuar fácilmente y con rapidez una prospección técnica (transcriptómica, proteómica, metabolómica) y contrastar los resultados con los del DNA del individuo, para así poder obtener una **selección inteligente de dietas variadas, saludables y apetecibles** (recomendables para, por ejemplo, los próximos 10-20 días), equilibradas en macronutrientes y micronutrientes y con la carga óptima de compuestos bioactivos.

**Las principales dificultades que deberán superarse** tienen su raíz en la propia complejidad de los alimentos y prácticas alimentarias, y en la propia complejidad de nuestros sistemas metabólicos y sus finas inter-regulaciones, así como los problemas de percepción social, cuestiones éticas e implicaciones económicas y sociales.

Nuestra dieta es omnívora y consiste en toda una variedad de plantas, animales y aguas, así como hongos, levaduras y una diversidad de bacterias. **La mayoría de alimentos son una vasta mezcla** de bastantes nutrientes y otras sustancias bioactivas, a menudo con acciones sinérgicas, y de numerosos otros componentes, incluyendo tóxicos naturales de los alimentos, microorganismos, contaminantes, aditivos, sustancias formadas en el cocinado, etc. Además, la propia alimentación no es independiente de varios otros factores, la actividad física, sentimientos y emociones, factores económicos, sociales, y otros. El desarrollo y aplicaciones de la nutrigenómica están vinculados al creciente desarrollo de las tecnologías de la información, y discurren en paralelo a otras disciplinas como la farmacogenómica. Dependerán de los desarrollos económicos que permitan nuevas cotas de calidad de vida, de la percepción, aceptación o no, o grado de entendimiento de la nutrigenómica por la sociedad, industria, diferentes grupos y personas, los cuales pueden apreciar las posibilidades de la nutrigenómica de modos muy diferentes. Cuestiones éticas asociadas a la genómica son también de aplicación aquí. En realidad, también hace falta más investigación sobre las implicaciones post-comercialización de los desarrollos nutrigenómicos.

**Tratar los sistemas metabólicos y los productos alimentarios como piezas aisladas puede ser útil sólo a efectos de estudio o por**

**conveniencias descriptivas o expositivas.** Sin embargo, nos enfrentamos a una muy compleja red de enlaces e interacciones que dificulta cualquier simplificación. **El sistema de control del peso corporal es un buen ejemplo.** Nuestro organismo está mejor preparado para defenderse de la pérdida de peso que para combatir la ganancia de peso, probablemente porque durante miles de años hemos evolucionado bajo condiciones de escasez de alimento. Elementos clave en este sistema son: *el control de la ingesta*, que determina las sensaciones de saciedad y hambre dependiendo de una interacción entre señales internas (como la leptina) y factores medioambientales, y el control de la *eficiencia energética*, que puede ser regulada fisiológicamente haciendo posible disipar en forma de calor la energía de los alimentos, en lugar de acumularla en forma de grasa. Otros elementos importantes en este sistema son el control de la *adipogénesis*, el proceso por el cual las células precursoras no diferenciadas o los adipocitos se convierten en adipocitos maduros, y el *control de la partición de nutrientes* entre los tejidos, que condiciona ampliamente el desarrollo de depósitos grasos y la expansión del tejido adiposo. La obesidad puede ocurrir como resultado de cambios en estos procesos, características genéticas o adquiridas en gran medida por la acción de los alimentos. Asistimos a un conocimiento creciente de como diferentes componentes de los alimentos actúan sobre dianas específicas de este sistema cuya respuesta homeostática se ve influenciada por numerosas variantes en más de dos centenares de genes.

**Otros ejemplos de enfermedades crónicas de gran impacto**, económico y social, son la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, diversos tipos de cáncer y enfermedades autoinmunes, cuya profusión está en gran parte relacionada con la alimentación y que sabemos que con ella, en buena parte, puede prevenirse. La elaboración de mapas físicos y de *linkage* genético, combinados con técnicas para catalogar bases de datos masivas de información genética, permitirán descubrir genes que interaccionan con la dieta afectando el desarrollo de enfermedades. Posiblemente, el desarrollo de modelos refinados de mecanismos de enfermedades, basados en el conocimiento genómico podrá proporcionar nuevas líneas de investigación, y nuevos objetivos nutricionales.

**Los desarrollos y legislación en materias de alimentación en Europa** han experimentado cambios profundos durante los últimos ocho años, no ajenos a las crisis de seguridad alimentaria, y, probablemente, un referente principal ha sido el de incluir la evaluación científica de las cuestiones, como base para la toma de decisiones. En abril de 1997 la Comisión Europea (CE) reorganizó los comités de asesoramiento científico en materia alimentaria, incluido el Comité Científico de la Alimentación Humana (Scientific Committee on

Food, SCF) en un proceso que se ha completado con la creación formal de la EFSA (European Food Safety Authority) a finales de 2002. El proceso de armonización europea ha avanzado en campos diversos (aditivos, contaminantes, nuevos alimentos, suplementos nutricionales, aguas minerales naturales, entre otros). Así por ejemplo, cualquier alimento o ingrediente alimentario que no haya sido consumido de forma significativa en la U.E. antes del 15 de mayo de 1997 debe obligatoriamente ser evaluado respecto de su seguridad, de acuerdo con la legislación Europea de *Novel Foods*. En la evaluación científica de los potenciales riesgos de seguridad, especialmente a largo plazo, la nutrigenómica se prevé que jugará un papel importante. Por ejemplo, tests nutrigenómicos, desarrollados en sistemas *in vitro*, susceptibles de representar amplios espectros genéticos, servirán para evaluar de modo más preciso la seguridad de los nuevos alimentos y componentes alimentarios.

Durante estos años, frente a los problemas y cuestiones emergentes, **el énfasis en Europa se ha puesto casi exclusivamente en garantizar la seguridad** (la inocuidad de los nuevos alimentos y sus componentes y los procesos de obtención de los mismos), un aspecto esencial que continuará siendo el eje de todos los análisis pero al que prevemos se va a añadir una creciente consideración de los posibles beneficios asociados a los alimentos y sus componentes, en relación con la salud, tanto para la población general como para determinados subgrupos particulares de población. Ello responde a la realidad de los consumidores cada vez más interesados en cómo la alimentación puede mejorar su salud. La industria alimentaria ha reaccionado en primer lugar, proporcionando una información nutricional más detallada en el etiquetado y, con frecuencia, publicitando, con más o menos rigor, efectos beneficiosos de alimentos o sus componentes. Se habla de alimentos funcionales o, sería más apropiado, alimentos con propiedades saludables, aunque hay cierta confusión. A la hora de desarrollar estos alimentos, además de la seguridad **hay que considerar la eficacia**. En este sentido va el proyecto de Reglamento relativo a las declaraciones sobre propiedades nutritivas y saludables de los alimentos, incluidos los complementos alimenticios, que la Comisión Europea adoptó en julio de 2003, que se está discutiendo en el Parlamento y que en la práctica se irá desarrollando a partir de principios de 2006. Implica una gran dosis de seguridad jurídica para la industria, al **precisar las condiciones de utilización de las declaraciones sobre propiedades nutritivas y saludables de los alimentos**, prohibir algunas y al obligar a evaluar científicamente la utilización de las declaraciones en función del perfil nutricional de los productos alimenticios. Sólo se prevé autorizar a escala comunitaria las declaraciones que puedan

demostrarse, tras haber sido objeto de una evaluación por parte de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Los fabricantes podrán destacar la posible influencia de un producto alimenticio o de alguno(s) de sus componentes en determinados beneficios como la reducción del riesgo de enfermedades. Si se produce una correcta implementación de las normas, los consumidores podrán fiarse de las declaraciones. Por ello **se prevé un incremento del sector de alimentos relacionado con propiedades beneficiosas para la salud** acompañado, en particular, por un notable aumento de la I+D por parte del sector privado ya que sin ello las empresas carecerán de oportunidades.

La complejidad de los propios alimentos, la falta de concreción de los perfiles nutricionales en esta primera oleada de legislación europea y las particularidades de diferentes grupos de población y aun las individuales, ponen de relieve un gran reto a medio plazo, el de **conectar la nutrigenómica con los alimentos y no sólo con determinados componentes de los mismos**.

Una de las características de los alimentos, a diferencia de los medicamentos, es que deben ser seguros para prácticamente toda la población. Sin embargo, existen notables diferencias entre los diferentes subgrupos de población, sexo, edad, situación fisiológica (embarazo, lactancia), junto a las diferencias genéticas individuales. La evaluación de la seguridad en los enfoques toxicológicos habituales se basa, por lo general, en datos experimentales derivados principalmente de investigaciones sobre animales de laboratorio, en los que pueden experimentarse y analizar los efectos de diferentes dosis de una sustancia, cientos de veces superiores a las que van a ser de uso habitual en humanos. Si la acción biológica de una sustancia ha sido determinada mediante una serie de pruebas sobre animales de laboratorio, los márgenes de seguridad que pueden aplicarse razonablemente en humanos pueden ser estimados mediante una cuidadosa extrapolación. Esta aproximación no es fácilmente aplicable a alimentos completos o a ingredientes mayoritarios, ya que no es posible administrarlos en cantidades muy superiores a las de consumo habitual. Además, en las sociedades avanzadas, hoy nos enfrentamos a demandas (optimización de la salud, bienestar, funciones mentales o placenteras) que hasta hace poco eran consideradas muy secundarias en poblaciones más preocupadas por la disponibilidad de alimentos que por sus propiedades saludables adicionales.

En nutrigenómica, nos gustaría que la descripción de los genes/expresión génica/proteínas/metabolitos en una persona nos permitiese **predecir las posibles desviaciones de su homeostasis ya en las personas sanas**, es decir, antes de que los sistemas hubieran quedado irreversiblemente decantados hacia el desarrollo, a

corto, medio o largo plazo, de enfermedades. Para hacer realidad este sueño, las actuales herramientas habitualmente aplicadas al análisis de datos son todavía insuficientes: necesitamos **nuevas aproximaciones informáticas/matemáticas en nutrigenómica**.

**Las aplicaciones biotecnológicas en alimentación** han tenido y tienen que afrontar injustificados recelos en Europa, con legislaciones (que, por ejemplo, no existen en Norteamérica) que implican rigurosos procesos de evaluación científica de los nuevos productos en cuanto a posibles riesgos, incluso los planteados sólo en el plano teórico y no como resultado de efectos adversos conocidos. El desarrollo ha sido y es lento para las innovaciones en cultivos agrícolas y alimentos transgénicos, ante consumidores indiferentes a beneficios genéricos como el aumento de la productividad o el ahorro de espacio cultivado. Los consumidores serán más sensibles al desarrollo de alimentos transgénicos funcionales con mejoras nutricionales y propiedades saludables (al igual que ocurre con medicamentos producidos mediante ingeniería genética) cuyos beneficios son percibidos más directamente. Los detractores hacen hincapié en los efectos no intencionados/no esperados, incertidumbres que siempre acompañan cualquier novedad tecnológica. La aproximación a estos efectos, incluso los que por definición son imprevisibles, sólo puede provenir de la aplicación de técnicas potentes y de amplio espectro, como las técnicas capaces de describir los sistemas modificados en su práctica totalidad.

En Europa, NuGO (**European Nutrigenomics Organisation**; *Network of Excellence: Linking genomics, nutrition and health research*. FOOD-CT-2004-506360 NUGO (NOE): <http://www.nugo.org/everyone>) es una red de investigación y desarrollo financiada por la CE, enfocada en la prevención de las enfermedades crónicas mediante la optimización y el mantenimiento de la homeostasis a nivel celular, tisular, órganos y organismo completo. La consecución de este objetivo requiere la comprensión de la interacción de los nutrientes en el organismo, a nivel génico, proteómico y metabolómico y, en último término, su regulación.

Actualmente, se dan las condiciones óptimas para que tanto la ciencia básica como sus aplicaciones puedan beneficiarse del uso de las técnicas, que están cambiando los paradigmas de la investigación y desarrollo en agroalimentación y salud. De modo que creemos que NuGO permitirá que la investigación en nutrición pueda complementar plenamente la investigación biomédica y farmacológica que ya están utilizando estas nuevas tecnologías para el desarrollo de terapias curativas. Puede decirse que **la nutrigenómica constituye la siguiente frontera tecnológica y comercial que emerge de la genómica**.

## 4. Técnicas biotecnológicas en seguridad alimentaria y trazabilidad de los alimentos

### 4.1. Enzyme-Linked Immunoassay (ELISA)

Es un método de detección basado en la especificidad de la reacción antígeno-anticuerpo. Permite la detección de distintas sustancias antigénicas mediante la unión de anticuerpos específicos que directa o indirectamente producen una reacción cuyo producto es visible y puede ser medido. Esta reacción se produce debido a que el anticuerpo lleva unida (conjugada) una enzima, que suele ser peroxidasa de rábano o fosfatasa alcalina, que en presencia del sustrato adecuado genera un producto coloreado.

Los anticuerpos son proteínas sintetizadas por el sistema inmunológico como respuesta a la presencia de una sustancia extraña o antígeno, que se unen de manera selectiva a esta sustancia. Pueden ser monoclonales, que son aquellos que reconocen una región concreta de un antígeno, o policlonales que son aquellos que reconocen distintas regiones del antígeno.

