

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**“ACRILAMIDA, HIDROCARBUROS AROMÁTICOS  
POLICÍCLICOS Y NITRATOS EN ALIMENTOS:  
LEGISLACIÓN Y ESTADO DEL ARTE”**

TRABAJO FIN DE GRADO

JULIO-2021

Autor: Daniel Santamaría García

Tutores: Marina Cano Lamadrid

Esther Sendra Nadal



## TÍTULO

Acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos en alimentos: Legislación y estado del arte

## RESUMEN

Los contaminantes son sustancias que no han sido intencionadamente añadidas a los alimentos y su presencia es en muchas ocasiones inevitable. Este trabajo se centra en recopilar información acerca del contenido en alimentos, exposición y efectos en la salud de tres tipos de contaminantes: Acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos. Debido a su toxicidad y los niveles actuales de exposición existen disposiciones legales para regular la presencia de estas sustancias en los alimentos. El Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos es una importante herramienta para coordinar la actuación de los estados miembros en caso de detectar alimentos contaminados. La mayoría de la literatura relacionada con estos contaminantes publicada en los últimos años se enfoca principalmente en investigar su contenido en los alimentos y la exposición de la población.

**Palabras clave:** Contaminantes, límites máximos, acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos, nitratos, toxicidad

## TITLE

Acrylamide, polycyclic aromatic hydrocarbons and nitrates in food: Legislation and state of the art

## ABSTRACT

Contaminants are substances that have not been intentionally added to food and its occurrence is often unavoidable. This study aims to summarize the content in food, exposure and health effects of three groups of contaminants: Acrylamide, polycyclic aromatic hydrocarbons and nitrates. Due to their toxicity and current exposure of the population, legal regulations have been adopted in order to reduce the presence of this compounds in food. The Rapid Alert System for Food and Feed is an important tool that allows the coordination of the member states when contaminated food has been detected. The bulk of the literature related to these contaminants published in the last years is focused on determining their content in food and the levels of exposure.

**Keywords:** Contaminants, maximum levels, acrylamide, polycyclic aromatic hydrocarbons, nitrates, toxicity

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. Seguridad alimentaria vs Inocuidad alimentaria .....	6
1.2. Tipos de contaminantes .....	6
1.2.1. Contaminación Física .....	7
1.2.2. Contaminación Biológica .....	7
1.2.3. Contaminación Química .....	7
1.2.4. Clasificación Contaminantes Químicos.....	7
1.3. Importancia y antecedentes .....	9
1.4. Organismos inocuidad/seguridad alimentaria.....	10
1.4.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) .....	11
1.4.2. Comisión Codex Alimentarius.....	12
1.4.3 Administración de Alimentos y Medicamentos y Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos .....	13
1.4.4. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.....	14
1.4.5. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición .....	14
1.5. Exposición .....	16
1.6. Origen contaminantes químicos en las etapas del procesado .....	17
1.6.1. Materias Primas.....	17
1.6.2. Procesado .....	18
1.6.3. Envasado.....	18
1.6.4. Almacenamiento.....	18
2. OBJETIVOS .....	19
3. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Formación, exposición y límites .....	20
3.2. Toma de datos RASFF (Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos) .....	20
3.3. Revisión bibliográfica .....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Formación, exposición y límites .....	23
4.1.1. Acrilamida .....	23
4.1.1.1. Formación.....	23
4.1.1.2. Exposición Dietética .....	24
4.1.1.3. Efectos Biológicos.....	25
4.1.1.4. Dosis tolerable.....	26
4.1.1.5. Margen de Exposición .....	26

4.1.1.6. Legislación .....	27
4.1.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos.....	29
4.1.2.1. Origen.....	30
4.1.2.2. Exposición Dietética .....	30
4.1.2.3. Efectos Biológicos.....	31
4.1.2.4. Dosis Tolerable .....	33
4.1.2.4. Margen de Exposición .....	33
4.1.2.5. Legislación .....	33
4.1.3. Nitratos y nitritos.....	36
4.1.3.1. Origen.....	37
4.1.3.2. Exposición Dietética .....	37
4.1.3.3. Efectos Biológicos.....	38
4.1.3.4. Dosis Tolerable .....	39
4.1.3.5. Legislación .....	40
4.2. RASFF.....	46
4.2.1. Acrilamida .....	46
4.2.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos.....	49
4.2.3. Nitratos y nitritos.....	52
4.3. Revisión bibliográfica .....	56
4.3.1. Acrilamida.....	56
4.3.1.1. Contenido.....	56
4.3.1.2. Exposición.....	63
4.3.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos.....	66
4.3.2.1. Contenido .....	66
4.3.3. Nitratos y nitritos.....	71
4.3.3.1. Exposición.....	71
5. CONCLUSIONES .....	73
6. BIBLIOGRAFÍA.....	74
7. ANEXOS .....	85

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Seguridad alimentaria vs Inocuidad alimentaria

En ocasiones, el término **seguridad alimentaria** se utiliza de forma inadecuada en sustitución del concepto de inocuidad. Sin embargo, debido a que la palabra seguridad genera mayor confianza entre los consumidores, ésta es utilizada con mayor frecuencia.

El origen de esta confusión puede haberse producido al incorporar al léxico castellano los términos *Food Safety* y *Food Security* con la misma traducción, es decir, los dos términos anglosajones son traducidos por la misma palabra en castellano: Seguridad Alimentaria (Granado, 2020).

En inglés, *food safety* se refiere a la inocuidad de los alimentos, es decir, que no causa daño para el consumidor. La expresión *food security* queda reservada para describir la disponibilidad suficiente de alimentos (seguridad alimentaria); *security* se refiere aquí a la seguridad del abastecimiento. La **seguridad alimentaria** a nivel de individuo, hogar, nación y global se consigue cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana. (Cumbre Mundial de Alimentación, 1996).

De acuerdo al *Codex Alimentarius*, **inocuidad** es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando se prepare y/o consuma de acuerdo con el uso previsto. La inocuidad de los alimentos engloba acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad posible de los alimentos.

La inocuidad es una condición necesaria para que haya seguridad alimentaria, pero es un solo aspecto de la misma, puesto que no valdría de nada tener alimentos inocuos si no existen en cantidad suficiente o si la población no tiene acceso a los mismos (FAO, 2021).

Un ejemplo donde se ve reflejada esta confusión sería la denominación utilizada para referirse a la EFSA (*European Food Safety Agency*) en castellano: Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria. Esta distinción entre seguridad e inocuidad no suele realizarse en páginas web en castellano de organismos como la FAO o la EFSA. Sin embargo, al acceder a estas páginas en inglés, se observa que sí se utilizan ambos términos. En los países de América Latina es más frecuente utilizar ambos términos de forma distintiva. Cabe destacar que esta diferencia es conocida por los profesionales del sector, pero no entre la mayor parte de los consumidores.

### 1.2. Tipos de contaminantes

Los **contaminantes alimentarios** son sustancias que no han sido añadidas intencionadamente a los alimentos, pero que se encuentran en los mismos como resultado de las distintas etapas que siguen a lo largo de toda la cadena alimentaria:

producción, fabricación, transformación, preparación, tratamiento, acondicionamiento, envasado, transporte y almacenamiento; o como consecuencia de la contaminación medioambiental (AESAN, 2016). Estos compuestos no tienen una función en los alimentos o en el procesado de los mismos y su presencia se considera indeseable. Sin embargo, su presencia es en muchas ocasiones inevitable y se pueden encontrar en cualquier tipo de alimento.

Existen diferentes clasificaciones para la contaminación alimentaria. Se distinguen tres principales tipos: contaminación física, biológica y química (elika, 2017).

### **1.2.1. Contaminación Física**

Se considera contaminación física del alimento cualquier objeto presente en el mismo, que no deba encontrarse allí y sea susceptible de causar daño o enfermedad a quien consuma el alimento. Algunos ejemplos son la presencia de trozos de cristal, metal, y astillas, entre otros. Dentro de la contaminación física también se incluye la contaminación radioactiva.

### **1.2.2. Contaminación Biológica**

La contaminación biológica procede de seres vivos, tanto microscópicos como no microscópicos. Puede deberse a la presencia de bacterias, virus, hongos, y parásitos, entre otros.

### **1.2.3. Contaminación Química**

La contaminación química se da por la presencia de determinados productos químicos en los alimentos, que pueden resultar nocivos y/o tóxicos a corto, medio o largo plazo. Dado que este trabajo se centra en tres tipos de contaminantes químicos (acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos), este tipo de contaminación se explica en más detalle en la siguiente sección.

### **1.2.4. Clasificación Contaminantes Químicos**

Existen diversas clasificaciones de los contaminantes químicos. A continuación de muestra una figura con la clasificación más utilizada (Figura 1).



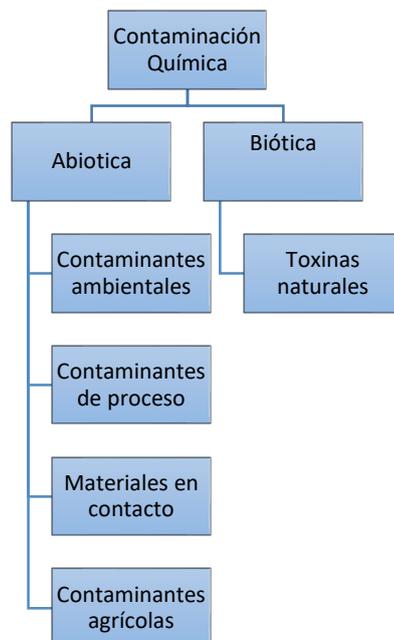
**Figura 1.** Clasificación de los contaminantes químicos en los alimentos.

A continuación, se detalla cada uno de ellos:

- i) **contaminantes ambientales**, los cuales han sido transferidos a los alimentos desde el medio ambiente o como contaminantes de proceso (metales pesados, las dioxinas, PCBs...);
- ii) aquellos que se han generado en los alimentos como consecuencia de diferentes reacciones químicas durante el **cocinado y procesado**;
- iii) los **materiales en contacto** con los productos alimentarios también pueden ser una fuente de compuestos químicos (formaldehído, bisfenol A, ftalatos, aminas primarias aromáticas...) con la capacidad de migrar hacia el alimento;
- iv) **toxinas** producidas por hongos (aflatoxinas, fumosinas, ocratoxina A, patulinas...), plantas (alcaloides) y algas;
- v) **residuos de compuestos** agrícolas (plaguicidas, fertilizantes, medicamentos veterinarios).