De manera general el método que se utiliza es la inmovilización del antígeno sobre un sustrato generalmente plástico. Lo más frecuente es utilizar placas multipocillo, que contienen distinto número de pocillos y pueden leerse de manera automática con lectores de placas, aunque pueden utilizarse otros soportes como tubos, tiras de nitrocelulosa o paletas, por ejemplo. La técnica consta de una serie de etapas que se describen a continuación:

- Inmovilización del antígeno. Se deposita la muestra en un pocillo y se incuba de modo que los antígenos tapicen la superficie del mismo.
- Tapizado con una proteína no específica para bloquear los huecos que quedan sin tapizar por el antígeno con el fin de evitar la unión inespecífica de los anticuerpos.
- Adición de los anticuerpos. Estos anticuerpos se unirán a aquellos antígenos específicos que se encuentren unidos en la superficie del pocillo.

- Tras varios lavados para eliminar aquellos anticuerpos que no se hayan unido, se procede a añadir el sustrato específico de la enzima conjugada al anticuerpo. Por la acción de esta enzima sobre el sustrato se produce la aparición de un producto coloreado cuya concentración puede medirse y si se dispone de una recta patrón relacionarse con una concentración determinada.

En ocasiones no se dispone de anticuerpos específicos contra una sustancia determinada conjugados con enzimas, por lo que es necesario realizar un ELISA indirecto, utilizando un segundo anticuerpo conjugado con una enzima que se une al anticuerpo primario.

Sobre este esquema general se pueden hacer distintas modificaciones. En ocasiones, en lugar de inmovilizar el antígeno se inmoviliza el anticuerpo, como por ejemplo cuando la concentración de antígeno es pequeña o no es posible realizar su inmovilización.

### 4.2. Immunoblotting o Western Blot

Es una técnica inmunoenzimática que se utiliza para la detección de proteínas. Se basa en la separación de las proteínas de una muestra en función del tamaño mediante una electroforesis en condiciones desnaturizantes y una detección posterior con anticuerpos específicos contra la proteína que se desea detectar. Permite determinar el contenido relativo de proteínas presente en diferentes muestras.

El método consta de distintas fases:

- Separación mediante electroforesis en geles de poliacrilamida y SDS de las proteínas. El SDS es un agente desnaturizante de proteínas que provoca la ruptura de los enlaces que mantienen la estructura de las mismas, de modo que adquieren todas la misma forma. Además les



proporciona carga neta negativa, de modo que la separación se realiza en función del tamaño.

- Transferencia de las proteínas a una membrana de nitrocelulosa.
- Incubación de la membrana con proteínas inespecíficas para bloquear los sitios de unión de anticuerpos a la membrana.
- Adición de un anticuerpo primario contra las proteínas que se quieren detectar.
- Adición de un anticuerpo secundario conjugado con una enzima, que reconoce al anticuerpo primario.
- Revelado.

### 4.3. Southern Blot

Es una técnica de hibridación que se utiliza para la detección de secuencias de ADN concretas dentro de una mezcla compleja. Consiste en la separación de fragmentos de ADN en función del tamaño mediante una electroforesis en geles de agarosa, su transferencia a membranas de nitrocelulosa o nylon y posterior incubación con sondas de ADN complementarias a las regiones que se desea detectar. Estas sondas en caso de que existan fragmentos complementarios hibridarán con ellos pudiéndose detectar marcaje. Las etapas de las que consta esta técnica son:

- Fragmentación del ADN problema mediante endonucleasas de restricción.
- Electroforesis en condiciones desnaturalizantes con urea o formaldehído para obtener ADN de cadena sencilla.
- Transferencia a una membrana de nylon o nitrocelulosa. Una vez las bandas se han transferido a la membrana es necesario fijarlas de manera irreversible mediante tratamiento a 80-85 °C en el caso de las membranas de nitrocelulosa o con luz ultravioleta en el caso de las membranas de nylon.
- Prehibridación de la membrana con ADN heterólogo para bloquear los sitios de unión que han quedado libres y evitar uniones inespecíficas de las sondas.
- Hibridación con la sonda y revelado del filtro para detectar con qué bandas ha hibridado la sonda.

### 4.4. Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR en sus siglas en inglés) es un método de análisis rápido y sencillo que permite la detección y amplificación de fragmentos específicos de ADN. La polimerasa es una enzima cuya actividad es la síntesis de una cadena de ADN complementaria a una cadena de ADN sencilla. Para ello necesita la presencia de pequeñas secuencias de ADN denominadas cebadores que deben ser complementarias de los extremos de la secuencia que se desea ampliar. La PCR consta de tres pasos que se repiten un número determinado de ciclos:

- Separación del ADN para que se encuentre en forma de cadena sencilla.
- Unión de los cebadores al ADN de cadena sencilla.
- Síntesis de la cadena complementaria de ADN a partir de los cebadores.

La repetición de estos ciclos hace que la cantidad del fragmento de ADN que se está amplificando aumente de manera exponencial, de modo que aunque se parta de una cantidad muy pequeña al final de un número determinado de ciclos se obtendrá una cantidad muy importante.

El diseño de los cebadores es muy importante y su especificidad dependerá del tipo de amplificación que se desee hacer, pudiendo utilizarse cebadores específicos, semiespecíficos o arbitrarios.

Pueden realizarse análisis por PCR de tipo cualitativo o cuantitativo.

#### 4.4.1. Análisis cualitativo de ADN mediante PCR

Este tipo de análisis permite detectar la presencia o ausencia de determinadas secuencias de ADN en una muestra, como secuencias características de determinados organismos o secuencias indicativas de la presencia de transformación genética, como en el caso de los OMGs.

#### Análisis de polimorfismos de los fragmentos de restricción (RFLP)

Es un método rápido de identificación basado en la aplicación de enzimas de restricción, que son enzimas que cortan la molécula de ADN en

determinados puntos denominados dianas. Dependiendo de la secuencia de nucleótidos de una molécula de ADN aparecerán distintas dianas y al tratarla con enzimas de restricción se originarán fragmentos de restricción de distinta longitud. Estos fragmentos pueden analizarse mediante técnicas de hibridación con sondas marcadas en membranas, permitiendo la detección de mezclas de especies.

Es un método rápido, con gran sensibilidad y no requiere un conocimiento previo de la secuencia de la muestra.

El inconveniente que presenta es que pueden existir variaciones intraespecíficas y en ocasiones puede ser poco repetitivo, ya que pequeñas variaciones en los protocolos dan como resultado grandes diferencias en los patrones.

#### **Análisis de polimorfismos de los fragmentos de restricción de satélites (SFLP)**

Es una variación del RFLP en la que se analizan los polimorfismos de los fragmentos de restricción de satélites. El ADN satélite se encuentra en los centrómeros de los cromosomas y se caracteriza por contener un número repetido de secuencias de longitud variable. Se utilizan para la identificación de especies híbridas o con una gran homología.

#### **Análisis de conformación de polimorfismos de cadena sencilla (PCR-SSCP)**

Esta técnica permite detectar diferencias puntuales en la secuencia de bases de una hebra de ADN. La técnica consiste en la amplificación mediante PCR de una secuencia concreta de una mezcla de ADN. Los productos de esta amplificación se desnaturalizan y se permite que vuelvan a renaturalizar rápidamente, favoreciendo la formación de apareamientos intracatenarios, que son dependientes de la secuencia de bases de la hebra de ADN y provocarán que ésta adquiera una conformación específica.

Mediante una electroforesis en condiciones no desnaturalizantes en un gel de poliacrilamida, se realiza la separación de estas moléculas en función de la forma, ya que todas tienen el mismo tamaño. De este modo se obtiene un patrón electroforético que puede compararse con patrones conocidos.

#### **Análisis de perfiles de ADN por amplificación aleatoria (RAPD)**

Se utilizan cebadores de tamaño pequeño y secuencia arbitraria con una especificidad de unión menor, lo que permite una amplificación de

secuencias al azar. El resultado de la amplificación mediante estos cebadores es un conjunto de fragmentos de distinta longitud en función de en qué lugares se encuentren las secuencias complementarias de los cebadores empleados. Estos fragmentos pueden ser empleados para construir mapas genéticos de gran variedad de especies.

Es una técnica muy empleada cuando se dispone de alta variedad de muestras con el fin de diferenciar especies sin información previa de su secuencia.

Las ventajas que presentan es que los cebadores son universales y no es necesario disponer de grandes cantidades de ADN, no es necesario utilizar sondas ni hibridaciones y son métodos relativamente sencillos y rápidos. Como inconvenientes presentan problemas de reproductibilidad.

#### **Amplificación multiplexada**

Permite la amplificación de más de una secuencia de una muestra de ADN. La detección e identificación de varias secuencias disminuye los tiempos de manipulación.

### **4.4.2. Análisis cuantitativo de ADN mediante PCR**

Este tipo de análisis permite cuantificar la cantidad total de una o varias secuencias de ADN presentes en una muestra. Es importante la utilización de este tipo de métodos, por ejemplo, para el etiquetado de los alimentos.

#### **PCR Anidada**

Se trata de una modificación de la PCR en la que en lugar de dos cebadores se utilizan cuatro, dos externos y dos internos. La amplificación se realiza en dos tandas. En la primera se utilizan los cebadores externos y se amplifica una secuencia de ADN, a partir de la cual se realiza una segunda ronda de amplificación con los cebadores interiores. Este método confiere una mayor especificidad y una mayor sensibilidad, por lo que es útil en los casos en los que se presupone que existe un bajo porcentaje de OMGs. Además, no requiere el aislamiento previo del ADN.

#### **PCR Competitiva**

Se utiliza un ADN competidor que tiene la misma secuencia complementaria al cebador, de modo que se amplifica el ADN diana de la muestra y el

ADN competidor. A partir de las cantidades obtenidas de ambos productos amplificados se estima estadísticamente la proporción real de ADN diana y de ADN competidor.

### PCR en tiempo real

Este sistema se basa en la medición de la fluorescencia emitida por una sonda específica del ADN diana marcada con un fluorocromo no radioactivo, que se añade a la reacción de PCR convencional y cuya emisión de fluorescencia depende directamente de la síntesis del nuevo ADN. La fluorescencia emitida es recogida a través de una fibra óptica y leída por un láser.

Mediante el registro del contenido de la emisión de fluorescencia en cada ciclo se puede monitorizar de manera continua el incremento de los productos amplificados durante la reacción de PCR.

### Dilución límite de PCR

Consiste en la dilución de la muestra de ADN a concentraciones conocidas hasta llegar al punto límite de la dilución, que se corresponde con el umbral de amplificación del ADN, permitiendo establecer una correlación con la cantidad de ADN presente en la muestra.

## 4.5. Secuenciación

La secuenciación del ADN se utiliza habitualmente como técnica de comprobación o confirmación positiva de la presencia de un ADN determinado, tras su detección por PCR. Por tanto, el material a detectar suele ser ADN amplificado producto de PCR. Habitualmente es utilizada en estudios de autenticación genética de alimentos, ya sea para autenticación de especies o detección de componentes de origen animal o vegetal no deseados.

Los diferentes tipos de secuenciación aplicados se basan en la técnica desarrollada por Sanger en 1974, basada en la utilización de análogos de base (dideoxy) marcados que provocan la finalización de cadena. La principal diferencia entre el método enzimático de terminación de cadena y el método automático de secuenciación radica, en primer lugar en el tipo de marcaje. En el método automático en vez de radiactividad se utiliza fluorescencia y lo habitual es realizar cuatro mezclas de reacción, cada una con nucleótido trifosfato (dTTP) marcado con un fluorocromo distinto. Este sistema permite automatizar el proceso de manera que es posible leer al mismo

tiempo los ADNs de nueva síntesis producto de las cuatro mezclas de reacción.

La segunda diferencia radica en el sistema de detección de los fragmentos de ADN. La detección del tipo de fluorescencia correspondiente a cada reacción se lleva a cabo al mismo tiempo que la electroforesis, de manera que los fragmentos de ADN de menor tamaño que ya han sido detectados se dejan escapar del gel. Este sistema permite aumentar el número de nucleótidos que se pueden determinar en cada electroforesis y, por consiguiente, en cada secuenciación.

La secuenciación de cadena simple consiste en la secuenciación de un fragmento de ADN, mediante una sola reacción. La secuenciación de cadena simple proporciona una excelente calidad de lectura, que en la mayoría de los casos alcanza una fiabilidad superior al 98%. El tamaño medio de las lecturas que se obtiene oscila entre las 650-700 pares de bases, y se realiza generalmente a partir de cebadores específicos utilizados durante la PCR. La secuenciación analítica consiste en la secuenciación completa de una de las cadenas del ADN de la muestra. Se recomienda esta modalidad de secuenciación cuando se desea obtener la secuencia completa de un producto de PCR o de un ADN clonado cuando el tamaño del amplificado o del inserto sea superior a 1 kilobase.

Existen diversas técnicas emergentes de secuenciación de ADN con diversas aplicaciones: secuenciación por hibridación (SBH), visualización directa por microscopía de fuerza atómica (AFM), secuenciación de molécula sencilla y secuenciación de nucleótido simple mediante suspensión en vacío. Dentro de ellas destacamos el FINS (Forensically Informative Nucleotide Sequencing). Es una técnica de secuenciación de ADN de muestras biológicas mediante la amplificación con marcadores fluorescentes de distinto color que permiten identificar la secuencia de nucleótidos. Se trata de un método indirecto por el que las secuencias obtenidas se comparan con secuencias pertenecientes a otras especies, lo que permite el análisis filogenético de las mismas. Se utiliza para la identificación de especies pesqueras de interés comercial, normalmente como método de confirmación tras la utilización de otras técnicas cualitativas de PCR.

## 4.6. Biosensores

Los biosensores son dispositivos de análisis compactos, que incorporan un elemento de reconocimiento biológico o biomimético asociado a un sistema de transducción que permite amplificar, almacenar y registrar la señal producida por la interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito<sup>35</sup>.

Como consecuencia de la interacción específica entre el elemento de reconocimiento y el analito se produce una variación en las propiedades físico-químicas que pueden ser variaciones de pH, transferencias de electrones, generación de calor, cambios de masa, cambios en las propiedades ópticas, etc. Estas variaciones dependen del tipo de elemento de reconocimiento que incorpora el biosensor.

De manera general los elementos de reconocimiento pueden clasificarse en función del tipo de interacción que se produce con el analito en biosensores de tipo biocatalítico y de bioafinidad. La elección de un tipo de elemento de reconocimiento u otro se hace en función del tipo de analito que se desee detectar.

Los elementos de tipo biocatalítico son los más utilizados y se basan en la utilización de biocatalizadores que pueden ser enzimas o sistemas enzimáticos aislados u orgánulos subcelulares, células o tejidos completos que contienen estos sistemas enzimáticos. Los biocatalizadores son elementos que favorecen que ocurra una reacción química en la cual a partir de uno o varios sustratos se forman uno o varios productos, sin que exista consumo del biocatalizador, que se regenera y puede ser utilizado de nuevo. Permiten detectar la presencia de alguno de los sustratos que participan en la reacción mediante la monitorización de la aparición de algún producto conocido o la desaparición de algún cosustrato conocido distinto de aquel sustrato que se quiere detectar<sup>36</sup>.

Los sistemas biocatalíticos son muy sensibles a determinadas sustancias tóxicas como insecticidas, herbicidas, detergentes o metales pesados cuya presencia puede inhibir su actividad de manera específica. Esta característica hace que puedan utilizarse para detectar la presencia de estos inhibidores, ya que si en presencia de los sustratos adecuados no se produce la aparición de los productos correspondientes significa que en la muestra existe una sustancia tóxica que inhibe la reacción.

Permiten detectar aditivos, plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, antinutrientes, toxinas, aminos biógenas, etc.

Los elementos de reconocimiento de bioafinidad se basan en la interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito de interés sin que exista consumo del analito o aparición de productos, sino que la interacción conduce a la formación de un complejo analito-elemento de reconocimiento. La formación de este complejo puede detectarse de manera directa monitorizando los cambios que se producen en la masa de la superficie en la que se encuentra inmovilizado el elemento de reconocimiento o por cambios en las propiedades de la luz que se producen como consecuencia de la unión del analito, o mediante el marcaje de uno de los elementos del complejo con enzimas, colorantes, etc. Existen distintos tipos de receptores de bioafinidad entre los que se incluyen anticuerpos, lectinas, receptores celulares, ácidos nucleicos, polímeros de impresión molecular, aptámeros y PNAs. Algunos de estos elementos se utilizan aislados de su medio natural e inmovilizados sobre la superficie del biosensor y otros se pueden utilizar en su medio natural (células completas que expresan receptores de membrana, etc)<sup>37</sup>.

Mediante este tipo de biosensores se puede detectar fármacos, aditivos, contaminantes orgánicos, alérgenos, toxinas y microorganismos.

<sup>35</sup> Velasco-García, M.; Mottram, T. (2003). Biosensor technology addressing agricultural problems. Review paper. *Biosystems Engineering*, vol. 84, nº 1, 1-12.

<sup>36</sup> Mello, L.D.; Kubota, L.T. (2002). Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries. *Food Chemistry*, nº 77, pág. 237-256.

<sup>37</sup> González-Rumayor, V.; García-Iglesias, E.; Ruiz-Galán, O.; Gago-Cabezas, L. (2005). Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria. CEIM/Dirección General de Universidades e Investigación.

El segundo constituyente del biosensor es el sistema de transducción, que detecta la variación que se produce en las propiedades físico-químicas como consecuencia de la interacción entre el analito y el elemento de reconocimiento y la transforma en una señal electrónica que puede ser amplificada, almacenada y registrada. En algunos casos la señal generada por el transductor no puede ser interpretada directamente y es necesario la utilización de herramientas informáticas que analicen esta señal y la traduzcan en la información requerida.

Existen distintos tipos de transductores y su elección se hace en función de cuál sea la variación en las propiedades físico-químicas que se produzca como consecuencia de la interacción entre el analito y el elemento de reconocimiento. Los principales tipos de transductores son:

- Electroquímicos. Detectan cambios en el potencial o el pH o la aparición de sustancias electroactivas.
- Ópticos. Detectan variaciones en las propiedades de la luz, como la absorción, fluorescencia, luminiscencia, dispersión o cambios en el índice de refracción. Incluyen transductores de resonancia de plasmones superficiales, resonancia de espejos, onda evanescente y optodos.
- Acústicos o piezoeléctricos. Detectan cambios directos de masa en la superficie del biosensor como consecuencia de la formación del complejo analito-elemento de reconocimiento.
- Termométricos. Detectan el calor generado en las reacciones enzimáticas exotérmicas.
- Nanomecánicos. Detectan la respuesta nanomecánica que se produce en la superficie del biosensor, que en este caso es una micropalanca, como consecuencia de la interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito.

#### 4.7. Otras técnicas

Existe una serie de técnicas analíticas no biotecnológicas de uso común en seguridad alimentaria a las que es conveniente hacer referencia ya que, en algunos casos, sirven como complemento a las técnicas biotecnológicas ya referidas y, en otros, suponen potentes

herramientas de proteómica aplicada a la seguridad alimentaria.

Así, por ejemplo, la identificación de proteínas mediante huella peptídica a través de la espectrometría de masas MALDI-TOF o mediante espectrometría de masas en tándem MS/MS, y sus aplicaciones a la secuenciación de péptidos han permitido la identificación y caracterización de determinadas proteínas de carácter tóxico y/o alergénico.

En la ionización MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization, desorción/ionización mediante láser asistida por matriz) los analitos cocrystalizados con una matriz apropiada son convertidos en iones mediante la acción de un láser. Esta fuente de ionización suele asociarse a un analizador de tiempo de vuelo (TOF, Time-Of-Flight) en el que los iones se separan en función de su relación masa-carga tras ser acelerados en un campo eléctrico. Al cocrystalizar con los analitos, la matriz, generalmente un ácido aromático sustituido, dificulta las interacciones analito-analito y actúa como intermediaria en el proceso de transferencia de energía del haz láser a los analitos. En el proceso de conversión de las moléculas neutras de analito a especies cargadas o iones (generalmente protonados), la matriz juega un papel fundamental al ceder protones a los analitos. Suele emplearse un láser de nitrógeno pulsado, que emite a 337 nm, para irradiar una pequeña área del portamuestras (algunos mm<sup>2</sup>) sobre el que ha cocrystalizado la mezcla muestra-matriz. La matriz absorbe energía del pulso láser y la transfiere a los analitos, los cuales se desorben e ionizan. En la detección de iones suelen emplearse multiplicadores de electrones secundarios que, mediante un proceso de avalancha, transforman las partículas incidentes en señales eléctricas medibles. Los detectores empleados en las medidas con analizadores TOF se basan en placas de microcanales compuestas de millones de canales diminutos recubiertos internamente de un material semiconductor.

La espectrometría de masas en tándem (MS/MS) es una técnica analítica cualitativa y cuantitativa. En muchas ocasiones se acopla un cromatógrafo de líquidos o de gases para separar las proteínas de interés, u otras macromoléculas para que, una vez separadas, se puedan identificar por métodos de espectrometría de masas en tándem mediante secuenciación de fragmentos concretos. Esta técnica permite secuenciar aminoácidos para

después identificar la proteína que forman, estudiar polisacáridos, glicoproteínas, proteoglicanos, ácidos nucleicos, polímeros orgánicos de síntesis, etc. En general, estos sistemas se diseñan de tal forma que, en una primera etapa se selecciona el ión de interés según su masa y en una segunda etapa, este ión se hace chocar con gas helio o argón para inducir su fragmentación. Finalmente los fragmentos se analizan en un segundo espectrómetro. El software de que se dispone permite determinar homologías con proteínas ya conocidas, identificar variantes genéticas, etc. La técnica MS/MS es de gran ayuda en la caracterización estructural de compuestos desconocidos y en el análisis específico de muestras en matrices biológicas, bioclínicas o de otra naturaleza, sin necesidad de una separación previa. Otras técnicas empleadas para la secuenciación de péptidos son HPLC-Trampa iónica o HPLC-MALDI-TOF.

La espectroscopia infrarroja cercana (NIR) y la no dispersiva (NDIR) permiten el análisis de biomoléculas de forma no destructiva y en un

tiempo muy corto, generalmente inferior al minuto. Se utiliza para la identificación de moléculas orgánicas y organometálicas, así como para la identificación de pesticidas y biotoxinas. La alta selectividad del método hace posible la estimación de un analito en una matriz compleja. Este método implica el análisis de los movimientos de torsión, rotatorios y de vibración de los átomos en una molécula, de forma que mediante comparación con patrones establecidos permite la detección de determinados compuestos. Se ha utilizado recientemente con éxito en la detección de transgénicos en los que los contenidos de determinadas biomoléculas se ven alterados por efecto del ADN exógeno.

Por último la SNIF-NMR (Site-specific Natural Isotopic Fractionation) se basa igualmente en el análisis de la estructura molecular a escala atómica mediante resonancia magnética nuclear. Cada biomolécula o sustancia en general presenta un patrón atómico específico identificable a partir de su comparación con los patrones almacenados en bases de datos.

## 5. Catálogo de grupos de investigación y empresas

El presente catálogo tiene por objetivo mostrar una visión global de las capacidades científico-tecnológicas de los grupos de investigación públicos y empresas, que en ningún caso se considera completo aunque sí exhaustivo. En sucesivas revisiones de este trabajo se podrá ampliar el catálogo que aquí presentamos.

### 5.1. Grupos de investigación

#### LABORATORIO AGRARIO Y DE MEDIO AMBIENTE DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MURCIA

**Departamento:** Sanidad Animal

**Página Web:** <http://www.carm.es/cagric/home.jsp/>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Ginés López Martínez

**Correo electrónico:** gines.lopez4@carm.es

**Teléfono:** 968365591

#### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Virus

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Piensos

**Identificación de Especies:** Rumiantes, porcino y aves

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Detección de virus de enfermedad de Aujeszky.	Confirmación de casos positivos dentro de los programas de control de la Enfermedad de Aujeszky.
2. Harinas de origen animal.	Detección de proteínas de mamífero.

#### Observaciones

Implantación del genotipado de ovino dentro del programa de control de las encefalopatías.

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM),  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**Departamento:** Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos

Avda. Puerta de Hierro, s/n  
28040 Madrid

**Página Web:** <http://www.ucm.es/info/nutricio/>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Rosario Martín de Santos

**Correo electrónico:** [rmartins@vet.ucm.es](mailto:rmartins@vet.ucm.es)

**Teléfono:** 913943752

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Especies animales de abasto (vaca, oveja, cabra y cerdo), aves (pollo, pavo, pato y oca), caza mayor (ciervo, gamo, corzo, rebeco, muflón, cabra pirenaica, jabalí) y determinadas especies de pescados (salmón, trucha, palometa, lenguado, fletán negro, platija, solla, perca, mero, cherna y almejas).

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Identificación y cuantificación de levaduras y mohos alterantes de los alimentos.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Identificación de diferentes especies animales en carne y productos cárnicos, leche, pescados y productos de la pesca, harinas cárnicas, etc.</b>	Para la identificación de las especies de interés se emplean técnicas de PCR y marcadores nucleares y mitocondriales.
<b>2. Identificación y cuantificación de levaduras alterantes viables en productos lácteos, cárnicos y zumos de frutas.</b>	Se utilizan técnicas genéticas de PCR, RT-PCR y PCR cuantitativo en tiempo real.

**Observaciones**

--



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA)**

**Departamento:** Biotecnología

Ctra. de La Coruña, km 7,5  
28040 Madrid

**Página Web:** [www.inia.es](http://www.inia.es)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Fernando Ponz Ascano  
**Correo electrónico:** [fponz@inia.es](mailto:fponz@inia.es)  
**Teléfono:** 913476887

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:** Alérgenos

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Virus

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Alimentos frescos y procesados.

**Identificación de Especies:** Sin especificación especial.

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Identificación de especies en alimentos</b>	Aplicación de marcadores moleculares específicos de especie al análisis de alimentos.
<b>2. Cuantificación de especies en alimentos</b>	Aplicación de técnicas de PCR cuantitativa en tiempo real para cuantificar la cantidad de una determinada especie en un alimento.
<b>3. Identificación y cuantificación de OMGs en alimentos.</b>	Combinación de las dos técnicas antes citadas.