Hasta cierto punto, algunos de estos contaminantes se encuentran de forma natural en el medio ambiente pero su presencia puede verse incrementada por actividades humanas. Bajo el término contaminantes de procesado existen compuestos como la acrilamida y las aminas heterocíclicas entre otros, generados principalmente debido a la aplicación de calor. Otros procesos que pueden dar lugar a la formación de contaminantes son la fermentación (etilcarbamato, 3-monocloropropanodiol) o actividades de desinfección (trihalometanos).

La clasificación de los contaminantes también puede ser realizada en función del origen biológico o no biológico de los diferentes compuestos contaminantes. En este caso, se distinguiría entre contaminantes bióticos o abióticos como se observa en la Figura 2.



**Figura 2.** Clasificación química biótica y abiótica.

Se denomina contaminación biótica cuando el causante de la alteración es de origen biológico. Dentro de esta categoría se encuentran las toxinas naturales (micotoxinas, biotoxinas acuáticas, alcaloides...). Se considera contaminación abiótica cuando el compuesto contaminante es de naturaleza “química” o “artificial” y no ha sido generado por parte de un ser vivo (metales pesados, compuestos clorados, hidrocarburos aromáticos, residuos de plaguicidas...).

Algunos contaminantes alimentarios no presentan un único origen y no pueden ser fácilmente categorizados. Por ejemplo, los hidrocarburos aromáticos policíclicos pueden producirse durante el cocinado o la deshidratación o también pueden proceder del medio ambiente. El aluminio puede estar presente en un alimento de forma natural, por contaminación medio ambiental, por migración desde materiales en contacto con el alimento y también debido al uso de aditivos alimentarios. Del mismo modo, los nitratos son producidos de forma natural en las plantas, pero también puede ser considerado un contaminante cuya concentración puede verse afectada debido a prácticas agrícolas, y un aditivo alimentario (Schrenk y Cartus, 2017).

Los contaminantes alimentarios pueden tener un efecto agudo sobre la salud del consumidor debido, por ejemplo, a la ingesta de alimentos contaminados por bacterias o toxinas naturales. También pueden desencadenar efectos crónicos sobre la salud como consecuencia de una ingesta a largo plazo de pequeñas cantidades de contaminantes, siendo en este caso las alteraciones en la salud más difíciles de evaluar. A día de hoy, las consecuencias de la exposición a la mayoría de los contaminantes, sobre todo aquellos que causan toxicidad a largo plazo, no se conocen claramente y, debido a los avances en los métodos de detección analíticos, cada vez se descubren un mayor número de sustancia con potenciales efectos tóxicos que se encuentran en todas las categorías de alimentos.

Este trabajo se centrará exclusivamente en tres tipos de contaminantes abióticos: acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos.

### **1.3. Importancia y antecedentes**

Los alimentos nocivos suponen una amenaza para la salud humana y las economías a nivel mundial. La carga de las enfermedades transmitidas por los alimentos para la salud y el bienestar público y para las economías a menudo se ha subestimado debido a la falta de información y a la dificultad para establecer relaciones causales entre la contaminación de los alimentos y la enfermedad o muerte resultante, sobre todo en el caso de contaminantes químicos.

Un informe de la OMS de 2015 sobre las estimaciones de la carga mundial de enfermedades transmitidas por los alimentos presentó las primeras estimaciones mundiales de la incidencia y mortalidad de estas enfermedades. Se incluyeron 31 contaminantes alimentarios (bacterias, virus, parásitos, toxinas y productos químicos) causantes de 32 enfermedades. En conjunto, estos 31 agentes causaron 600 millones de

enfermedades transmitidas por los alimentos y 420.000 muertes en 2010. Sin embargo, este informe resalta que las estimaciones realizadas son conservadoras y que probablemente el número de muertes y enfermedades causadas por la contaminación de alimentos sea mayor (OMS,2015). Para estimar este número, por ejemplo, sólo se han tenido en cuenta los cuatro contaminantes químicos que se cree tienen un mayor impacto sobre la salud. Se determinó que estos cuatro agentes estaban asociados con 339.000 enfermedades y 20.000 muertes en el año 2010. Sin embargo, se resalta que estas cuatro sustancias deberían ser consideradas como la “punta del iceberg” en cuanto a los contaminantes químicos presentes en los alimentos con un impacto en la carga de enfermedades a nivel global.

Ciertas enfermedades crónicas, como el cáncer, insuficiencia renal o hepática, que resultan de alimentos contaminados, aparecen mucho después de la ingestión de los alimentos y nunca se llega a establecer la relación causal para cada caso. Esto apunta a algunos de los desafíos inherentes a la medición de la carga de las enfermedades transmitidas por los alimentos y el costo que generan sobre las economías y la salud.

Un informe del Banco Mundial de 2018 sobre las consecuencias económicas de las enfermedades transmitidas por los alimentos estima que la pérdida total de productividad asociada a este fenómeno en los países de ingresos bajos y medianos cuesta \$ 95,2 mil millones por año, y el costo anual del tratamiento de las enfermedades transmitidas por los alimentos se estima en \$ 15 mil millones (Jaffee et al., 2018).

#### **1.4. Organismos inocuidad/seguridad alimentaria**

Bajo este panorama, garantizar la inocuidad de los alimentos es una prioridad de salud pública y un paso esencial para lograr la seguridad alimentaria. La eficacia de los sistemas de control de la calidad e inocuidad de los alimentos es vital no solo para salvaguardar la salud y el bienestar de las personas, sino también para impulsar el desarrollo económico y mejorar los medios de vida al promover el acceso a los mercados nacionales, regionales e internacionales. Con el fin de perseguir este objetivo, existen multitud de organismos, algunos de los cuales serán expuestos a continuación (Tabla 1), así como una breve descripción del papel que desempeña cada uno.

**Tabla 1.** Organismos relacionados con la inocuidad alimentaria.

Organismo	País/Región	Acrónimo
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	Global	FAO
Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria	Europa	EFSA
Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición	España	AESAN
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos	USA	USDA
<i>Food and Drug Administration</i>	USA	FDA
<i>National Agency for Food and Drug Administration and Control</i>	Nigeria	NAFDAC
<i>Ghana Food and Drugs Authority</i>	Ghana	FDA Ghana
Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria	Argentina	SENASA
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios	México	COFEPRIS
<i>Health Products and Food Branch</i>	Canada	HPFB
<i>Saudi Food and Drug Authority</i>	Arabia Saudi	SFDA
<i>Bangladesh Food Safety Authority</i>	Bangladesh	BFSA
<i>Food and Drug Administration/Food and Drug Board of Authority</i>	Burma	FDA Burma/ FDBA
<i>National Medical Products Administration</i>	China	NMPA
<i>Centre for Food Safety</i>	Hong Kong	CFS
<i>Food Safety and Standards Authority of India</i>	India	FSSAI
<i>Department of Food Technology and Quality Control</i>	Nepal	DFTQC
<i>Food and Drug Administration PHILIPPINES</i>	Filipinas	FDA PHILIPPINES
<i>Ministry of Food and Drug Safety</i>	Korea del Sur	MFDS
<i>The Food and Drug Administration</i>	Taiwan	TFDA
<i>Food Safety and Quality Division</i>	Malasia	FSQD
<i>Federal Agency for the Safety of the Food Chain</i>	Bélgica	FASFC
<i>Hellenic Food Authority</i>	Grecia	HFA
<i>Federal Ministry of Food and Agriculture</i>	Alemania	BMEL
<i>Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority</i>	Países bajos	NVWA
<i>The Norwegian Food Safety Authority</i>	Noruega	
<i>Autoridade de Segurança Alimentar e Económica</i>	Portugal	ASAE
<i>Food Standards Agency</i>	Reino Unido	FSA
<i>Food Standards Australia New Zealand</i>	Oceania	FSANZ

#### **1.4.1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)**

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, *Food and Agricultural Organization*) es la única organización internacional que tiene supervisión sobre todos los aspectos de la cadena alimentaria. Se trata de un organismo especializado de la ONU que dirige las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Brinda sus servicios tanto a países desarrollados como a países en vías de desarrollo y actúa como un foro neutral donde todas las naciones se reúnen como iguales para negociar acuerdos y debatir políticas. También es fuente de conocimiento e información a nivel mundial y ayuda a los países en vías de desarrollo y

transición a modernizar y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras con el fin de asegurar una buena nutrición para todos.

La Unidad de Inocuidad y Calidad de los Alimentos de la FAO desempeña un importante papel sobre los sistemas de control de la calidad e inocuidad de los alimentos en los planos nacional, regional e internacional. Es importante su reconocida función de liderazgo a la hora de elaborar iniciativas mundiales relacionadas con la inocuidad alimentaria y la incorporación de estas como medidas a nivel nacional. También es de destacar su enfoque integrativo y multidisciplinar en la gestión de la inocuidad alimentaria y su frecuente colaboración con diversas organizaciones nacionales e internacionales (FAO, 2021)

#### **1.4.2. Comisión Codex Alimentarius**

La Comisión, conocida también como CAC, constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de proteger la salud del consumidor y asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio de alimentos.

El *Codex Alimentarius*, o “Código Alimentario”, es un conjunto de normas internacionales, directrices y códigos de prácticas aprobados por esta comisión que buscan garantizar que los alimentos sean seguros y puedan comercializarse. Los miembros del *Codex* establecen recomendaciones de base científica en todos los ámbitos relacionados con la inocuidad y calidad de los alimentos. Los textos del *Codex* sobre inocuidad de los alimentos también son una referencia para la solución de diferencias comerciales entre países. El *Codex Alimentarius* contiene disposiciones sobre higiene de los alimentos, aditivos alimentarios, residuos de plaguicidas y de medicamentos veterinarios, contaminantes, etiquetado y presentación, métodos de análisis y muestreo, e inspección y certificación de importaciones y exportaciones (PAHO/WHO, 2021)

Estas normas y textos afines del *Codex* no sustituyen ni son una solución alternativa a la legislación nacional. Las leyes y procedimientos administrativos de cada país contienen disposiciones que es necesario cumplir. A pesar de tratarse de recomendaciones para la aplicación voluntaria por parte de los miembros, las normas del *Codex* sirven en muchas ocasiones como base para la legislación nacional. Es importante destacar El Comité del *Codex* sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) es el que establece y aprueba niveles máximo o niveles de referencia para contaminantes y sustancias tóxicas naturales presentes en los alimentos y piensos. Además, prepara listas de prioridades sobre contaminantes para su evaluación de riesgo por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y examina métodos de análisis y muestreo para la determinación de la presencia de contaminantes en los alimentos (FAO, 2017).