**Observaciones**

--

## INSTITUTO DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE ASTURIAS, CSIC

### Departamento:

Carretera de Infiesto, s/n  
33300 Villaviciosa, Asturias

**Página Web:** [www.ipla.csic.es](http://www.ipla.csic.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Miguel Ángel Álvarez González  
**Correo electrónico:** maag@ipla.csic.es  
**Teléfono:** 985892131

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

##### Componentes del Alimento:

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: Aminas biógenas

#### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Vacunas orales

**Otros:** Bacteriófagos

### Servicios

Servicio	Descripción
<p><b>1. Detección mediante PCR de bacterias del ácido láctico productoras de Tiramina.</b></p>	<p>Este método permite a las industrias productoras de iniciadores de fermentaciones comprobar de forma sencilla y barata si sus cepas son potencialmente productoras de Tiramina. También permite a las industrias alimentarias que lleven a cabo fermentaciones en las que intervienen BAL (lácteas, vinícolas, cárnicas, vegetales...), comprobar si las cepas que utilizan como iniciadores tienen la capacidad de producir Tiramina. Además pueden utilizarse en los controles de calidad para detección de las bacterias productoras de Tiramina en los productos finales (quesos, vinos, encurtidos...).</p>
<p><b>2. Detección e identificación de bacteriófagos de bacterias del ácido láctico mediante MULTI-PCR.</b></p>	<p>Detección rápida y eficaz en leche de bacteriófagos que infecten bacterias del ácido láctico utilizadas como iniciadores de la Industria Láctea, lo que permite destinar la leche contaminada a procesos en los que no intervengan iniciadores o en los que el tratamiento aplicado sea capaz de descontaminarla.</p>

### Observaciones

--

**CENTRO TECNOLÓGICO AINIA**

**Departamento:** Área de I+D+i  
Parque Tecnológico de Valencia, C/ Benjamín Franklin, 5-11  
46980 Paterna, Valencia

**Página Web:** [www.ainia.es](http://www.ainia.es)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Miguel Blasco Piquer  
**Correo electrónico:** mblasco@ainia.es  
**Teléfono:** 961366090

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:** Alérgenos.  
**Xenobióticos:** Plaguicidas y Fertilizantes, Aditivos y Fármacos.  
**Agentes Infecciosos:** Virus  
**Biotoxinas:** Micotoxinas  
**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Todos los alimentos.  
**Identificación de Especies:** Bovino, ovino, porcino y aves.  
**Aplicaciones en Conservación:** Sí  
**Aplicaciones en Envasado:**  
**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**  
**Otros:** Tecnologías complementarias de secado, extracción, encapsulación y envasado.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Detección y cuantificación de microorganismos patógenos en alimentos y agua.</b>	Análisis mediante técnicas microbiológicas y/o genéticas acreditadas por ENAC de alimentos y agua.
<b>2. Caracterización genética de ingredientes alimentarios.</b>	Análisis de ingredientes de origen animal mediante técnicas moleculares.
<b>3. Evaluación de poder biocida.</b>	Cálculo de las concentraciones mínimas inhibitorias de conservantes y cálculo o evaluación del poder biocida de desinfectantes según normativa oficial.
<b>4. Desarrollo y evaluación de tratamientos de conservación de productos y/o eliminación de microorganismos.</b>	Evaluar la efectividad de tratamientos sobre productos alimentarios para identificar especificaciones operativas de nuevos tratamientos.
<b>5. Producción controlada de microorganismos antagonistas a patógenos.</b>	Obtención de lotes de productos bioactivos estabilizados para su utilización industrial. El servicio puede incluir también etapas de concentración y/o extracción.

**Observaciones**

También se ofrecen servicios analíticos de detección y cuantificación de residuos alimentarios. Estos servicios consisten en analizar mediante técnicas ELISA residuos de antibióticos beta-agonistas, corticoides y hormonas. Posibilidad de integrar procesos biotecnológicos con etapas de extracción, purificación, fijación, encapsulación y secado mediante la aplicación de tecnologías convencionales o especiales como los fluidos supercríticos.

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PROTEÍNAS

### Centro Nacional de Biotecnología (CNB)

**Departamento:** Estructura de Macromoléculas  
28049 Madrid

**Página Web:** [www.cnb.uam.es](http://www.cnb.uam.es)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Enrique Méndez

**Correo electrónico:** emendez@cnb.uam.es

**Teléfono:** 915854842

#### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:** Alérgenos.

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Análisis de gluten en alimentos.	Análisis de gluten en todo tipo de alimentos utilizando las siguientes técnicas: ELISA R5 Sandwich, ELISA R5 Competitivo, ELISA Competitivo para avena, Western Blot R5, PCR, Espectrometría de Masas MALDI-TOF.

#### Observaciones

--

**ÁREA DE MICROBIOLOGÍA (UNIVERSIDAD DE BURGOS)**

**Universidad de Burgos (UBU), Facultad de Ciencias**

**Departamento:** Área de Microbiología

Pza. Misael Bañuelos, s/n

09001 Burgos

**Página Web:**

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Juan Ignacio Reguera Useros

**Correo electrónico:** jiru@ubu.es

**Teléfono:** 699526361

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Virus y Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:** Sí

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Probióticos

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Asesoría.	Asesoría en el ámbito de la Microbiología de los Alimentos.
2. Análisis microbiológico de alimentos.	Determinación y recuento de microorganismos de interés higiénico-sanitario e industrial en alimentos y muestras medioambientales.

**Observaciones**

Los servicios que se pueden prestar suponen un acuerdo previo en la forma que se determine con las partes implicadas.

## BIOFILMS ALIMENTARIOS

**Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria.**

**Departamento:** Nutrición, Bromatología y Tecnología de Alimentos.

Avda. Puerta de Hierro, s/n

28040 Madrid

**Página Web:** [www.ucm.es](http://www.ucm.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Carmen SanJosé Serran

**Correo electrónico:** [serran@vet.ucm.es](mailto:serran@vet.ucm.es)

**Teléfono:** 913943746

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

##### Componentes del Alimento:

**Xenobióticos:** Microorganismos formadores de biofilms, deteriorativos o patógenos.

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

#### Detección de OMGs:

##### Identificación de Especies:

**Aplicaciones en Conservación:** Sí

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Caracterización y limpieza de biofilms.

### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Control de biofilms en la industria alimentaria.</b>	Formación, información y asesoramiento. Análisis de muestras. Desarrollo de procedimientos específicos de limpieza.
<b>2. Análisis de polisacáridos complejos (vegetales o microbianos).</b>	Hidrólisis, identificación y cuantificación de componentes por cromatografía iónica.

### Observaciones

El trabajo del grupo sobre biofilms no cubre, de momento, lo referente a microorganismos patógenos, por no disponer de personal y condiciones de seguridad necesarias para su estudio.

**CERPTA**

**Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Ciencia animal y de los alimentos. Área de Tecnología de Alimentos

Campus de Bellaterra  
08193 Bellaterra, Barcelona

**Página Web:** [http://quiro.uab.es/\\_v\\_tecno\\_aliments/](http://quiro.uab.es/_v_tecno_aliments/)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Marta Capellas Puig  
**Correo electrónico:** marta.capellas@uab.es  
**Teléfono:** 935811446

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: Aminas biógenas

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Asesoría sobre optimización de procesos alimentarios, a nivel nacional o internacional.</b>	Resolución de problemas en la elaboración de los alimentos (problemas con la materia prima, en los procesos de transformación o distribución). Valoración de las ventajas competitivas de procesos o productos innovadores. Vigilancia tecnológica de un sector. Búsquedas bibliográficas.
<b>2. Proyectos de investigación y desarrollo con financiación pública a nivel de Cataluña, a nivel nacional o formando parte de proyectos financiados por la Unión Europea.</b>	
<b>3. Alquiler de instalaciones.</b>	Equipos de planta piloto (500 m <sup>2</sup> ) y laboratorio.
<b>4. Desarrollo o mejora de procesos alimentarios o productos.</b>	Pruebas y análisis de laboratorio. Valoración de los posibles aditivos para optimizar el proceso o producto según los objetivos. Pruebas a escala industrial. En la planta piloto, utilizando equipos industriales de pequeña capacidad, se evalúa el proceso óptimo según las especificaciones predefinidas. Validación final. Producción industrial del proceso optimizado con envasado de muestras comerciales. Evaluación del producto final y asesoría sobre la implantación del proceso en las instalaciones del cliente.
<b>5. Formación continuada.</b>	

## CONSORCIO CSIC-IRTA

### Consortio CSIC-IRTA

**Departamento:** Servei d`Anàlisis Biològiques Quantitatives

C/ Jordi Girona, 18-26

08034 Barcelona

**Página Web:** [www.ibmb.csic.es](http://www.ibmb.csic.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Teresa Esteve

**Correo electrónico:** [tengmp@ibmb.csic.es](mailto:tengmp@ibmb.csic.es)

**Teléfono:** 934006100

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Todo tipo de alimentos, desde materias primas a productos finales.

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
<p><b>1. Detección, identificación y cuantificación de Organismos Modificados Genéticamente (OMGs).</b></p>	<p>El Grupo desarrolla métodos de extracción y purificación de ácidos nucleicos de alimentos y métodos cualitativos y cuantitativos basados en técnicas de ADN/PCR para la detección y cuantificación de OMGs, mejora de los métodos disponibles, hacerlos más sensibles y aplicarlos a un mayor rango de productos.</p> <p>Paralelamente, el Consorcio CSIC-IRTA, centro nacional de gran prestigio y de larga tradición en Investigación y Desarrollo, ha creado un Servicio de Análisis Biológicos Cuantitativos especializado en la detección e identificación de OMGs en productos agro-alimentarios y agrícolas.</p> <p>Está formado por un equipo de científicos cualificados y cuenta con un equipamiento de última generación capaces de aplicar las técnicas más innovadoras y de realizar trabajos de Investigación y Desarrollo, en colaboración con otros laboratorios europeos.</p> <p>Este servicio puede analizar materias primas agroalimentarias, así como los productos de sus transformaciones y los productos finales destinados a la nutrición humana y animal. Incluye certificación de semillas, etiquetado, trazabilidad de los productos, etc.</p>



**DETECCIÓN DE BACTERIAS EN ALIMENTOS POR TÉCNICAS MOLECULARES.  
TAXONOMÍA MOLECULAR BACTERIANA**

**Universidad de Valencia, Facultad de CC. Biológicas**

**Departamento:** Microbiología

Apdo. de Correos 73  
46100 Burjassot, Valencia

**Página Web:** [www.iata.csic.es/iata/dbio/taxo/](http://www.iata.csic.es/iata/dbio/taxo/)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Rosa Aznar Novella

**Correo electrónico:** rosa.aznar@uv.es

**Teléfono:** 963900022

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*.

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Detección e identificación de bacterias lácticas alterantes de alimentos por técnicas moleculares.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Análisis microbiológico de alimentos.</b>	Detección de patógenos por PCR ( <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> ).
<b>2. Análisis de alteraciones microbiológicas en alimentos.</b>	Detección e identificación de bacterias lácticas alterantes de alimentos por PCR.
<b>3. Identificación y tipificación de bacterias relacionadas con alimentos.</b>	Aplicación de técnicas moleculares para identificación y tipificación (ISR, RAPDs, ribotipado) de <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> .

**Observaciones**

El Grupo dispone de capacidad para prestar servicios en cuanto a infraestructura, pero está supeditado a la disponibilidad del personal técnico en cada momento.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS

### Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria

**Departamento:** Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Higiene y Microbiología de Alimentos  
C/ Miguel Servet, 177  
50013 Zaragoza

**Página Web:** [http://www.unizar.es/departamentos/produccion\\_animal/presentacion.htm](http://www.unizar.es/departamentos/produccion_animal/presentacion.htm)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Agustín Ariño Moneva  
**Correo electrónico:** aarino@unizar.es  
**Teléfono:** 976761543

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

###### Componentes del Alimento:

**Xenobióticos:** Plaguicidas y Fertilizantes; Bifenilos policlorados, Dioxinas y Antibióticos

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

##### Detección de OMGs:

###### Identificación de Especies:

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Determinación de compuestos fenólicos en alimentos y evaluación de la actividad antioxidante.

#### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Asesoría e Informes a Empresas/ Administraciones.</b>	APPCC, Higiene y Microbiología Alimentarias, Legislación Alimentaria, Nutrición, Alimentos Funcionales.
<b>2. Análisis Físico-Químicos y Toxicológicos.</b>	Análisis de residuos de productos fito y zoonos, contaminantes ambientales y micotoxinas.
<b>3. Análisis Microbiológicos.</b>	Análisis de microorganismos alterantes y patógenos.

#### Observaciones

Grupo formado por 11 investigadores y dirigido por Antonio Herrera Marteache.

**GENÉTICA MOLECULAR DE PECES Y MOLUSCOS**

**Universidad de Vigo**

**Departamento:** Genética

Campus Universitario de Vigo, Facultad de Biología

36200 Vigo

**Página Web:** [www.uvigo.es/webs/c03/webc03/XENETICA/XB4/xb4.htm/](http://www.uvigo.es/webs/c03/webc03/XENETICA/XB4/xb4.htm/)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Pablo Presa Martínez

**Correo electrónico:** [presa@uvigo.es](mailto:presa@uvigo.es)

**Teléfono:** 986812567

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Peces y moluscos

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Genética forense de pesquerías. Genética en acuicultura. Gestión de recursos genéticos

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Trazabilidad genética.</b>	Control genético y seguimiento de partidas alimentarias de salmónidos, merlúcidos y mitílidos importadas para consumo humano y animal.
<b>2. Control de fraude en productos pesqueros modificados.</b>	Desarrollo de métodos para la identificación de especies transformadas en productos comerciales.
<b>3. Asesoramiento genético comercial.</b>	Apoyo al sector transformador y consumidor en materia de etiquetado de productos importados y procesados.
<b>4. Optimización de la gestión pesquera y acuícola.</b>	Determinación de la estructura genética y reproductiva de poblaciones y <i>stocks</i> cultivados de especies marinas y dulceacuícolas. Planes de gestión genética, conservación y explotación de recursos.
<b>5. Genética forense de pesquerías.</b>	Determinación de origen de especies pesqueras.