### **1.4.3 Administración de Alimentos y Medicamentos y Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos**

El sistema de inocuidad alimentaria en los Estados Unidos es característico por su complejidad. Existen numerosas agencias federales, estatales y locales que comparten responsabilidades en la regulación de la inocuidad alimentaria. La Oficina de Responsabilidad del Gobierno de Estados Unidos (GAO) ha identificado hasta 15 agencias federales responsables de administrar al menos 30 leyes relacionadas con la inocuidad alimentaria. Las autoridades locales y estatales responsables de la inocuidad alimentaria colaboran con las agencias federales para llevar a cabo inspecciones y otras actividades.

La responsabilidad federal de la inocuidad alimentaria recae principalmente en la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, *Food and Drug Administration* en inglés), que forma parte del Departamento de Salud y Servicios Humanos (HHS, *Department of Health and Human Services*) y en el Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos (FSIS, *Food Safety Inspection Service*) que forma parte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, *United States Department of Agriculture*).

La FDA tiene responsabilidad sobre la inocuidad de la mayoría (entre 80%-90%) de todos los alimentos producidos en los Estados Unidos e importados. Su responsabilidad recae en garantizar que todos los alimentos nacionales e importados, excepto la mayoría de las carnes y aves, sean seguros, nutritivos, saludables y estén adecuadamente etiquetados. Ejemplos de alimentos regulados por la FDA son frutas y verduras, productos lácteos y alimentos procesados. La FDA también tiene supervisión sobre la gran mayoría de los alimentos precedentes del mar. El Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos de la USDA regula la seguridad, la salubridad y el etiquetado de la mayoría de carnes, aves y algunos productos de huevo (compartiendo responsabilidades con la FDA), que comprenden aproximadamente del 10% al 20% del suministro de alimentos en los Estados Unidos.

También cabe destacar la contribución en la inocuidad alimentaria de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, *Centers for Disease Control and Prevention*) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, *Environmental Protection Agency*). El CDC es principalmente responsable de monitorear, identificar e investigar las enfermedades transmitidas por los alimentos para determinar los factores contribuyentes; trabajar con FDA, FSIS y otras agencias y departamentos para desarrollar métodos de control y evaluar la efectividad de éstos. La EPA, entre otras actividades, regula el uso de determinados productos químicos y sustancias que presentan un riesgo de dañar la salud o el medio ambiente. Regula los pesticidas permitidos; establece niveles máximos de residuos en productos alimenticios y piensos y establece estándares nacionales sobre el agua de bebida (Johnson, 2016).

#### **1.4.4. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria**

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, *European Food Safety Authority*) es una agencia europea financiada por la Unión Europea que opera independientemente de las instituciones legislativas y ejecutivas europeas (Comisión, Consejo, Parlamento) y de los Estados miembros de la UE. Ofrece asesoramiento científico para ayudar a los responsables políticos a tomar decisiones fundamentadas sobre los riesgos relacionados con los alimentos. La autoridad se creó en 2002 tras las crisis alimentarias que tuvieron lugar a finales de los años 90 en Europa mediante el Reglamento (CE) Nº178/2002.

Se trata de una parte esencial de un marco institucional de la Unión Europea que garantiza la seguridad de los consumidores, los animales y el medio ambiente frente a los riesgos asociados a la cadena alimentaria. La actividad principal de la EFSA es la evaluación científica de riesgos. La autoridad también desempeña un papel esencial en la comunicación de recomendaciones a sus principales socios, partes interesadas y al público en general (EFSA, 2013).

El asesoramiento científico, los datos y la asistencia técnica proporcionados por la EFSA ayudan a los gestores del riesgo a tomar decisiones informadas sobre la regulación y el control de la cadena alimentaria. En el ámbito de los contaminantes de los alimentos, este trabajo es realizado por científicos pertenecientes a la Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de la EFSA (Comisión Técnica CONTAM). Sin embargo, la EFSA no tiene poder de cara a tomar decisiones sobre las medidas europeas o nacionales dirigidas a regular la exposición de la población a los contaminantes. Estas tareas son responsabilidad de los gestores del riesgo de la Comisión Europea, el Parlamento Europeo y los Estados miembros.

Sus principales tareas son (Unión Europea, 2020: i) recopilar datos y conocimientos científicos; ii) ofrecer asesoramiento científico independiente y actualizado sobre cuestiones de seguridad alimentaria; iii) divulgar su labor científica; y, iv) cooperar con los países de la UE, los organismos internacionales y otras partes interesadas.

Es de relevancia mencionar el Reglamento (UE) 2019/1381 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, sobre la transparencia y la sostenibilidad de la determinación o evaluación del riesgo en la UE en la cadena alimentaria que ha entrado en aplicación el pasado 27 de marzo de 2021. Los principales objetivos de este reglamento son garantizar una mayor transparencia, incrementar la independencia de los estudios y desarrollar una comunicación integral en todo el proceso de análisis de riesgos con todas las partes interesadas.

#### **1.4.5. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición**

La Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) desempeña, en el marco competencial de la Administración General del Estado, las funciones relacionadas con la inocuidad alimentaria y la nutrición saludable.

Es un Organismo Autónomo, adscrito orgánicamente al Ministerio de Consumo, a través de la Secretaría General de Consumo y Juego y funcionalmente al Ministerio de Consumo, al Ministerio de Sanidad y al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Milá, 2010).

Sus principales funciones son (Milá, 2010): i) reducir los riesgos de las enfermedades transmitidas o vehiculadas por los alimentos; ii) garantizar la eficacia de los sistemas de control de los alimentos; iii) asesorar en la planificación y desarrollo de las políticas alimentarias; iv) coordinar las actuaciones relacionadas directa o indirectamente con la seguridad alimentaria; v) instar actuaciones ejecutivas y normativas, de las autoridades competentes, especialmente en situaciones de crisis o emergencia; y, iv) coordinar el funcionamiento de las redes de alerta existentes en el ámbito de la seguridad alimentaria y cualquier actuación relacionada.

La AESAN también es la responsable de la coordinación general del Plan Nacional de Control de la Cadena Alimentaria (PNCOCA). El PNCOCA es el documento que describe los sistemas de control oficial a lo largo de la cadena alimentaria en España, desde la producción primaria hasta los puntos de venta al consumidor final. El plan describe las actuaciones de control oficial de las distintas administraciones públicas españolas. Estos controles deben ser realizados por las diferentes comunidades autónomas que también son las encargadas de la toma de medidas en caso de que se encuentren incumplimientos. La existencia de un Plan Nacional de control multianual es obligatoria en todos los Estados Miembros de la Unión Europea, de acuerdo con el Artículo 109 del Reglamento (UE) 2017/625, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2017, sobre los controles y otras actividades oficiales realizados para garantizar la aplicación de la legislación sobre alimentos y piensos, y de las normas sobre salud y bienestar de los animales, sanidad vegetal y productos fitosanitarios (AESAN, 2021).

Desde el 1 de enero de 2021, está en aplicación el cuarto Plan de control, denominado “Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria 2021-2025”. Cada año, el Plan Nacional es evaluado mediante la publicación de un Informe anual de resultados de control oficial, que se remite a la Comisión europea y a las Cortes Generales.

Otro aspecto a destacar de esta agencia es su participación en la publicación de la primera “Guía Nacional de Gestión de Alertas Alimentarias” de 2020. Se trata de un documento-guía, elaborado por el Órgano Permanente para la Seguridad Alimentaria (OPSA) de carácter orientativo y voluntario, que recoge buenas prácticas en materia de investigación, gestión y comunicación en situaciones de alerta alimentaria, a la vez que clarifica los criterios y mecanismos de coordinación con las autoridades competentes. Su objetivo es servir como herramienta que facilite a las empresas del sector agroalimentario gestionar de manera más eficaz las situaciones en las que se haya detectado un riesgo para la salud de los consumidores.

## 1.5. Exposición

Las rutas de exposición a través de las cuales los contaminantes pueden ingresar en el organismo son la inhalación, ingestión, absorción dérmica (piel, ojos) e inyección. En el caso de los alimentos la vía con mayor peso es la ingestión. Sin embargo, la inhalación también representa una vía relevante ya que durante el procesado térmico de los alimentos se generan compuestos con la capacidad de ser inhalados.

Existen numerosas fuentes (Figura 4) a través de las cuales la población está expuesta a estas sustancias. Los alimentos, el agua, el aire, productos de cuidado personal y el resto de elementos con los que interactuamos y entramos en contacto presentan el potencial de contener sustancias químicas con efectos adversos sobre la salud (Thompson y Darwish, 2019).



**Figura 4.** Fuentes de exposición. *Adaptado de Angerer et al., 2006.*

Para intentar determinar en qué nivel la población está expuesta a sustancias químicas específicas y potencialmente nocivas, se han desarrollado programas de biomonitorio humano en varios países de todo el mundo. El biomonitorio consiste en la evaluación de la exposición humana a sustancias químicas midiendo la presencia de estas sustancias químicas o sus metabolitos en muestras humanas, como sangre u orina. Aunque los datos de biomonitorio humano por sí no proporcionan información sobre los efectos en la salud, estos pueden ser una herramienta útil para identificar no solo los riesgos de la exposición a sustancias químicas en la población general, sino también en las poblaciones más vulnerables y las asociaciones entre la exposición a sustancias químicas y la ingesta de alimentos (Choi, Polcher *et al.*, febrero 2015). El primer reporte se publicó en el año 2001 y únicamente contenía niveles para 27 compuestos químicos ambientales. Cada año la cantidad de compuestos que se analizan aumenta, hasta tal punto que la última publicación actualizada (CDC, marzo 2021) recoge información de más de 400 especies químicas presentes en el cuerpo humano. En la mayoría de los participantes se identificó **acrilamida, cotinina, trihalometanos, bisfenol A, ftalatos, pesticidas clorados, triclosán, pesticidas organofosforados, piretroides, metales pesados, hidrocarburos aromáticos, éteres de difenilo polibromados, benzofenonas, perfluorocarbonos, así como una gran variedad de bifenilos policlorados y disolventes** (Crinnion, 2010).

El consumo de alimentos es una importante vía de exposición humana a contaminantes de diversas fuentes (Vogt *et al.* 2012). La exposición de un individuo a estos contaminantes es alta. Los contaminantes alimentarios se encuentran en casi todos los alimentos, incluidas las frutas, cereales, los productos horneados, las verduras, las aves, la carne y los productos lácteos (Kantiani *et al.*, 2010). En un estudio llevado a cabo en 2002 por Schafer y Kegley se encontró que no era poco frecuente que en un solo alimento se encuentren residuos de cinco o más de cinco compuestos químicos persistentes.

Otro estudio examinó la exposición dietética de la población de EEUU a 37 diferentes contaminantes y reveló que la exposición para 20 de los compuestos analizados excedía las concentraciones de referencia para efectos carcinogénicos. Estas concentraciones de referencia indican que debido a la exposición diaria a los contaminantes existe una probabilidad de mostrar efectos adversos. También se estimó que los niños excedían los niveles de referencia para toda una vida para el consumo de estos contaminantes a la edad de 12 años (Dougherty *et al.*, 2000).

Un estudio más reciente estimó la exposición de niños y adultos a diferentes contaminantes alimentarios observando que todos los niños estuvieron expuestos a concentraciones por encima del nivel de referencia para los efectos carcinogénicos para arsénico, dieldrina, DDE y dioxinas. Esto es de especial relevancia en el caso de los niños ya que la mayoría de estos compuestos son potenciales disruptores endocrinos por lo que pueden afectar, entre otras cosas, a un normal desarrollo (Vogt *et al.*, 2012).

En un análisis realizado en mujeres embarazadas en los EE. UU, se detectaron bifenilos policlorados, pesticidas organoclorados, químicos perfluorados, fenoles, éteres de difenilo polibromados, ftalatos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y perclorato en el 99-100% de las mujeres embarazadas (Woodruff *et al.*, 2011).

## **1.6. Origen contaminantes químicos en las etapas del procesado**

La introducción de peligros para la inocuidad de los alimentos puede ocurrir en cualquier punto de la cadena alimentaria. A continuación, se describe, con más detalle, algunos ejemplos de contaminantes que pueden introducirse en el alimento en las diferentes etapas del procesado (Li *et al.*, 2021).

### **1.6.1. Materias Primas**

Las materias primas alimentarias están en contacto con el medio ambiente, lo que conduce a la posible acumulación de contaminantes tóxicos ambientales, como metales pesados y contaminantes orgánicos. Aunque la seguridad alimentaria se ve afectada por el transporte, el procesamiento, el almacenamiento y la cocción de los alimentos, el entorno primario (por ejemplo, aire, suelo, riego, calidad del agua superficial, pesticidas y fertilizantes) afecta la seguridad alimentaria desde el lugar de origen hasta la mesa del consumidor.

### **1.6.2. Procesado**

El calentamiento térmico es la principal forma de procesado responsable de la formación de sustancias contaminantes en los alimentos. Dentro de estos compuestos generados se pueden distinguir diferentes grupos de sustancias: i) acrilamida; ii) hidrocarburos aromáticos policíclicos; iii) aminas aromáticas heterocíclicas; iv) cloropropanoles; v) compuestos N-Nitroso; vi) compuestos de la oxidación de proteínas, y, vii) derivados de pesticidas.

### **1.6.3. Envasado**

Los materiales de envasados más utilizados son el papel, el plástico y el metal. Los productos químicos incluidos en los materiales de los envases pueden migrar bajo determinadas condiciones hacia el alimento. Durante el almacenamiento y procesado algunos abrillantadores y colorantes presentes en el papel son capaces de migrar al alimento. El metal utilizado en los envases puede verse deteriorado por ciertas características del alimento almacenado liberando, entre otros, restos de cromo y plomo. Para evitar la corrosión de los metales, el interior de los envases se recubre con resinas que pueden liberar compuestos con posibles efectos adversos sobre la salud como el bisfenol A (Konieczna *et al.*, 2015; Sonavane y Gassman, 2019). Los materiales de plástico a menudo contienen antioxidantes y plastificantes que pueden migrar a los alimentos envasados. La mayoría de estos aditivos también parecen presentar efectos adversos (Erythropel *et al.*, 2014; Ibarra *et al.*, 2018).

### **1.6.4. Almacenamiento**

Durante el almacenamiento el alimento se ve afectado por diferentes microorganismos y contaminado en algunos casos con micotoxinas. También se produce una degradación de los residuos de pesticidas en compuestos derivados.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo fin de grado es realizar una revisión legislativa y científica para conocer el estado del arte de diversos contaminantes en alimentos: acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos.

Para ello, se detallan los objetivos específicos a alcanzar:

- Realizar una revisión de la legislación vigente aplicable a estos contaminantes en la Unión Europea.
- Realizar una toma y discusión de datos del portal del Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) para la acrilamida, hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos.
- Realizar una revisión bibliográfica de la literatura publicada desde el año 2019 hasta la actualidad relativa a estos tres tipos de contaminantes.



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Formación, exposición y límites

La información relativa a la formación y exposición se ha obtenido principalmente consultado las opiniones científicas emitidas por la EFSA y artículos web publicados por la AESAN y la Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria.

Para obtener los límites se ha realizado una búsqueda de la legislación vigente complementada por información disponible en la web de AESAN y la Comisión Europea.

#### 3.2. Toma de datos RASFF (Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos)

El Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, *Rapid Alert System for Food and Feed*) es una herramienta de tecnologías de la información concebida para intercambiar rápidamente información entre las distintas autoridades nacionales responsables de la salud pública sobre los riesgos para la salud relacionados con los alimentos y los piensos. Permite que todos sus miembros realicen acciones coordinadas, coherentes y simultáneas a fin de conseguir una elevada protección de los consumidores.

Cuando un país que forma parte de la red identifica un peligro para la salud en un producto alimentario, informa al resto de los miembros de la red sobre el producto en cuestión y las medidas tomadas para hacer frente al riesgo. Estas medidas incluyen: la retirada, la recuperación, la confiscación o el rechazo de los productos. Este intercambio rápido de información permite a todos los miembros del RASFF comprobar en tiempo real si también están afectados, y si es necesaria desarrollar una acción urgente. Las autoridades de los países afectados tienen la responsabilidad de tomar las medidas de emergencia necesarias, entre las que se incluye informar directamente al público, retirar productos del mercado y realizar controles.

Los miembros que forman parte del sistema son todos los estados de la Unión Europea, Noruega, Liechtenstein, Islandia, Suiza, la EFSA, la AELC (Asociación Europea de Libre Cambio) y la Comisión Europea, siendo esta la responsable de la gestión del sistema. También pueden participar terceros países u organizaciones internacionales (Unión Europea, 2017).

El portal RASFF dispone de una base de datos de búsqueda en línea la cual permite el acceso público a la información resumida de las notificaciones publicadas en el sistema. Es a partir de esta base de datos de acceso público que se han recopilado las notificaciones correspondientes a los tres tipos de contaminantes como parte de la toma de datos de este trabajo.

Cada año la Comisión también publica un informe que recopila la actividad del RASFF. Estos documentos ofrecen cifras detalladas sobre los tipos de notificaciones emitidas, los países que las han emitido, los tipos de productos más afectados, los riesgos más

frecuentes... Los datos vienen acompañados de figuras que facilitan su visualización y comparación. El último informe anual publicado corresponde al año 2019.

La búsqueda realiza se detalla a continuación:

1. Acceder a la web RASFF *WINDOW* (<https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search>).
2. Rellenar los siguientes campos para los distintos contaminantes:

ACRILAMIDA:

-Date:

-Start Date: 21/11/2017

-End Date: 30/03/2021

-Countries: Any

-Type: Any

-Product: Any

-Risk: Any

-Subject: "Acrylamide"

Una vez completados los campos presionar "Search" y a continuación "Export data to .xlsx archive".

Es importante mencionar que la web de RASFF *WINDOW* ha sufrido modificaciones en el último mes (abril) y, a día de hoy, no es posible exportar las notificaciones obtenidas a formato .xlsx (Excel). Para poder acceder a esta función es necesario ser un usuario registrado disponiendo de una cuenta "EU Login" (servicio de autenticación de usuarios de la Comisión Europea). La misma metodología se siguió para encontrar las alertas de hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitratos.