**Observaciones**

Códigos UNESCO de las actividades: 240902 / 320102 / 240108 / 241007 / 310902.  
 Códigos de área tecnológica: A06 - A08 - A09 - A11 - A19 - A20 - A24 - A40.  
 Códigos CNAE: 05 - 050 - 0501 - 0502 - 152 - 1520 - 73 - 731 - 7310 - 85 - 85 - 8520 - 752 - 7523.  
 POSIBLES DESTINATARIOS OFICIALES DE LOS SERVICIOS OFERTADOS: Consejerías de Medio Ambiente, Gestión Pesquera, Medio Rural, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ministerio de Sanidad y Consumo e Inspectores de lonja.  
 CAPACIDAD FORMATIVA: formación de técnicos, tecnólogos y doctores para el sector público y privado. Capacidad de transferencia de tecnología mediante acciones demostrativas in situ.  
 PRINCIPALES TÉCNICAS EMPLEADAS: secuenciación automática de DNA, análisis de fragmentos de DNA, desarrollo y validación de tests genéticos, tratamiento de datos con software estadístico, analítico y de gestión. Acceso a medios documentales y datos históricos.  
 POSIBLES DESTINATARIOS EN EL SECTOR PRIVADO: empresarios del sector acuícola, sector extractor, importador y transformador. Piscifactorías. Criaderos de larvas y alevinaje. Asociaciones de fabricantes de conservas, asociaciones de consumidores.

## GENÓMICA MITOCONDRIAL

### Universidad de Zaragoza

**Departamento:** Bioquímica, biología molecular y celular  
50013 Zaragoza

**Página Web:** <http://www.bioq.unizar.es/Bienvenidos.htm>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Manuel J. López Pérez

**Correo electrónico:** lopezper@posta.unizar.es

**Teléfono:** 976761642

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

##### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:** Especies animales

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Identificación de especies animales.	Identificar especies o razas animales mediante análisis genético molecular.
2. Identificación de patógenos.	Identificación de patógenos en alimentos mediante análisis genético molecular.

#### Observaciones

--

**GRUPO DE ANÁLISIS Y CONTROL ALIMENTARIO**

**Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología

Campus de Espinardo

30003 Murcia

**Página Web:** [www.um.es/grupos/grupo-analisis-control-alimentario/](http://www.um.es/grupos/grupo-analisis-control-alimentario/)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** M<sup>a</sup> Antonia Murcia Tomás

**Correo electrónico:** mamurcia@um.es

**Teléfono:** 968364792

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Sí

**Otros:** Antioxidantes y radicales libres.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Evaluación de antioxidantes y antimicrobianos en los alimentos.</b>	Determinar mediante varios ensayos de actividad antioxidante la capacidad que tienen los alimentos de captar radicales libres y/o determinar la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano.
<b>2. Análisis microbiano de alimentos. Estudio de vida útil de alimentos.</b>	Mediante ensayos microbiológicos se evalúa la posible presencia de agentes contaminantes, patógenos o no, que pueden contaminar el alimento durante los procesos de elaboración, envasado, transporte y comercialización a lo largo de la cadena alimentaria.
<b>3. Curso de formación sobre higiene de establecimientos agroalimentarios. Curso de manipulador de alimentos.</b>	Se imparten clases sobre las Buenas Prácticas de Manipulación de los Alimentos para la obtención del Carnet de manipulador en los sectores de mayor riesgo así como la formación continuada.
<b>4. Implantación de APPCC.</b>	Estudio y análisis de los puntos críticos en distintos sectores en la industria alimentaria.
<b>5. Variaciones nutricionales en el procesado industrial de alimentos. Etiquetado nutricional.</b>	Determinación mediante varias técnicas analíticas del contenido en: proteínas, grasas, minerales, carbohidratos y su posible variación en el procesado industrial (congelación, enlatado, irradiación, liofilización...).

**Observaciones**

Otros servicios: cursos de formación sobre alimentación y salud. El efecto de las dietas equilibradas. Evaluación de dietas para diferentes colectivos.

## GRUPO DE HIGIENE Y SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS

### Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria

**Departamento:** Ciencia Animal y de los Alimentos

Facultad de Veterinaria, Campus Bellaterra

08193 Bellaterra, Barcelona

**Página Web:** <http://antalya.uab.es/cruiz/index.html>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Artur Xavier Roig

**Correo electrónico:** arturxavier.roig@uab.es

**Teléfono:** 935811460

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: Aminas biógenas.

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:** Sí

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Control de calidad en industrias alimentarias.	Análisis microbiológico de alimentos y bebidas, control de superficies y manipuladores.
2. Asesoramiento en la implantación de sistemas de autocontrol.	Diseño y adaptación de protocolos de APPCC para empresas del sector alimentario.
3. Formación de manipuladores.	Diseño de programas de formación específicos para manipuladores en la industria alimentaria.
4. Desarrollo de procesos.	Diseño de ensayos para la evaluación de procesos tecnológicos en relación con la Seguridad Alimentaria.

#### Observaciones

**GRUPO DE INMUNOTECNOLOGÍA**

**Universidad Politécnica de Valencia**

**Departamento:** Centro de Investigación e Innovación en Bioingeniería

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

**Página Web:** [www.ci2b.upv.es/www.ginmuno.upv.es](http://www.ci2b.upv.es/www.ginmuno.upv.es)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Ángel Montoya Baidés

**Correo electrónico:** amontoya@eln.upv.es

**Teléfono:** 963877093

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:** Plaguicidas, Fertilizantes, Antibióticos

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
<p><b>1. Producción de anticuerpos monoclonales.</b></p>	<p>Producción de anticuerpos monoclonales para detección de plaguicidas y otras sustancias contaminantes o de especies químicas y biológicas de interés analítico en biomedicina, agroalimentación o medio ambiente, tales como proteínas, virus y células bacterianas.</p>
<p><b>2. Desarrollo de inmunoensayos (ELISA) para plaguicidas.</b></p>	<p>A partir de anticuerpos monoclonales previamente producidos, el grupo posee la capacidad contrastada para el desarrollo, optimización y validación de inmunoensayos enzimáticos en placa (ELISA), destinados al análisis de plaguicidas de diferentes familias en productos hortifrutícolas y/o medio ambiente.</p>
<p><b>3. Desarrollo de inmunoensayos para proteínas, virus y bacterias.</b></p>	<p>Desarrollo de inmunoensayos en diferentes formatos, basados en anticuerpos monoclonales, para el análisis de marcadores proteicos de interés y para el control de contaminación vírica y bacteriana en plantas y/o en productos agroalimentarios elaborados.</p>
<p><b>4. Kits de ELISA para el análisis de plaguicidas en alimentos y en el medio ambiente.</b></p>	<p>Se han desarrollado una serie de kits de ELISA para la detección y cuantificación rápida, específica y sensible de residuos de plaguicidas en alimentos y en el medio ambiente (frutas y hortalizas, aguas, suelos, etc.). Hay disponibles 15 kits de ELISA individuales y 5 multianalito para distintas familias de plaguicidas: insecticidas Organoclorados (DDT, endosulfan, etc.), Organofosforados (azinphos, chlorpyrifos, pirimiphos, fenitrothion, TCP), N-metil-carbamatos (carbaryl, cabofuran, methiocarb, bendiocarb) y fungicidas (thiabendazole).</p>

## GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE CALIDAD DE MATERIA VEGETAL

**Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).**

**Departamento:** Tecnología de los Alimentos

Apdo. de Correos 8111

28080 Madrid

**Página Web:** [www.inia.es](http://www.inia.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Mercedes Múzquiz Elorrieta

**Correo electrónico:** muzquiz@inia.es

**Teléfono:** 913476775

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:** Antinutrientes

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: transformaciones de estos componentes antinutritivos.

**Detección de OMGs:** Detección de estos componentes antinutritivos en OMGs.

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Plantas con alto contenido en proteínas (Ej.: leguminosas y oleaginosas) que contienen fitoquímicos que les confieren un valor añadido.

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
1. Determinación de compuestos no-nutritivos: lectinas, fitatos, alcaloides, galactósidos, etc.	Utilización de cromatografía de gases y líquida de alta resolución; Espectrometría de masas, electroforesis, etc.

### Observaciones

--



**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MICOLOGÍA**

**Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Sanitat i Anatomia Animals

**Facultad de Veterinaria, Campus Bellaterra**

**08193 Bellaterra, Barcelona**

**Página Web:** [http://antalya.uab.es/dsaa/asp/agenda\\_search\\_results.asp](http://antalya.uab.es/dsaa/asp/agenda_search_results.asp)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Francisco Javier Cabañes Sáenz

**Correo electrónico:** javier.cabanes@uab.es

**Teléfono:** 935811749

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Sí

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Hongos

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Identificación y caracterización de hongos.	Se utilizan principalmente técnicas microbiológicas, cromatográficas y de biología molecular para la identificación y caracterización de hongos que producen micosis y micotoxinas.

**Observaciones**

--

## GRUPO DE SEGURIDAD MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS

### Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

**Departamento:** Tecnología de Alimentos

Ctra. de La Coruña, km 7,5  
28040 Madrid

**Página Web:** <http://www.inia.es/sapportal/guest/guest>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Joaquín V. Martínez Suárez  
**Correo electrónico:** joaquin@inia.es  
**Teléfono:** 913474027

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> .	Análisis de alimentos y muestras ambientales de la industria alimentaria para la detección microbiológica y molecular de <i>Listeria monocytogenes</i> .
2. Caracterización de cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> .	Estudio de los subtipos moleculares de cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> aisladas de alimentos o del ambiente de la industria alimentaria con fines epidemiológicos.

#### Observaciones

--

**GRUPO DE TRABAJO SOBRE BACTERIAS LÁCTICAS (BAL)  
BACTERIOCINOGÉNICAS DE ORIGEN ALIMENTARIO**

**Universidad Complutense de Madrid (UCM), Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos

Avda. Puerta de Hierro, s/n

28040 Madrid

**Página Web:** [www.ucm.es/info/otri/complutecno/complutecno.htm](http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/complutecno.htm)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Pablo Elpidio Hernández Cruza

**Correo electrónico:** ehernan@vet.ucm.es

**Teléfono:** 913943752

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:** Sí

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Cultivos protectores.

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Bacteriocinas producidas por bacterias lácticas (BAL) de origen alimentario.</b>	Empleo directo de las bacteriocinas como péptidos antimicrobianos naturales o como ingredientes alimentarios con actividad antimicrobiana, en alimentos de consumo humano y en piensos para animales.
<b>2. Bacterias lácticas (BAL) bacteriocinogénicas de origen alimentario.</b>	Empleo de bacterias lácticas productoras de bacteriocinas como cultivos iniciadores, protectores o probióticos en alimentos de consumo humano y en piensos para animales.
<b>3. Producción heteróloga de bacteriocinas en otros hospedadores (1).</b>	Las bacteriocinas producidas por otros hospedadores bacterianos pueden incrementar su producción, facilitar su purificación o permitir su empleo como péptidos antimicrobianos naturales o como ingredientes alimentarios con actividad antimicrobiana.
<b>4. Producción heteróloga de bacteriocinas en otros hospedadores (2).</b>	Las bacteriocinas producidas por otros hospedadores bacterianos pueden comportarse como componentes funcionales de microorganismos ya utilizados como cultivos iniciadores, protectores o probióticos de los alimentos.

**Observaciones**

--

## HIGIENE BROMATOLÓGICA AGR-170

### Universidad de Córdoba

**Departamento:** Bromatología y Tecnología de los Alimentos

Campus de Rabanales

14014 Córdoba

**Página Web:** [www.uco.es/investiga/grupos](http://www.uco.es/investiga/grupos)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Gonzalo Zurera Cosano  
**Correo electrónico:** bt1zucog@uco.es  
**Teléfono:** 957212007

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:** Antinutrientes

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Exógenos: metales pesados

##### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Asesoramiento en materia de Seguridad Alimentaria (Evaluación del riesgo microbiano en alimentos).</b>	Aspectos relacionados con la forma de llevar a cabo la valoración del riesgo.
<b>2. Microbiología Predictiva en alimentos.</b>	Desarrollo de modelos matemáticos para su aplicación en la determinación del periodo de vida comercial o en la propia evaluación del riesgo derivado de la presencia de un patógeno en los alimentos.
<b>3. Diseño de experimentos.</b>	Se abordan las técnicas más adecuadas para el correcto diseño de experimentos con los alimentos.
<b>4. Valoración nutricional de alimentos.</b>	
<b>5. Encuestas alimentarias.</b>	

#### Observaciones

El grupo de Investigación está compuesto por 5 Investigadores de plantilla (Profesores titulares de Universidad del área de Nutrición y Bromatología), más 5 becarios de FPI que desarrollan sus proyectos de Tesis Doctoral. El grupo desarrolla aspectos variados relacionados con la calidad y seguridad alimentaria: desarrollo de modelos matemáticos para la predicción del crecimiento microbiano en alimentos; estudios sobre evaluación cuantitativa del riesgo microbiano en alimentos; diseño de experimentos; valoración nutricional de alimentos; elaboración de encuestas nutricionales. Se han desarrollado más de 20 Proyectos de Investigación con financiación nacional; 6 Proyectos Europeos; 20 Tesis Doctorales y más de un centenar de publicaciones científicas en revistas de prestigio internacional.

**HONGOS Y MICOTOXINAS EN ALIMENTOS**

**Universidad de Valencia, Facultad de Ciencias Biológicas**

**Departamento:** Microbiología y Ecología

C/ Dr. Moliner, 50  
46100 Burjassot, Valencia

**Página Web:** <http://www.uv.es/microbeco>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Misericordia Jiménez Escamilla

**Correo electrónico:** misericordia.jimenez@uv.es

**Teléfono:** 963983145

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Hongos

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Determinación de Micotoxinas en alimentos y otros sustratos.	Tricotecenos A y B, fumonisinas, zearalenona, ocratoxinas A y B, aflatoxinas, patulina, beauvericina, fusaproliferina.
2. Determinación de hongos totales y caracterización morfológica, fisiológica y molecular de hongos productores de micotoxinas.	Hongos en general y especies de los géneros <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Fusarium</i> y <i>Alternaria</i> .