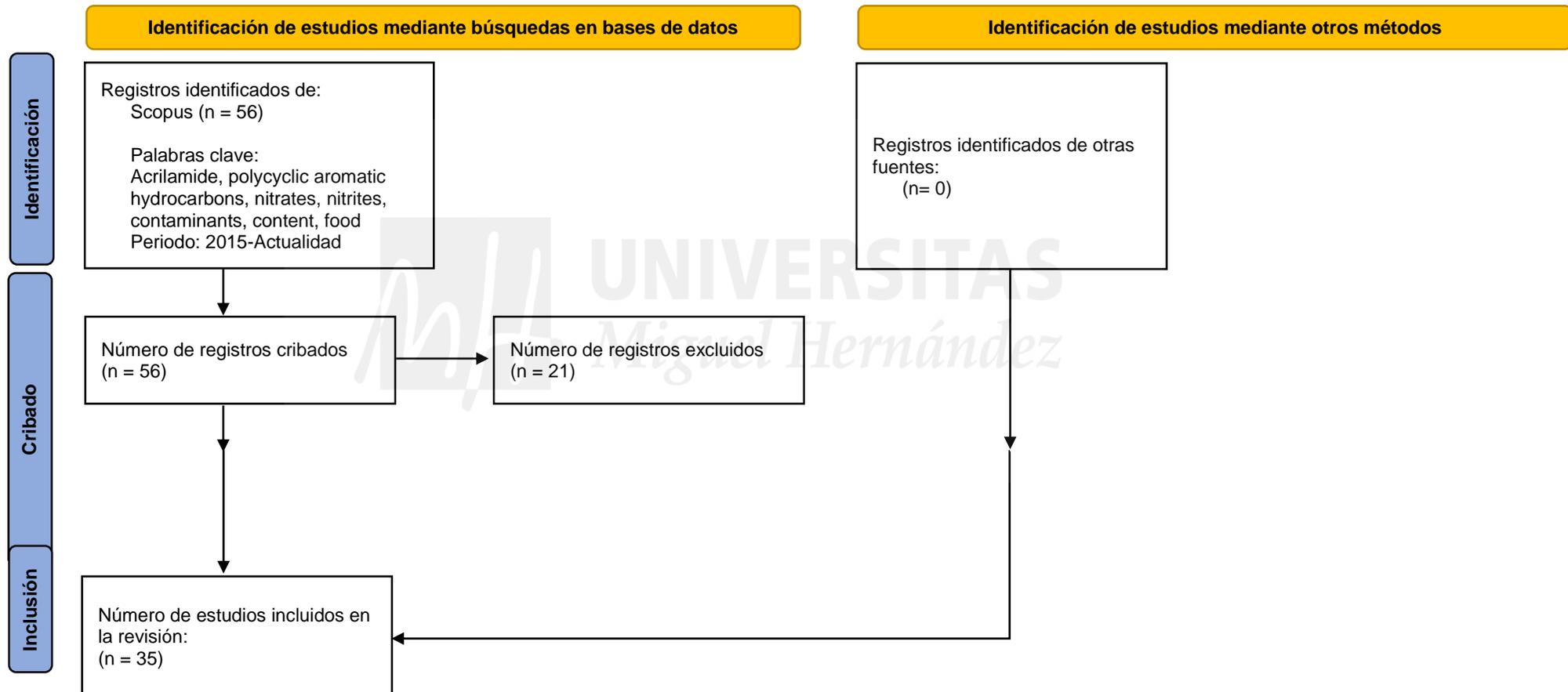
A la fecha en la que se realizó esta búsqueda ya no estaba disponible la función "Export data to .xlsx archive" por lo que no se pudieron exportar las notificaciones a un documento Excel. En este caso se trasladaron de forma manual a una tabla de las mismas características que las de los otros dos contaminantes.

Una vez exportadas las notificaciones de cada contaminante a un documento Excell se han elaborado, además de una tabla con todas ellas (Anexo I, Anexo II, Anexo III), diferentes tablas con el fin de organizarlas y poder observar algunas de las tendencias y características que presentan las notificaciones de los distintos contaminantes.

La categorización de los datos se ha llevado a cabo agrupando las notificaciones en diferentes apartados y expresándolas como porcentajes según la categoría a la que pertenecen los productos afectados, la base de la notificación (tipo de control donde se ha detectado la irregularidad), la decisión del riesgo, el país que la ha emitido y el país de origen del producto afectado.

### 3.3. Revisión bibliográfica

A continuación, se muestra la metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) utilizada para realizar la revisión bibliográfica (Page *et al.*, 2020).



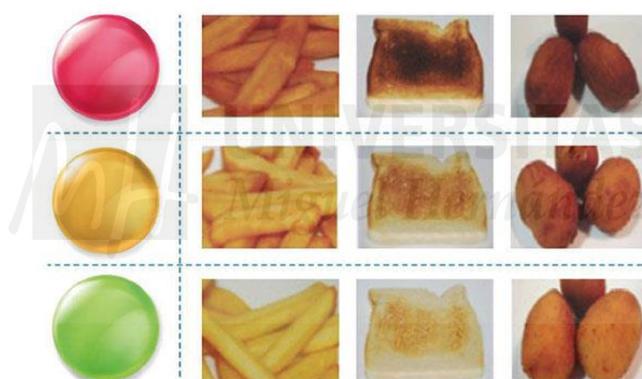
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Formación, exposición y límites

#### 4.1.1. Acrilamida

La acrilamida es un compuesto orgánico de bajo peso molecular, muy hidrosoluble, que se forma principalmente al cocinar determinados alimentos ricos en almidón a temperaturas superiores a 120°C y con baja humedad (frituras, asados); esto es debido principalmente a la reacción de Maillard, que se produce entre ciertos aminoácidos, tales como la asparraguina libre, y los azúcares reductores (glucosa, fructosa y otros) y que confiere a los alimentos un color dorado (Figura 6), influyendo además en su sabor. También está presente en el humo de tabaco y es ampliamente utilizado en diferentes procesos industriales (Baskar y Aiswarya, 2018).

### SEMÁFORO DE ACRILAMIDA EN ALIMENTOS



**Figura 6.** Campaña AESAN acrilamida.

Fuente: OCU, 2018

En 2002 investigadores de Suiza reportaron, por primera vez, la presencia de acrilamida en diferentes alimentos a niveles más elevados que otros compuestos alimentarios carcinógenos mejor conocidos. Antes de este hallazgo, se creía que el peligro de la acrilamida provenía principalmente de una exposición ocupacional ya que este compuesto también es empleado como material industrial para la producción de poliacrilamida, utilizada a su vez en las industrias de cosméticos, agrícola, tratamiento de aguas residuales, textiles, entre otros (Koszucka *et al.*, 2020).

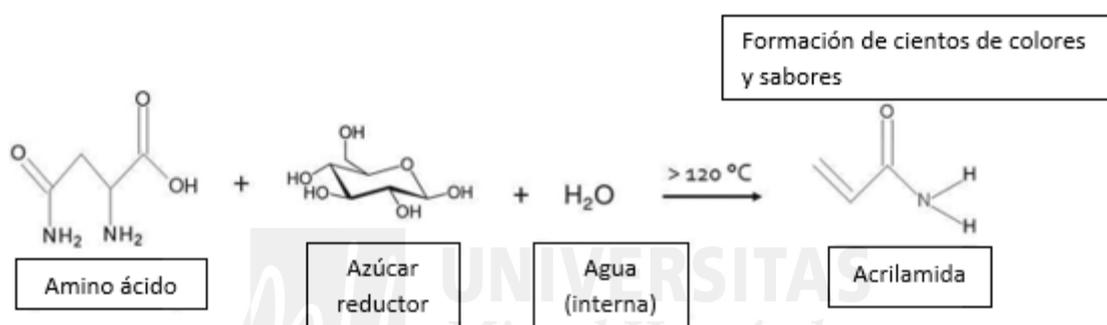
#### 4.1.1.1. Formación

En la reacción de Maillard, el grupo de aminoácidos nucleofílicos reacciona con el grupo carbonilo reactivo del azúcar y forma una mezcla compleja de moléculas responsables de una variedad de tonos dorados y sabores característicos (Figura 7) (Koszucka *et al.*,

2020). Hay tres principales pasos involucrados en la reacción de Maillard responsable de la aparición de acrilamida:

- Condensación de grupos amino libres con azúcares reductores para formar acroleína.
- Degradación Strecker: degradación de aminoácidos a aldehídos y amoniacos en condiciones de alta temperatura y presión.
- Formación de acrilamida debido a la combinación de compuestos nitrogenados y ácido acrílico.

La acrilamida también puede formarse por otras vías minoritarias, como la reacción entre el ácido aspártico y los azúcares reductores y la degradación térmica de aminoácidos y proteínas, entre otras (Koszucka *et al.*, 2020). Los productos alimenticios derivados de plantas dan lugar a una mayor formación de acrilamida debido a la presencia de glucosa, fructosa y asparagina.



**Figura 7.** Reacción de Maillard en la formación de acrilamida (adaptado de Koszucka *et al.*, 2020).

#### 4.1.1.2. Exposición Dietética

Los productos ricos en carbohidratos cocinados y fritos, en particular patatas fritas, pan, croquetas, cereales para el desayuno y café y sus sustitutos son la fuente dietética de acrilamida más importante en adultos; seguidos del pan de molde, las galletas, las tostadas y el pan crujiente.

Algunas otras categorías de alimentos, como las patatas fritas de bolsa (chips) y otros snacks, contienen niveles relativamente altos de acrilamida, pero su contribución general a la exposición alimentaria es más limitada.

En relación al peso corporal, los niños son el grupo de población más expuesto (Tabla 2). Para la mayoría de niños y niñas, los productos relacionados con las patatas fritas, representan hasta la mitad de la exposición dietética a acrilamida. En bebés, la fuente más importante son los biscotes y las galletas (CONTAM, 2015). En el caso de este contaminante, las preferencias en el procesado térmico en los hogares pueden tener un gran impacto en la exposición humana a acrilamida.

**Tabla 2.** Ingestas estimadas de acrilamida en Europa (CONTAM, 2015).

Grupo de población	Exposición dietética media ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día) (mínimo LB- máximo UB)
Lactantes (0-1 año)	0,8 - 1
Niños pequeños (1 a 3 años)	1,3- 1,4
Niños mayores (4 a 10 años)	1,2
Adolescentes (11 a 18 años)	0,7
Adultos (19 a 65 años)	0,5
Personas mayores (>65 años)	0,4- 0,5

LB=Límite inferior; UB=Límite superior; p.c.=Peso corporal

#### 4.1.1.3. Efectos Biológicos

La acrilamida se encuentra clasificada como “probable carcinógeno para los humanos” (Grupo 2A) por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) en base a los estudios realizados con animales. La glicidamida es el principal compuesto al que se le atribuyen la mayoría de los efectos genotóxicos. Esta molécula es un metabolito formado como consecuencia de la ingestión, absorción y metabolización de la acrilamida (Figura 8) (CONTAM, 2015).



**Figura 8.** Epoxidación de la acrilamida a glicidamida mediante el citocromo P450 (adaptado de Koszucka *et al.*, 2020).

Los estudios llevados a cabo en animales de laboratorio han demostrado que la exposición a la acrilamida a través de la dieta aumenta la probabilidad de desarrollar mutaciones génicas y tumores en diversos órganos. Basándose en estos estudios, la EFSA, en su última evaluación de 2015, confirma evaluaciones de riesgo previas que concluían que la acrilamida en los alimentos aumenta potencialmente el riesgo de desarrollar cáncer para los consumidores de todos los grupos de edad. La exposición a acrilamida también puede provocar efectos nocivos en el sistema nervioso, en el desarrollo pre y post natal y en la reproducción masculina, aunque la EFSA no considera estos efectos peligrosos para la población general teniendo en cuenta los niveles actuales de exposición.

En aquellos estudios llevados a cabo en humanos, la evidencia es limitada e inconsistente. Sin embargo, aunque estos no han confirmado que la acrilamida sea cancerígena para el hombre, los niveles de exposición actuales a través de la dieta

suponen una preocupación. En varios estudios se observa una relación inversa entre el consumo de acrilamida y el peso al nacer y otros marcadores de desarrollo fetal.

#### 4.1.1.4. Dosis tolerable

La ingesta diaria tolerable (IDT o TDI en inglés) es una estimación de la cantidad de un contaminante (sin utilidad) presente en los alimentos o en el agua de bebida que puede ser ingerida todos los días durante toda la vida sin que los riesgos para la salud sean apreciables. Las IDT se calculan a partir de datos de toxicidad en laboratorio, a los que se les aplica una serie de factores de incertidumbre (WHO, 2021).

El término “riesgo inapreciable” se utiliza porque no se puede garantizar la seguridad absoluta, o el riesgo cero, a menos que sea posible garantizar una exposición cero (Schrenk y Cartus, 2017).

La acrilamida y la glicidamida son sustancias genotóxicas y carcinógenas por lo que cualquier nivel de exposición a estas tiene la capacidad de dañar el ADN (no presentan un umbral de la dosis antes de afectar al ADN). Por este motivo, la EFSA concluye que no se puede fijar una ingesta diaria tolerable (TDI) de acrilamida en alimentos.

En su lugar, se calcula el rango de la dosis dentro del cual es probable que la acrilamida cause una pequeña pero apreciable incidencia de tumores u otros efectos adversos potenciales (neurológicos, en el desarrollo pre y postnatal y en la reproducción masculina). El límite inferior de este rango se conoce como límite mínimo de confianza para la dosis de referencia, BMDL10 (AESAN, 2020). Este límite queda reflejado en la siguiente tabla (CONTAM, 2015).

**Tabla 3.** BMDL10 para acrilamida.

	<b>BMDL 10 (mg/kg peso corporal/día)</b>
Para los efectos carcinogénicos:	0,17
Para otros efectos adversos:	0,43

*BMDL= límite inferior de confianza para la dosis de referencia*

Comparando el BMDL10 con la exposición de los humanos a la acrilamida a través de la dieta, los científicos pueden indicar un “nivel de peligro sanitario” conocido como margen de exposición (MOE).

#### 4.1.1.5. Margen de Exposición

El enfoque del margen de exposición (MOE) proporciona una estimación del nivel de preocupación para la salud sobre la presencia de una sustancia en los alimentos sin cuantificar el riesgo. El uso del MOE puede ayudar a los gestores de riesgo a la hora de establecer las posibles acciones necesarias para mantener la exposición a tales sustancias lo más bajo posible (AESAN, 2020). La EFSA declara que, para que una sustancia genotóxica y carcinógena suponga un nivel bajo de peligro para la salud

pública, debe presentar un margen de exposición (MOE) > 10.000. Para las sustancias no genotóxicas, un MOE>100 indica que no hay preocupación para la salud pública. En las tablas 4 y 5 se observan los márgenes de exposición para los distintos grupos de la población según el tipo de efecto en la salud (CONTAM, 2015).

**Tabla 4.** Márgenes de exposición (MOE) para la incidencia de los efectos neoplásicos.

<b>Grupos de población</b>	<b>Exposición media MOE (mínimo LB- máximo UB)</b>
Lactantes (0-12 meses)	340-106
Niños pequeños (1 a 3 años)	189-89
Niños mayores (4 a 10 años)	189-106
Adolescentes (11 a 18 años)	425-189
Adultos (19 a 65 años)	425-283
Personas mayores (>65 años)	425-340

*LB= Límite Inferior; UB= Límite superior*

**Tabla 5.** Márgenes de exposición (MOE) para la incidencia de los efectos neurotóxicos.

<b>Grupos de población</b>	<b>Exposición media MOE (mínimo LB- máximo UB)</b>
Lactantes (0-12 meses)	860-269
Niños pequeños (1 a 3 años)	478-226
Niños mayores (4 a 10 años)	478-269
Adolescentes (11 a 18 años)	1075-478
Adultos (19 a 65 años)	1075-717
Personas mayores (>65 años)	1075-860

*LB= Límite Inferior; UB= Límite superior*

Como se puede observar, los MOE estimados para los efectos neoplásicos en todos los grupos de población no alcanzan el umbral de seguridad (>10.000) por lo que las exposiciones indican una posible incidencia sobre la salud. En el caso de los efectos neurotóxicos no parece existir un riesgo para la salud.

#### 4.1.1.6. Legislación

La medida de gestión del riesgo a nivel internacional es la establecida en el *Codex Alimentarius*. Se trata de serie de Código de Prácticas enfocados a la reducción de acrilamida en los alimentos en 2009 (CAC/RCP 67-2009).

A nivel de industrias alimentarias, la Comisión Europea avala una serie de medidas voluntarias para la industria de cara a tenerlas en cuenta en sus sistemas de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC). Esta serie de medidas preventivas se denominan Caja de Herramientas de Acrilamida ("*Toolbox*") y han sido elaboradas por la asociación europea *Food and Drink Europe* (FDE). Algunos extractos de esta Caja de

Herramientas se han trasladado a folletos informativos para ayudar a los operadores económicos y a la población general.

En 2017 se publica el Reglamento (UE) 2017/2158 de la Comisión, por el que se establecen medidas de mitigación y niveles de referencia para reducir la presencia de acrilamida en los alimentos. Este reglamento, recoge una serie de códigos de buenas prácticas que buscan la reducción de la exposición a la acrilamida en la población general. Dispone de unos valores de referencia (Tabla 6). Estos valores son indicadores de resultados que deben utilizarse para verificar la eficacia de las medidas de mitigación adoptadas por los diferentes explotadores de empresa alimentaria.

Las pertinentes medidas de mitigación deberán aplicarse a fin de conseguir niveles de acrilamida tan bajos como sea razonablemente posible. Si bien la superación de estos valores de referencia no impide la comercialización de los productos analizados (a diferencia de los límites máximos), sí conlleva como obligación para el operador la revisión inmediata de su proceso de fabricación con el objetivo de conseguir, siempre que sea posible, valores por debajo de los niveles de referencia.

Sin embargo, la Comisión Europea reconoce que no se dispone de datos suficientes sobre la presencia de acrilamida en determinados alimentos en el marco del Reglamento (UE) 2017/2158 y que tampoco existen datos suficientes sobre la presencia de acrilamida en otros alimentos que no están incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento (UE) 2017/2158 pero que pueden contener niveles significativos de acrilamida (como son los churros y los cruasanes) o pueden contribuir notablemente a la exposición. Por tanto, en 2019 se publica la Recomendación (UE) 2019/1888 por la que se establece que las autoridades competentes y los explotadores de empresas alimentarias de los Estados miembros deben controlar periódicamente la presencia de acrilamida y sus niveles en los alimentos, en particular en los que se enumeran en el anexo. Este anexo establece una lista no exhaustiva de alimentos que deben controlarse, con el propósito de recopilar más datos sobre los niveles de acrilamida en los mismos y así determinar el nivel de exposición de la población con vistas a la adopción de nuevas posibles medidas de gestión del riesgo.

Actualmente, la comisión esta consiedrando el establecer límites máximos de acrilamida en determinados alimentos con el objetivo de incorporarlos al REGLAMENTO (CE) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. A día de hoy, ya se ha comenzado a debatir los niveles máximos en alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños pequeños al tratarse del grupo de la población más vulnerable.

Los métodos de muestreo y análisis quedan regulados bajo el Reglamento (CE) Nº 333/2007 de la comisión de 28 de marzo de 2007 con sus posteriores modificaciones.

Además, la AESAN ha participado en la elaboración de material divulgativo con el fin de concienciar a la población sobre la importancia de este contaminante (AESAN, 2020).

**Tabla 6.** Niveles de referencia acrilamida.

ALIMENTO	NIVEL DE REFERENCIA [µg/kg]
Patatas fritas listas para consumir	500
Patatas fritas a la inglesa (chips) fabricadas con patatas frescas y con masa de patatas Galletas saladas a base de patatas Otros productos con masa de patatas	750
Pan de molde a base de trigo Otro pan de molde	50 100
Cereales para el desayuno (excepto porridge): -Productos de salvado y cereales integrales, grano inflado -Productos a base de trigo y centeno (1) -Productos a base de maíz, avena, espelta, cebada y arroz(1)	300 300 150
Galletas y barquillos Galletas saladas, excepto las de patata Pan crujiente Pan de especias Productos similares a los demás productos de esta categoría	350 400 350 800 300
Café tostado	400
Café instantáneo	850
Sucedáneos del café: -Sucedáneos del café compuestos exclusivamente por cereales -Sucedáneos del café compuestos por una mezcla de cereales y achicoria (2) -Sucedáneos del café compuestos exclusivamente por achicoria	500 (2) 4000
Alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños de corta edad, excluyendo las galletas y los biscotes (3)	40
Galletas y biscotes para lactantes y niños de corta edad (3)	150
<i>(1) Cereales no integrales ni de salvado. La categoría se determina en función del cereal presente en mayor cantidad.</i>	
<i>(2) El nivel de referencia que debe aplicarse a los sucedáneos compuestos por una mezcla de cereales y achicoria debe tener en cuenta la proporción relativa de estos ingredientes en el producto final.</i>	
<i>(3) Tal como se definen en el Reglamento (UE) n.o 609/2013.</i>	

#### 4.1.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) constituyen un conjunto de más de 100 compuestos químicos diferentes formados por átomos de C e H que contienen dos o más anillos aromáticos. Se forman principalmente durante la combustión incompleta de materia orgánica ( $T^a > 400^{\circ}\text{C}$ ) y durante ciertos procesos industriales. Generalmente se encuentran como una mezcla de dos o más de estos compuestos (AESAN, 2020).