**Observaciones**

--

## INTERACCIÓN PROTEÍNA-LÍPIDO (OXIDADO) – CARBOHIDRATO

### CSIC, Instituto de la Grasa

**Departamento:** Caracterización y Calidad de los Alimentos

Avda. Padre García Tejero, 4  
41012 Sevilla

**Página Web:** [www.ig.csic.es](http://www.ig.csic.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Francisco Javier Hidalgo García

**Correo electrónico:** fhidalgo@ig.csic.es

**Teléfono:** 954611550

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: productos de oxidación lipídica. Productos de reacción entre lípidos oxidados y aminoácidos o proteínas.

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Servicio de espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN).</b>	Realización de espectros de RMN de 1H y 13C de muestras en disolución.
<b>2. Análisis de productos de la reacción entre lípidos oxidados y aminoácidos o proteínas.</b>	Análisis colorimétrico de los pirroles producidos en estas reacciones y análisis por GC/MS de compuestos relacionados.

### Observaciones

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (LARP)**

**Universitat Jaume I**

**Departamento:** Ciències Experimentals

12071 Castellón

**Página Web:** <http://www.larp.uji.es/>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Félix Hernández Hernández  
**Correo electrónico:** hernandf@exp.uji.es  
**Teléfono:** 964728100

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:** Plaguicidas

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:** Toxinas marinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Determinación de residuos de plaguicidas y metabolitos en muestras de interés ambiental y alimentario en cumplimiento de los principios de las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL).	Fase de laboratorio en estudios BPL para el registro de productos fitosanitarios, usando técnicas de cromatografía de gases y cromatografía líquida acopladas a espectrometría de masas (GC-MS, GC-MS/MS, LC-MS/MS). Análisis de muestras vegetales, aguas, suelos y organismos acuáticos.
2. Desarrollo, validación y transferencia de metodología analítica para la determinación de contaminantes orgánicos prioritarios en distintos tipos de muestras.	
3. Monitorización de contaminantes orgánicos prioritarios en aguas de acuerdo con la Directiva Marco de Aguas (Directiva 2000/60/CE).	Aplicación de métodos analíticos combinando GC-MS y LC-MS para el control de contaminantes orgánicos en la autorización de vertidos al cauce público.

**Observaciones**

El LARP dispone de Certificado de cumplimiento de Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) para la realización de estudios de "determinación de residuos de productos fitosanitarios", tal como ha establecido la Unión Europea y la OCDE (Certificado 03/17/BPL22).

## LABORATORIO DE BACTERIAS LÁCTICAS Y PROBIÓTICOS

### Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA)

**Departamento:** Biotecnología de los alimentos, Laboratorio de bacterias lácticas

Apdo. de Correos 73  
46100 Burjassot, Valencia

**Página Web:** <http://www.iata.csic.es/iata/dbio/lact/>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Gaspar Pérez Martínez

**Correo electrónico:** gaspar.perez@iata.csic.es

**Teléfono:** 963900022

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Cerveza

**Identificación de Especies:** Bacterias lácticas

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Productos lácteos y vegetales fermentados con bacterias lácticas y probióticos.

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Seguimiento e identificación de cultivos iniciadores en productos fermentados.</b>	Utilización de primers específicos de especie y de RAPDs para estimar proporciones de bacterias en poblaciones de bacterias lácticas en productos cárnicos curados, en productos lácteos y en encurtidos.
<b>2. Seguimiento de poblaciones de probióticos en heces.</b>	Ver más arriba.
<b>3. Detección de transgénicos.</b>	Utilización de anticuerpos anti-CriA1 y de primers específicos frente al promotor utilizado para detectar restos de maíz transgénico durante el proceso de fabricación de cerveza.

#### Observaciones



**LHICA, UNIVERSIDAD DE SANTIAGO**

**Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Química Analítica, Nutrición y Bromatología

C/ Ramón Carballo Calero, s/n

Campus Universitario. 27002 Lugo

**Página Web:** [www.lhica.org](http://www.lhica.org)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Alberto Cepeda Sáez

**Correo electrónico:** [cepeda@lugo.usc.es](mailto:cepeda@lugo.usc.es)

**Teléfono:** 982254592

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:** Fármacos: antibióticos,  $\beta$ -agonistas, corticosteroides

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: Aminas biógenas

**Detección de OMGs:** Alimentos vegetales

**Identificación de Especies:** Vertebrados terrestres y crustáceos

**Aplicaciones en Conservación:** Sí

**Aplicaciones en Envasado:** Sí

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Leche natural con poliinsaturados elevados.

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Control de residuos de medicamentos de uso veterinario en carnes.	
2. Identificación de especies animales en productos cárnicos.	
3. Control de ácidos grasos en alimentos.	
4. Control microbiológico de alimentos.	
5. Control de Triazinas en alimentos.	
6. Detección de micotoxinas en alimentos.	

**Observaciones**

--

## MICOLOGÍA APLICADA

### Universidad de Lleida

**Departamento:** Área de Tecnología de los Alimentos

Alcalde Rovira Roure, 191  
25198 Lleida

**Página Web:** [www.tecal.udl.es](http://www.tecal.udl.es)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Vicente Sanchís Almenar

**Correo electrónico:** vsanchis@tecal.udl.es

**Teléfono:** 973702535

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Identificación de aislamientos fúngicos toxigénicos a nivel de especie.	Detección de mohos y micotoxinas en alimentos. Optimización de las condiciones de conservación.

#### Observaciones

--

**MICROBIOLOGIA MOLECULAR DE LEVADURAS**

**CSIC, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA)**

**Departamento:** Biotecnología

Apdo. de Correos 73

46100 Valencia

**Página Web:** <http://www.iata.csic.es/iata/dbio/bmli/>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Amparo Querol Simón

**Correo electrónico:** aquerol@iata.csic.es

**Teléfono:** 963900022

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Levaduras en general

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

- Otros:**
- 1) Identificación y caracterización de levaduras: alterantes y cultivos iniciadores y patógenos emergentes.
  - 2) Obtención de nuevas cepas de levaduras de interés industrial tanto por técnicas de DNA recombinante como técnicas de genética clásica, hibridación.
  - 3) Estudio comparativo entre aislados clínicos y de alimentos: caracterización molecular; estudio de las actividades proteolíticas y lipolíticas, así como de otros rasgos de virulencia; estudio de la expresión diferencial de genes implicados en la virulencia.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Identificación de levaduras, tanto patógenas como alterantes.</b>	Se identificarán usando técnicas moleculares o amplificación por PCR y digestión de la región ribosomal 5,8S-ITS o secuenciación de los dominios D1/D2 del gen ribosomal 26S.
<b>2. Caracterización a nivel de cepa de levaduras patógenas y alterantes.</b>	Esta caracterización también permite determinar orígenes de contaminación. Se realiza, dependiendo de la especie, aplicando distintas técnicas moleculares, como RFLPs del DNA mitocondrial, RAPDs, amplificación por PCR de distintas zonas del genoma (elementos delta, microsatélites o genes concretos).

**Observaciones**

--

## MICROBIOLOGÍA-IFICSIC

### Instituto de Fermentaciones Industriales (IFI)

**Departamento:** Microbiología

C/ Juan de la Cierva, 3

28006 Madrid

**Página Web:** [www.ifi.csic.es](http://www.ifi.csic.es)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Alfonso V. Carrascosa Santiago

**Correo electrónico:** [acarrascosa@ifi.csic.es](mailto:acarrascosa@ifi.csic.es)

**Teléfono:** 915622900

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:** Endógenos: Aminas biógenas

**Detección de OMGs:** Alimentos de origen vegetal

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:** Componentes funcionales, leguminosas fermentadas.

**Otras:** Elaboración segura de alimentos mediante diseño de biorreactores con enzimas termorresistentes.

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Apoyo tecnológico.	Informes sobre aspectos de interés relacionados con biotecnología y seguridad alimentaria (diseño de sistemas APPCC, métodos de detección de sustancias de origen microbiano, etc.).
2. Investigación contratada.	En temas de biotecnología: desarrollo de microorganismos recombinantes, búsqueda de microorganismos salvajes con propiedades especiales, mejora de seguridad alimentaria, etc.
3. Docencia de alta especialización.	Cursos y clases relacionadas con biotecnología de los alimentos y seguridad alimentaria.

#### Observaciones

--

**PORCINO**

**Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).**

**Departamento:** Mejora Genética Animal

Ctra. de La Coruña, km 7,5

28040 Madrid

**Página Web:** <http://www.inia.es/saportal/guest/guest>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Carmen Rodríguez Valdovinos

**Correo electrónico:** valdo@inia.es

**Teléfono:** 913476807

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Cerdo Ibérico

**Aplicaciones en Conversación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Detección de animales o productos cruzados de Duroc x Ibérico.	

**Observaciones**

--

## SENSORES ÓPTICOS

**Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Química**

**Departamento:** Química Analítica

Ciudad Universitaria, Facultad de Química

28040 Madrid

**Página Web:** <http://www.ucm.es/info/analitic/>

### Persona de Contacto

**Nombre:** M<sup>a</sup> Cruz Moreno Bondi

**Correo electrónico:** mcmbondi@quim.ucm.es

**Teléfono:** 913943196

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:** Fármacos

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
1. Análisis de antibióticos beta-lactámicos y de la familia de las fluoroquinolonas.	Análisis cromatográfico (con detección fluorescente y/o UV-VIS) en muestras de leche y carnes.
2. Análisis de zealenona y derivados.	Análisis cromatográfico (con detección fluorescente) en muestras de cereales.

### Observaciones

--

**SERVICIO DE ANÁLISIS DE FÁRMACOS**

**Universidad Autónoma de Barcelona**  
**Departamento:** Farmacología Veterinaria  
 Facultad de Veterinaria, Campus Bellaterra  
 08193 Bellaterra, Barcelona  
**Página Web:** <http://quiro.uab.es/s.analisis.far>

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Belén Pérez Fernández  
**Correo electrónico:** belen.perez@uab.es  
**Teléfono:** 935812217

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**  
**Xenobióticos:** Sí  
**Agentes Infecciosos:**  
**Biotoxinas:**  
**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**  
**Aplicaciones en Conservación:**  
**Aplicaciones en Envasado:**  
**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**  
**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Evaluación de residuos de medicamentos en tejidos de animales destinados al consumo humano. Establecimiento de tiempos de espera. Elaboración de informes de experto.	Determinar la presencia de residuos de los diferentes fármacos que pueden ser utilizados en la práctica veterinaria habitual o el posible uso ilegal de los mismos, de forma que los diferentes tejidos animales que vayan destinados al consumo humano no supongan ningún riesgo para la salud. Establecer los tiempos de supresión necesarios para las diferentes especialidades veterinarias, para asegurar que las concentraciones de los principios activos utilizados no se encuentran por encima de los límites máximos de residuos fijados por las autoridades sanitarias.
2. Estudio sobre el comportamiento farmacocinético de diferentes fármacos y especialidades farmacéuticas. Elaboración de informes de experto.	
3. Estudios del margen de seguridad que presentan diferentes especialidades veterinarias tras ser utilizadas en las especies de destino.	
4. Validación de métodos analíticos para poder cuantificar diferentes fármacos en matrices biológicas.	Disponer de métodos analíticos fiables, precisos y sensibles, principalmente a través del desarrollo de técnicas cromatográficas, que permitan determinar la presencia de diferentes fármacos en matrices consideradas diana (músculo, hígado, riñón o grasa) debido a su posible destino al consumo humano.
5. Diseño y evaluación inmunológica y clínica de vacunas de ADN.	

**Observaciones**

## SERVICIO VETERINARIO DE GENÉTICA MOLECULAR

### Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria

**Departamento:** Ciencia animal y de los Alimentos

Campus de Bellaterra

08193 Bellaterra, Barcelona

**Página Web:** <http://svgm.uab.es>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Armand Sánchez Bonastre

**Correo electrónico:** armand.sanchez@uab.es

**Teléfono:** 935811398

#### Áreas de aplicación

##### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:** Identificación de especie de origen en materia prima y procesada (mamífero y tiburón); detección de contaminación específica (bovino, ovino, caprino, porcino, pollo) en materia prima y procesada. Cuantificación por PCR en tiempo real.

##### Aplicaciones en Conservación:

##### Aplicaciones en Envasado:

##### Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:

**Otros:** Trazabilidad de bovino y porcino desde el nacimiento hasta el consumidor final.

#### Servicios

Servicio	Descripción
1. Trazabilidad en bovino y porcino.	Como complemento a la identificación electrónica (microchips) y permite la verificación de la identidad de los animales, las canales o sus piezas de carne. Puede ser realizada en cualquier momento (pre- o post- sacrificio de los animales) mediante la utilización de distintos tipos de marcadores moleculares (microsatélites o SNPs) a precios razonables, lo que constituye un adecuado sistema de auditoría de la trazabilidad animal en seguridad alimentaria.
2. Autenticación de materia prima y procesada. Cuantificación de la contaminación.	Autenticación de la especie de origen por PCR específica (bovino, porcino, ovino, caprino, pollo, tiburón) o PCR interespecífica y secuenciación posterior (mamíferos en general). Detección de contaminación de forma cualitativa por PCR específica para las especies mencionadas y se ofrece la posibilidad de cuantificar la contaminación por PCR en tiempo real en el caso de bovino, porcino, ovino y caprino.
3. Detección y cuantificación de parásitos por PCR en tiempo real.	Detección y cuantificación de <i>Leishmania</i> por PCR en tiempo real para la monitorización del parásito en el desarrollo de nuevos fármacos o vacunas, con la posibilidad de ofrecer la detección y cuantificación de distintos parásitos según las necesidades del cliente.
4. Desarrollo y optimización de protocolos de PCR cuantitativa en tiempo real.	A requerimiento del cliente y en diferentes aplicaciones (contaminación en seguridad alimentaria, dosis génica en sanidad humana o producción de proteínas en biorreactores, monitorización de nuevas drogas o vacunas en industria farmacéutica, expresión génica, cuantificación de microarrays).
5. Genotipado de alto rendimiento (microsatélites, SNPs).	Aplicaciones en genómica funcional y resistencia o susceptibilidad a enfermedades en animales de renta y compañía, farmacogenómica. Desarrollo de marcadores para caracteres de alto valor productivo en industria ganadera.