#### 4.1.2.1. Origen

Los HAPs pueden contaminar los alimentos mediante dos vías principales:

- i) **Medio ambiente:** Los fenómenos naturales (erupciones volcánicas o incendios forestales) y las actividades industriales (combustión y pirólisis de materia orgánica como madera, petróleo, gasolina, aceites, carbón, tabaco, residuos) liberan HAPs. Estos se depositan en los medios acuático y terrestre, acumulándose posteriormente en los alimentos.
- ii) **Procesado de los alimentos a nivel industrial y doméstico:** Tanto el procesado a nivel industrial como la preparación culinaria en el hogar pueden dar lugar a la formación de HAPs. El secado, ahumado y el uso de parrilla y plancha son las principales actividades que contribuyen a generar estos compuestos (ELIKA, 2021).

#### 4.1.2.2. Exposición Dietética

Según la evaluación de riesgo llevado a cabo por la EFSA en el año 2008, los cereales y productos a base de cereales, así como el pescado y productos de la pesca (sobre todo ahumados) son los principales alimentos que contribuyen a la exposición dietética entre la población general. Los alimentos ricos en grasas y proteínas preparados a la parrilla (barbacoas) también pueden contribuir de forma significativa a esta exposición.

Otros alimentos que también pueden contener HAPs son aceites y grasas, legumbres, leche y café.

Mientras que para los no fumadores la principal vía de exposición a los HAPs es el consumo de alimentos contaminados, para los fumadores la contribución del tabaquismo representa una importante parte de la exposición.

Existen distintos factores que condicionan la formación de HAPs en los alimentos durante el procesado (ELIKA, 2021):

- i) **Naturaleza de la fuente de energía utilizada.** Se generan más HAPs con carbón que si se utiliza una fuente de energía eléctrica.
- ii) **Nivel de contacto de los alimentos con la fuente de calor.** El goteo de la grasa del alimento sobre la fuente de calor y el contacto directo del alimento con las llamas favorece la formación de HAPs.
- iii) **Temperatura.** Por debajo de 300°C apenas se generan estos compuestos en los alimentos. Superando el rango de 300-400°C comienza la formación de HAPs.
- iv) **El uso de parafinas y aceites minerales derivados del petróleo** para la lubricación de piezas en contacto con los alimentos aumentan el contenido de HAPs en dichos alimentos.
- v) **Composición nutricional** del alimento: cuanto mayor sea el contenido de lípidos y proteínas, mayor cantidad de HAPs se forman.

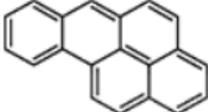
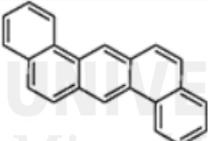
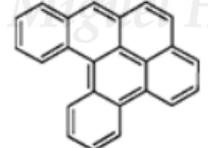
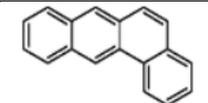
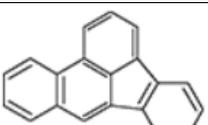
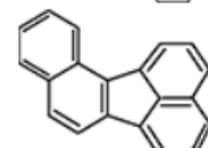
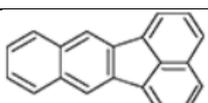
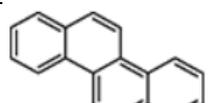
#### 4.1.2.3. Efectos Biológicos

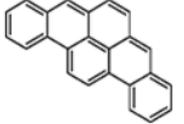
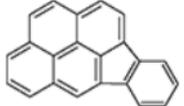
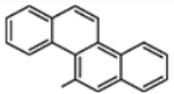
De forma aguda, los HAPs pueden provocar efectos irritantes por contacto con la piel y los ojos, fallos respiratorios cuando se inhalan y afectación del sistema nervioso.

La ingestión de HAPs a través de la dieta puede causar toxicidad crónica. Los efectos tóxicos se producen principalmente en los sistemas hematológico, reproductor, inmunológico y de desarrollo. Algunos de estos compuestos presentan actividad carcinogénica, genotóxica y mutagénica.

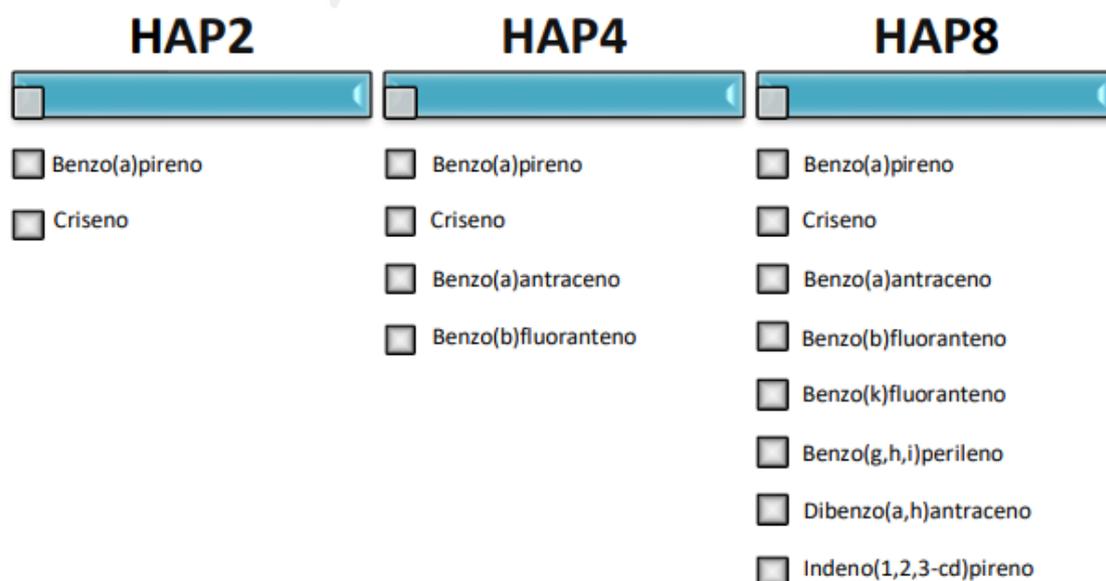
No todos los HAPs producen los mismos efectos en la salud de las personas, pero hay 12 HAPs que presentan actividad carcinogénica en bioensayos con animales de experimentación, por lo que la IARC los clasifica como agentes carcinógenos para los humanos (Grupo 1) y probables (Grupo 2A) o posibles (Grupo 2B) cancerígenos humanos como se muestra en la siguiente tabla (AESAN, 2020).

**Tabla 7.** Clasificación según la IARC de los HAPs con actividad carcinogénica.

Compuesto	Estructura química	Grupo
Benzo(a)pireno		1
Dibenzo(a,h)antraceno		2A
Dibenzo(a,l)pireno		2A
Benzo(a)antraceno		2B
Benzo(b)fluoranteno		2B
Benzo(j)fluoranteno		2B
Benzo(k)fluoranteno		2B
Criseno		2B

Dibenzo(a,h)pireno		2B
Dibenzo(a,i)pireno		2B
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2B
5-metilcriseno		2B

Los HAPs tienden a encontrarse como una mezcla de dos o más compuestos individuales. De forma inicial se utilizó el benzo(a)pireno como marcador de presencia de HAPs en los alimentos. Sin embargo, en la evaluación de la EFSA, se observó que en ocasiones las muestras analizadas no contenían benzopireno, pero si otros HAPs. Por lo tanto, el benzopireno no constituía un indicador adecuado de la contaminación por estos compuestos. Desde entonces, se debatió el uso de diferentes marcadores para determinar la presencia de los HAPs cancerígenos en los alimentos. Los cuatro propuestos fueron benzo(a)pireno, HAP2, HAP4, HAP8 (Figura 9). Finalmente, el panel de la EFSA recomendó el uso del marcador HAP4 (Zelinkova y Wenzl, 2015). Este es el marcador que actualmente se utiliza en la legislación europea para establecer los límites máximos para HAPs.



**Figura 9.** Marcadores de hidrocarburos (AESAN, 2020).

Para calcular la exposición dietética media de los consumidores europeos a los HAPs se utiliza tanto el benzo(a)pireno como los marcadores HAP2, HAP4 y HAP8.

#### 4.1.2.4. Dosis Tolerable

No es posible establecer una TDI para los HAPs debido a los efectos cancerígenos que se les pueden atribuir a estos compuestos. Por lo tanto, la EFSA calcula y utiliza los valores del BMDL10 para la evaluación del riesgo. Los valores de referencia para los efectos genotóxicos y carcinogénicos se muestran a continuación (CONTAM, 2008):

**Tabla 8.** BMDL10 HAPs.

Marcador	BMDL10 (mg/kg peso corporal/día)
benzo(a)pireno	0,07
HAP2	0,17
HAP4	0,34
HAP8	0,49

*BMDL10= BMDL= límite inferior de confianza para la dosis de referencia*

#### 4.1.2.4. Margen de Exposición

En la evaluación de 2008, la EFSA determinó los siguientes márgenes de exposición para la población con un consumo medio y alto:

**Tabla 9.** Márgenes de exposición HAPs e ingestas estimadas según los distintos marcadores.

HAPs	Exposición dietética media (ng/ kg p.c/ día)		MOE	
	Consumidor medio	Consumidor alto	Consumidor medio	Consumidor alto
Benzo(a)pireno	3,9	6,5	17900	10800
HAP2	10,7	18	15900	9500
HAP4	19,5	34,5	17500	9900
HAP8	28,8	51,3	17000	9600

Como se puede observar, para consumidores que ingieren frecuentemente alimentos que contienen HAPs, tres de los cuatro resultados de los MOEs se encuentran por debajo de lo que se considera un margen de seguridad, por lo que no se puede descartar el riesgo. Para los consumidores medios (aquellos que ingieren de vez en cuando alimentos que contienen HAPs), el MOE es superior a 10.000, por lo que no debería suponer un peligro para la salud.

#### 4.1.2.5. Legislación

A nivel internacional, en el año 2009 el *Codex Alimentarius* adoptó el “Código de prácticas para reducir la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los alimentos producidos por procedimientos de ahumado y secado directo”.

En el caso de los hidrocarburos aromáticos policíclicos si existen límites máximos. Estos límites para los HAPs en distintas categorías de alimentos quedan recogidos en el Reglamento (CE) Nº 1881/2006 de la comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios y sus posteriores modificaciones.