#### Observaciones

I+D+i: Convenios de colaboración entre el SVGM y empresas de los sectores biotecnológico, farmacéutico, químico y agroalimentario. Cursos de formación externos tanto a nivel de conocimiento científico como innovación tecnológica en el ámbito de trabajo del SVGM.



**UNIDAD DE DIAGNÓSTICO MOLECULAR**

**Universidad de Valencia, Jardín Botánico**

**Departamento:** Servicio Nacional de Identificación de Plantas Medicinales, Tóxicas y Venenosas

C/ Quart, 80  
46008 Valencia

**Página Web:** [www.jardibotanic.org/vbiomol.htm/](http://www.jardibotanic.org/vbiomol.htm/)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Josep A. Rosselló

**Correo electrónico:** rossello@uv.es

**Teléfono:** 963156800

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:** Aditivos

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:** Vegetales y animales

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Identificación de estabilizantes E-410, E-412 y E-417 en gomas o alimentos procesados.</b>	Detección de mezclas fraudulentas o adulterantes de estabilizantes alimentarios de origen vegetal mediante técnicas moleculares protegidas por patente.
<b>2. Identificación de especies biológicas vegetales y animales presentes en alimentos.</b>	Clasificación biológica mediante técnicas genéticas de las especies declaradas en las etiquetas de los alimentos. Detección de fraudes y sustituciones inadvertidas de especies inocuas o de menor valor.
<b>3. Diagnóstico molecular de variedades alimentarias de élite.</b>	Desarrollo de marcadores moleculares para la identificación de variedades alimentarias protegidas por Consejos Reguladores de Denominación de Origen.

**Observaciones**

--

## VIALIMET – CAMPYLOBACTER

### Universidad del País Vasco, Facultad de Farmacia

**Departamento:** Inmunología, Microbiología y Parasitología, Área de Conocimiento de Microbiología, Laboratorio de Microbiología II

Paseo de la Universidad, 7  
01006 Vitoria – Gasteiz

**Página Web:** <http://www.vc.ehu.es/microbiologia/>

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Aurora Fernández Astorga

**Correo electrónico:** oipfeasa@vc.ehu.es

**Teléfono:** 945013909

#### Áreas de aplicación

##### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Sí

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

##### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:** *Campylobacter* spp.

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

#### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Diagnóstico rápido de <i>Campylobacter</i>.</b>	PCR dirigida a genes específicos de género y/o especie, para detección e identificación de <i>Campylobacter</i> spp en agua y alimentos.
<b>2. Tipificación de <i>Campylobacter</i>.</b>	PFGE y PCR-RFLP del gen flaA, como métodos de genotipificación de <i>Campylobacter</i> según protocolos normalizados de CAMPYNET.
<b>3. Determinación de factores de virulencia.</b>	PCR dirigida a genes de virulencia: toxicidad cdt; VirB11; flaA; CeuE; CadF.
<b>4. Determinación de resistencias a antibióticos.</b>	PCR-RFLP para establecer patrón de resistencia/sensibilidad a: quinolonas por mutación en codón 86; tetraciclinas por gen tetO; determinación de CMIs.

#### Observaciones

Nuestra línea de investigación básica es "Supervivencia de *Campylobacter*: detección de marcadores moleculares que discriminen entre células cultivables, células no cultivables y células muertas". Los resultados son aún incipientes como para ofertar servicios. Además se han realizado trabajos puntuales en control de calidad microbiológica:

1. Cuantificación de microbiota total en implantes dentales.

2. Detección y cuantificación de bacterias ácido-lácticas (BAL) en muestras de vino de Rioja Alavesa.

**VIRUS ENTÉRICOS**

**Universidad de Barcelona**  
**Departamento:** Microbiología

Diagonal, 645  
 08028 Barcelona

**Página Web:** [www.ub.edu/microbiologia/viruse/index.htm](http://www.ub.edu/microbiologia/viruse/index.htm)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Albert Bosch Navarro  
**Correo electrónico:** abosch@ub.edu  
**Teléfono:** 934034620

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Virus

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Seguridad vírica.	Evaluación y validación de procesos de eliminación de virus usados en empresas agroalimentarias. Aplicaciones, entre otros alimentos, a mariscos y derivados cárnicos.
2. Diagnóstico virológico.	Duración: 2002- 2005. Determinación cuantitativa y cualitativa de virus en muestras clínicas de brotes alimentarios, de alimentos y medioambientales.

**Observaciones**

Primer grupo de una universidad pública con la certificación conforme a los Principios de Buenas Prácticas de Laboratorio (BPLI/0309/008/cat), según RD 2043/1994.

## VIVASET, UCM

**Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria**

**Departamento:** Patología Animal

Avda. Puerta de Hierro, s/n  
28040 Madrid

**Página Web:** [www.sanidadanimal.info](http://www.sanidadanimal.info)

### Persona de Contacto

**Nombre:** J. Manuel Sánchez Vizcaíno

**Correo electrónico:** [jmvizcaino@vet.ucm.es](mailto:jmvizcaino@vet.ucm.es)

**Teléfono:** 913944082

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Virus

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:**

**Identificación de Especies:**

**Aplicaciones en Conservación:**

**Aplicaciones en Envasado:**

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Reactivos y vacunas

### Servicios

Servicio	Descripción
1. Diagnóstico de enfermedades infecciosas en animales.	Métodos virológicos, serológicos y moleculares.
2. Estudios epimemiológicos y de medicina preventiva.	
3. Producción de reactivos recombinantes.	Ingeniería genética.

### Observaciones

--

## 5.2. Empresas

BIONOSTRA	
<p><b>Departamento:</b> Identificación Genética                      Ronda de Poniente, 4, 2º D-C                      28760 Tres Cantos, Madrid  <b>Página Web:</b> <a href="http://www.bionostra.com">www.bionostra.com</a></p>	
<p><b>Persona de Contacto</b>  <b>Nombre:</b> Ana Carmen Martín  <b>Cargo:</b> Jefe de Área  <b>Correo electrónico:</b> acmartin@bionostra.com  <b>Teléfono:</b> 918060068</p>	
Áreas de aplicación	
<p><b>Detección y cuantificación de agentes nocivos</b>  <b>Componentes del Alimento:</b>  <b>Xenobióticos:</b>  <b>Agentes Infecciosos:</b>  <b>Biotoxinas:</b>  <b>Tóxicos que aparecen en el procesamiento:</b></p>	
<p><b>Detección de OMGs:</b> Alimentos, semillas, productos frescos y elaborados  <b>Identificación de Especies:</b> Especies vegetales, animales, patógenos, levaduras, etc.  <b>Aplicaciones en Conservación:</b> False  <b>Aplicaciones en Envasado:</b> False  <b>Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:</b>  <b>Otros:</b> Genotipado, marcadores moleculares, etc.</p>	
Servicios	
Servicio	Descripción
1. Detección y cuantificación de OGMs.	Detección y cuantificación de la cantidad de OGMs presentes en alimentos, bien frescos o procesados, en semillas y piensos.
2. Identificación de especies: pescados y productos marinos, productos cárnicos y vegetales.	Identificación de la especie de productos pesqueros (atún, bacalao, sardinas, mariscos, etc.). Respecto a carnes, identificación de la composición en productos elaborados (salchichas de vaca o cerdo, paté de cerdo o de pato, etc.). Identificación del origen de la leche con la que se elaboran los quesos. Identificación de especies vegetales.
3. Detección de <i>Brettanomyces</i> en vino.	<i>Brettanomyces</i> es una levadura que puede contaminar el vino, dando lugar a olores desagradables. El análisis detecta la contaminación, de manera que las bodegas pueden tomar las medidas oportunas.
4. Detección de patógenos.	Análisis de muestras de alimentos para comprobar que están libres de patógenos.
5. Identificación y caracterización de variedades y razas.	Caracterizar genotípicamente las variedades dentro de especies vegetales y las razas en animales.
Observaciones	

### BIOTOOLS, B&M LABS, S.A.

**Departamento:** Agroalimentación  
Valle de Tobalina, 52, Nave 43  
28021 Madrid  
**Página Web:** [www.biotoools.net](http://www.biotoools.net)

#### Persona de Contacto

**Nombre:** Raquel Cuéllar Gómez  
**Cargo:** Responsable Técnico de Laboratorio  
**Correo electrónico:** [rcuellar@biotoools.net](mailto:rcuellar@biotoools.net)  
**Teléfono:** 917100074

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:**

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Alimentos de todo tipo con contenido vegetal, excepto aceites vegetales

**Identificación de Especies:** Cabra, vaca, oveja, cerdo, pollo, pavo, pato, oca, caballo, ciervo, emú, ... Túnidos, gadiformes, merlúcidos, salmónidos, peces planos, ...

**Aplicaciones en Conservación:** False

**Aplicaciones en Envasado:** False

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
<b>1. Detección de OMGs.</b>	Screening de OMGs detectando las secuencias génicas promotor 35S y terminador NOS mediante PCR tradicional y PCR a tiempo real.
<b>2. Identificación de OMGs.</b>	Identificación de Soja RoundUp Ready, Maíz Bt176, Bt11, MON810 y T25.
<b>3. Cuantificación de OMGs.</b>	Determinación del porcentaje de Soja RoundUp Ready o Maíz Bt176 contenido en un alimento respecto al contenido total de soja o maíz respectivamente.
<b>4. Identificación de especies animales.</b>	Mediante PCR tradicional y PCR a tiempo real se detectan especies terrestres. Y mediante Secuenciación, especies de pescado.
<b>5. Detección de enfermedades hereditarias.</b>	Detección de la Hipertrofia Muscular Bovina y el Estrés Porcino.

### Observaciones

Técnicas utilizadas en el análisis alimentario: PCR, PCR a tiempo real, RFLPs y secuenciación de ADN.

**GENYCA INNOVA**

C/ Alegría, 18  
28220 Majadahonda, Madrid  
**Página Web:** [www.genyca.com](http://www.genyca.com)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Teresa Perucho Alcalde  
**Correo electrónico:** tperucho@ceu.es  
**Teléfono:** 696074300

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimetno:**

**Xenobióticos:**

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:**

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección OMGs:** Materias primas y alimentos frescos y procesados

**Identificación de Especies:** Especies animales y vegetales

**Aplicaciones en Conservación:** False

**Aplicaciones en Envasado:** False

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:** Identificación y cuantificación de patógenos en materias primas y alimentos: virus, bacterias, protozoos, hongos, etc.

**Servicios**

Servicio	Descripción
<b>1. Detección, identificación y cuantificación de OMGs en materias primas y alimentos frescos y procesados.</b>	Después de la purificación, a partir de distintas muestras alimentarias, el ADN se analiza por PCR y se compara con materiales de referencia certificados.
<b>2. Detección, identificación y cuantificación de agentes infecciosos en materias primas y alimentos frescos y procesados.</b>	Para evaluar la calidad alimentaria se analiza por PCR la presencia de ADN de organismos patógenos en todo tipo de alimentos.
<b>3. Detección e identificación de especies en alimentos procesados.</b>	Incluye la detección por PCR de material animal y vegetal en muestras frescas y procesadas, así como la detección e identificación de especies animales en todo tipo de alimentos y mezclas heterogéneas de los mismos.

**Observaciones**

Se realizan servicios de genética molecular en alimentos a petición del solicitante, en las mejores condiciones en cuanto a sensibilidad y rapidez en los análisis.

## INGENASA, INMUNOLOGÍA Y GENÉTICA APLICADA, S.A.

**Departamento:** Marketing / Comercial

C/ Hnos. García Noblejas, 39, 8º  
28037 Madrid

**Página Web:** [www.ingenasa.es](http://www.ingenasa.es)

### Persona de Contacto

**Nombre:** Elena Cristina Rivas Pérez

**Cargo:** Responsable de la línea de productos de Diagnóstico Alimentario

**Correo electrónico:** [crivas@ingenasa.es](mailto:crivas@ingenasa.es)

**Teléfono:** 913680501

### Áreas de aplicación

#### Detección y cuantificación de agentes nocivos

**Componentes del Alimento:** Alérgenos

**Xenobióticos:** Plaguicidas y Fertilizantes; Fármacos, Hormonas

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

#### Detección de OMGs:

**Identificación de Especies:** Vacuno, porcino y avícola

**Aplicaciones en Conservación:** False

**Aplicaciones en Envasado:** False

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

### Servicios

Servicio	Descripción
1. Distribución de productos.	Distribución y comercialización de test inmunoenzimático para el diagnóstico alimentario.
2. Apoyo técnico.	Asesoramiento y gestión técnica de los test inmunoenzimáticos.

### Observaciones

--



**Z.E.U INMUNOTEC, S.L.**

**Departamento:**

C/ María de Luna, 11, Nave 19  
50018 Zaragoza

**Página Web:** [www.zeu-inmunotec.com](http://www.zeu-inmunotec.com)

**Persona de Contacto**

**Nombre:** Pedro Razquin Casquero

**Cargo:** Gerente

**Correo electrónico:** [info@zeu-inmunotec.com](mailto:info@zeu-inmunotec.com)

**Teléfono:** 976731533

**Áreas de aplicación**

**Detección y cuantificación de agentes nocivos**

**Componentes del Alimento:** Alergenos

**Xenobióticos: Fármacos:** antibióticos,  $\beta$ -agonistas, corticosteroides

**Agentes Infecciosos:** Bacterias

**Biotoxinas:** Micotoxinas

**Tóxicos que aparecen en el procesamiento:**

**Detección de OMGs:** Sí

**Identificación de Especies:** Bovino, caprino,  $\beta$ -agonistas, corticosteroides

**Aplicaciones en Conservación:** False

**Aplicaciones en Envasado:** False

**Nuevos alimentos/Alimentos funcionales:**

**Otros:**

**Servicios**

Servicio	Descripción
1. Kits de diagnóstico alimentario.	Tests para el análisis de alimentos (Diversas aplicaciones).
2. Servicio antisueros a medida del cliente.	Desarrollo de anticuerpos policlonales.

**Observaciones**

--

## 6. Referencias

- Alam E. (1998). A review of analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63, 549-562.
- Antón, A.; Lizaso, J. Plaguicidas. Artículo disponible on line en la página web de la Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria (FUNDISA) ([www.fundisa.org](http://www.fundisa.org)).
- Cartoni, G.; Coccioli, F.; Jasionowska, R.; Masci, M. (1999). "Determination of cows' milk in goats' milk and cheese by capillary electrophoresis of the whey protein fractions" *Journal of Chromatography*, 846, 135-141.
- Chen, F. C.; Peggy Hsieh, Y-H. (2002). Porcine troponin I: a thermostable species marker protein. *Meat Science*, 61, 55-60.
- Dean O. Cliver. Transmisión de virus a través de los alimentos. Resumen de la situación científica. Documento *on line* elaborado por el panel de expertos del Institute of Food Technologists y publicado en The World of Food Science ([www.worldfoodscience.org](http://www.worldfoodscience.org)).
- Delahaut, P.; Levaux, C.; Eloy, P.; Dubois, M. (2003). Validation of a method for detecting and quantifying tranquilisers and a  $\beta$ -blocker in pig tissues by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 483, 335-340.
- European Mycotoxin Awareness Network ([www.lfra.co.uk/eman2/fsheet1.asp](http://www.lfra.co.uk/eman2/fsheet1.asp)).
- FDA (1998) Bad Bug Book. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition ([www.cfsan.fda.gov](http://www.cfsan.fda.gov)).
- Fichas técnicas de enfermedades animales de la Organización Mundial de Sanidad Animal recogidas en la página web de la Office International des Épizooties (OIE) ([www.oie.int](http://www.oie.int)).
- Gago-Martínez, A.; Piñeiro, N.; Agüete, E. C.; Vaquero, E.; Nogueiras, M.; Leao, J. M.; Rodríguez-Vázquez, J. A.; Dabek-Zlotorzynska, E. (2003). Further improvements in the application of high-performance liquid chromatography, capillary electrophoresis and capillary electrochromatography to the analysis of algal toxins in the aquatic environment. *Journal of Chromatography A*, 992, 159-168.
- Garthwaite, I. (2000). Keeping shellfish safe to eat: a brief review of shellfish toxins, and methods for their detection. *Trend in Food Science & Technology*, 11, 235-244.
- Gilbert, J. (2002). Validation of analytical methods for determining mycotoxins in foodstuffs. *Trends in analytical chemistry*, 21, 6-7.
- González-Martínez, B. E.; Gómez-Treviño, M.; Jiménez-Salas, Z. (2003). Bacteriocinas de probióticos. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 4 (2).
- González-Rumayor, V.; García-Iglesias, E.; Ruiz-Galán, O.; Gago-Cabezas, L. (2005). Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria. CEIM/ Dirección General de Universidades e Investigación.
- Gorrachategui, M. (2001). Seguridad Alimentaria: dioxinas. XVII Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), 189-215.
- Introduction to Allergen. Artículo *on line* disponible en la base de datos Food and Pollen Allergens - Agmobiol (<http://ambli.lsc.pku.edu.cn>).
- López-Tapia, J.; García-Risco, M. R.; Manso, M. A.; López-Fandiño, R. (1999). Detection of the presence of soya protein in milk powder. *Journal of Chromatography A*, 836, 153-160.
- Lucas Viñuela, E. Características generales de los medicamentos de uso veterinario. Criterios del Codex para el establecimiento de límites máximos de residuos (LMR). Consultora Internacional de la FAO.
- Lucas Viñuela, E. (2001). Aspectos generales de las micotoxinas. Evaluación según el *Codex Alimentarius*. Consultora Internacional de la FAO.

- Lucas Viñuela, E. Características generales de los plaguicidas. Principios para el establecimiento de los LMR de plaguicidas según la reunión conjunta FAO/ OMS sobre residuos de plaguicidas. Consultora Internacional de la FAO.
- McEvoy, J.D.G. (2002). Contamination of animal feedingstuffs as a cause of residues in food: a review of regulatory aspects, incidence and control. *Analytica Chimica Acta*, 473, 3-26.
- Mello, L. D.; Kubota, L. T. (2002). Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries. *Food Chemistry*, 77, 237-256.
- Montaner, J. (2003). Colorantes prohibidos: cantaxantina. Artículo *on line* publicado el 25 de febrero en el Diario de Seguridad Alimentaria Consumaseguridad ([www.consumaseguridad.com](http://www.consumaseguridad.com)).
- Pérez de Ciriza, J. A.; Huarte, A.; Saiz, I.; Ozcáriz, M. T.; Purroy, M. T. (1999). Residuos de sustancias inhibidoras en carnes. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 22, suplemento 3.
- Public health goal for benzo(a)pyrene in drinking water. Documento elaborado por: Pesticide and Environmental Toxicology Section, Office of Environmental y California Environmental Protection Agency, diciembre 1997.
- Quiberoni, A.; Auad, L.; Binetti, A. G.; Suárez, V. B.; Reinheimer, J. A.; Raya, R. R. (2003). Comparative analysis of *Streptococcus thermophilus* bacteriophages isolated from a yogurt industrial plant. *Food Microbiology*, 20, 461-469.
- Sair, A. I.; Suza, D. H. D.; Jaykus, L. A. (2002). Human enteric viruses as causes of foodborne disease. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1, 73-89.
- Scippo, M-L; Van De Weerd, C.; Willemsen, P.; François, J-M.; Rentier-Delrue, F.; Muller, M.; Martial, J. A. y Maghuin-Rogister, G. (2002) Detection of illegal growth promoters in biological samples using receptor binding assays. *Analytica Chimica Acta* 473, 135-141.
- Tersteeg, M. H. G.; Koolmees, P. A.; Van Knapen, F. (2002). "Immunohistochemical detection of brain tissue in heated meat products" *Meat Science*, 61, 67-72.
- Torres, J. M.; Brun, A.; Castilla, J.; Sánchez-Vizcaíno, J. M. Enfermedades producidas por priones ([www.sanidadanimal.info/priones/priones.htm#afec](http://www.sanidadanimal.info/priones/priones.htm#afec))
- Valle Vega, P.; Lucas Florentino, B. (2000). Toxicología de alimentos. Documento publicado por el Instituto Nacional de Salud Pública y el Centro Nacional de Salud Ambiental, Méjico.
- Velasco-García, M.; Mottram T. (2003). Biosensor technology addressing agricultural problems. Review paper. *Biosystems Engineering*, 84, 1-12.
- Wissiack, R.; de la Calle, B.; Bordin, G.; Rodríguez, A. R. (2003). Screening test to detect meta adulteration through the determination of hemoglobin by cation exchange chromatography with diode array detection. *Meat Science*, 64, 427-432.
- Zarkadas, M.; Scott, F. W.; Salminen, J.; Pong, A. H. (1999). Common allergenic foods and their labelling in Canada. A review. *Canadian Journal of Allergy & Clinical Immunology*, vol 4, nº 3, 118-141.

## 7. Lista de abreviaturas

<b>ADN</b>	Ácido desoxirribonucleico
<b>AFM</b>	Microscopía de fuerza atómica
<b>ARN</b>	Ácido ribonucleico
<b>ASP</b>	Toxina amnésica de los moluscos
<b>ATP</b>	Adenosín trifostato
<b>BAL</b>	Bacteria ácido-láctica
<b>DSP</b>	Toxina diarreica de los moluscos
<b>EDO</b>	Enfermedades de declaración obligatoria
<b>EEB</b>	Encefalopatía esponjiforme bovina
<b>ELISA</b>	Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration
<b>FINS</b>	Forensically Informative Nucleotide Sequencing
<b>HAPs</b>	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
<b>HPLC</b>	Cromatografía líquida de alta resolución
<b>LMR</b>	Límite máximo de residuos
<b>MALDI</b>	Desorción/ionización mediante láser asistida por matriz
<b>MER</b>	Material específico de riesgo
<b>MS/MS</b>	Espectrometría de masas en tandem
<b>NDIR</b>	Espectroscopia infrarroja cercana no dispersiva
<b>NIR</b>	Espectroscopia infrarroja cercana
<b>NSP</b>	Toxina neurotóxica de los moluscos
<b>OMG</b>	Organismo modificado genéticamente
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>PCBs</b>	Bifenilos policlorados
<b>PCR</b>	Reacción en cadena de la polimerasa
<b>PCR-SSCP</b>	Conformación de polimorfismos de cadena sencilla
<b>PNAs</b>	Ácidos nucleicos peptídicos
<b>PSP</b>	Toxina paralizante de los moluscos
<b>RAPD</b>	Perfiles de ADN por Amplificación Aleatoria
<b>RFLP</b>	Polimorfismos de los fragmentos de restricción
<b>RT-PCR</b>	PCR en tiempo real
<b>SBH</b>	Secuenciación por hibridación
<b>SDS</b>	Dodecil sulfato sódico
<b>SFLP</b>	Polimorfismos de los fragmentos de restricción de satélites
<b>SIM</b>	Sistema de Información Microbiológica
<b>SNIF-NMR</b>	Fraccionamiento isotópico natural específico de sitio
<b>TOF</b>	Tiempo de vuelo

## 8. Glosario

- **Acrilamida:** Compuesto que se utiliza en la fabricación de plásticos y producción de aguas, cancerígeno en dosis elevadas. En los alimentos puede formarse como resultado de tratamientos con altas temperaturas.
- **Aditivo:** Sustancia añadida intencionalmente a los alimentos con fines tecnológicos en cualquier etapa del proceso de elaboración.
- **Alérgeno:** Sustancia capaz de desencadenar una respuesta inmune en el organismo.
- **Amina biógena:** Molécula obtenida por la transformación química de un aminoácido que puede tener efectos adversos sobre la salud.
- **Antinutriente:** Compuesto que interfiere negativamente en la absorción y metabolismo de las sustancias nutritivas.
- **Bacteriocina:** Péptido de pequeño tamaño sintetizado por bacterias ácido-lácticas que presenta propiedades antimicrobianas.
- **Bacteriófago:** Virus que infecta bacterias pudiendo llegar a producirles la muerte.
- **Bifenilos policlorados:** Conjunto de compuestos peligrosos para la salud sintetizados artificialmente que se han utilizado como agentes dieléctricos, fluidos hidráulicos y componentes de plásticos y pinturas.
- **Biotoxina:** Sustancia tóxica que ha sido sintetizada por un ser vivo.
- **Compuesto xenobiótico:** Cualquier sustancia que no ha sido sintetizada por los seres vivos. En general, este término se aplica a compuestos como aditivos, fármacos, plaguicidas, fertilizantes, etc.
- **Dioxinas:** Conjunto de sustancias de carácter tóxico originadas como subproductos de diversos procesos industriales (incineraciones, síntesis de plaguicidas, blanqueo de papel, etc).
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos:** Conjunto de sustancias formadas a partir de la combustión incompleta de materia orgánica (carbón, petróleo, madera, restos animales y vegetales). Estos contaminantes ambientales son potencialmente tóxicos para los seres vivos.
- **Micotoxina:** Sustancia tóxica producida por hongos que tiene efectos negativos sobre la salud de las personas y los animales.
- **Nitrosamina:** Compuesto originado durante el proceso de curado de algunos alimentos como embutidos, quesos, pescados, etc., capaces de producir tumores en los tractos digestivo, respiratorio y urinario, así como en hígado.
- **Nutrigenómica:** Estudio de la relación entre los nutrientes que se consumen y la dotación genética, que permite el diseño de dietas "a la carta" para prevención de enfermedades.
- **Organismo modificado genéticamente:** Organismo en cuyo material genético se ha introducido una fracción de ADN procedente de otro organismo. Esta manipulación permite obtener un ser vivo con determinadas características de interés comercial, por ejemplo, un cultivo resistente a ciertos insectos.
- **Prión:** Agente infeccioso carente de ácido nucleico responsable de varias enfermedades neurodegenerativas entre las que se encuentra la encefalopatía espongiforme bovina.



agencia  
española de  
seguridad  
alimentaria

# Genoma España



Orense, 69, planta 2ª - 28020 Madrid  
Teléfono: 91 449 12 50 • Fax: 91 571 54 89  
[www.gen-es.org](http://www.gen-es.org)



**ESTEVE**



**Generalitat  
de Catalunya**