En la tabla 10 se pueden observar los límites máximos de HAPs establecidos en la actual versión consolidada (14/10/2020) del reglamento 1881/2006 para distintas categorías de alimentos.

Los productos cuyo contenido de HAPs supere los límites máximos establecidos en la legislación, no se podrán comercializar como tales, ni tras su mezcla con otros productos alimenticios, ni se utilizarán como ingrediente en otros alimentos.

Respecto a los criterios de análisis y muestreo de HAPs en los alimentos, estos están regulados por el Reglamento 333/2007, de 28 de marzo de 2007, de la Comisión y sus posteriores modificaciones.

**Tabla 10.** Límites máximos HAPs.

Nº Categoría	PRODUCTO	CONTENIDO MÁXIMO (µg/kg)	
		Benzo(a)pireno	Suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno
1.1	Aceites y grasas (excluida la manteca de cacao y el aceite de coco) destinados al consumo humano directo o a ser usados como ingrediente de productos alimenticios	2,0	10,0
1.2	Granos de cacao y productos derivados, con excepción de los productos mencionados en el punto 1.11	5,0 µg/kg de grasa a partir del 1.4.2013	35,0 µg/kg de grasa desde el 1.4.2013 hasta el 31.3.2015 30,0 µg/kg de grasa a partir del 1.4.2015
1.3	Aceite de coco destinado al consumo humano directo o a ser usado como ingrediente de productos alimenticios	2,0	20,0
1.4	Carnes ahumadas y productos cárnicos ahumados	5,0 hasta el 31.8.2014 2,0 a partir del 1.9.2014	30,0 desde el 1.9.2012 hasta el 31.8.2014 12,0 a partir del 1.9.2014
1.5	Carne de pescado ahumado y productos pesqueros ahumados (1) (2), excluidos los productos pesqueros enumerados en los puntos 1.6 y 1.7. El contenido	5,0 hasta el 31.8.2014 2,0 a partir del 1.9.2014	30,0 desde el 1.9.2012 hasta el 31.8.2014 12,0 a partir del 1.9.2014

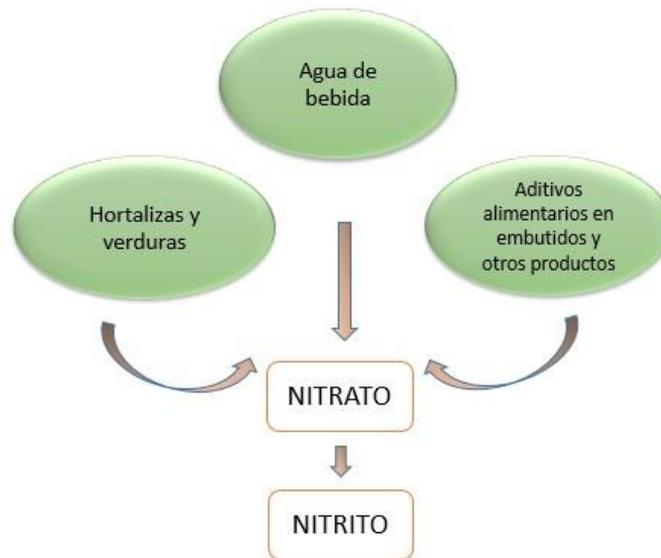
	máximo para los crustáceos ahumados se aplica a la carne de los apéndices y el abdomen (3). En el caso de los cangrejos ahumados y crustáceos similares ahumados ( <i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i> ), se aplica a la carne de los apéndices.		
1.6	Espadines ahumados y espadines ahumados en conserva (1) (4) ( <i>Sprattus sprattus</i> ); arenques del Báltico ahumados ≤ 14 cm de longitud y arenques del Báltico ahumados en conserva ≤ 14 cm de longitud (1) (4) ( <i>Clupea harengus membras</i> ); <i>katsuobushi</i> ( <i>bonito seco</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ); moluscos bivalvos (frescos, refrigerados o congelados) (5); carnes tratadas térmicamente y productos cárnicos tratados térmicamente (6), vendidos al consumidor final	5,0	30,0
1.7	Moluscos bivalvos (2) (ahumados)	6,0	35,0
1.8	Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad (7) (8)	1,0	1,0
1.9	Preparados para lactantes y preparados de continuación, incluidas la leche para lactantes y la leche de continuación (7) (8)	1,0	1,0
1.10	Alimentos dietéticos destinados a usos médicos especiales (7) (8) dirigidos específicamente a los lactantes	1,0	1,0
1.11	Fibra de cacao y productos derivados de la fibra de cacao destinados a ser utilizados como ingredientes en alimentos	3,0	15,0
1.12	Chips de plátano	2,0	20,0
1.13	Complementos alimenticios que contengan sustancias botánicas y sus preparados (9) (*) (**) Complementos alimenticios que contengan propóleo, jalea real o espirulina y sus preparados (9)	10,0	50,0
1.14	Hierbas secas	10,0	50,0
1.15	Espicias secas, excepto el cardamomo y el <i>Capsicum</i> spp. ahumado	10,0	50,0
1.16	Polvos de alimentos de origen vegetal para la preparación de bebidas, excepto los productos	10,0	50,0

	contemplados en las entradas 1.2 y 1.11 (10)		
<p>(1) Si el pescado está destinado a ser consumido entero, el contenido máximo se aplicará al pescado entero.</p> <p>(2) Productos alimenticios enumerados en esta categoría tal como se definen en las categorías b), c) e i) de la lista del anexo I del Reglamento (UE) no 1379/2013.</p> <p>(3) Carne de los apéndices y del abdomen. El cefalotórax de los crustáceos queda excluido de esta definición. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura): carne de los apéndices.</p> <p>(4) En el caso de los productos en conserva, se analizará todo el contenido de la lata. En cuanto al contenido máximo de la totalidad del producto compuesto, se aplicará el artículo 2, apartado 1, letra c), y apartado 2.</p> <p>(5) Productos alimenticios incluidos en las categorías c) e i) de la lista del anexo I del Reglamento (UE) no 1379/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, por el que se establece la organización común de mercados en el sector de los productos de la pesca y de la acuicultura, se modifican los Reglamentos (CE) no 1184/2006 y (CE) no 1224/2009 del Consejo y se deroga el Reglamento (CE) no 104/2000 del Consejo (DO L 354 de 28.12.2013, p. 1), según proceda (especies enumeradas en la entrada correspondiente). En caso de productos alimenticios desecados, diluidos, transformados o compuestos, se aplicará el artículo 2, apartados 1 y 2. En caso de <i>Pecten maximus</i>, el contenido máximo se aplica solamente al músculo aductor y las gónadas.</p> <p>(6) La carne y los productos cárnicos que se han sometido a un tratamiento térmico que puede dar lugar a la formación de HAP, es decir, únicamente parrilla y barbacoa.</p> <p>(7) Productos alimenticios enumerados en esta categoría tal como se definen en el Reglamento (UE) no 609/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de junio de 2013, relativo a los alimentos destinados a los lactantes y niños de corta edad, los alimentos para usos médicos especiales y los sustitutivos de la dieta completa para el control de peso y por el que se derogan la Directiva 92/52/CEE del Consejo, las Directivas 96/8/CE, 1999/21/CE, 2006/125/CE y 2006/141/CE de la Comisión, la Directiva 2009/39/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y los Reglamentos (CE) no 41/2009 y (CE) no 953/2009 de la Comisión (DO L 181 de 29.6.2013, p. 35).</p> <p>(8) El contenido máximo hace referencia al producto comercializado.</p> <p>(9) El contenido máximo se aplica al complemento alimenticio comercializado.</p> <p>(10) Se considera «preparación de bebidas» la utilización de polvos finamente molidos que se incorporan a las bebidas mediante batido.</p> <p>(*) Los preparados botánicos son preparados que se obtienen de productos vegetales (por ejemplo, plantas enteras, partes de plantas, plantas fragmentadas o cortadas) mediante diversos procesos (por ejemplo, prensado, extracción, fraccionamiento, destilación, concentración, secado o fermentación). Esta definición incluye las plantas trituradas o en polvo, las partes de plantas, las algas, los hongos, los líquenes, las tinturas, los extractos, los aceites esenciales (excepto los aceites vegetales contempladas en el punto 1.1), los zumos exprimidos y los exudados tratados.</p> <p>(**) El contenido máximo no se aplica a los complementos alimenticios que contengan aceites vegetales. Los aceites vegetales utilizados como ingredientes en los complementos alimenticios deben respetar el contenido máximo establecido en el punto 6.1.1.</p>			

 Miguel Hernández

#### 4.1.3. Nitratos y nitritos

Los nitratos son compuestos iónicos que forman parte del ciclo del nitrógeno, encontrándose de forma natural en el aire, agua y suelo y son esenciales para el mantenimiento del ecosistema. Desempeña un papel importante en la nutrición y función de las plantas. Los nitratos también son usados en agricultura como fertilizantes y en el procesado de alimentos como aditivo alimentario autorizado. El nitrato también se forma de forma endógena en el cuerpo humano. Los nitratos se adicionan como aditivos alimentarios, también se producen de forma endógena a partir de nitratos y ciertos microorganismos son capaces de producir nitritos.



**Figura 10.** Fuentes de nitratos y conversión de nitratos a nitritos (AESAN, 2021).

#### 4.1.3.1. Origen

Debido a diversas actividades agrícolas o industriales (uso masivo de fertilizantes químicos, exceso de residuos orgánicos por explotaciones ganaderas intensivas y alta concentración de aguas residuales urbanas), se produce un excedente de nitrógeno en el suelo. Este exceso de nitrógeno es absorbido en forma de nitrato por las plantas, siendo su principal nutriente, o se acumulan en el suelo, filtrándose al agua de bebida.

Las plantas absorben más nitratos de los que necesitan, y este excedente no pueden eliminarlo, por lo que lo acumulan en los órganos de tránsito, raíces y hojas. Como consecuencia, las hortalizas tienen un mayor contenido de nitratos (ELIKA, 2021).

Como se ha comentado, los nitratos y nitritos también son usados en la industria alimentaria como aditivos alimentarios autorizados (sales de nitrito y nitrato, del E-249 al E-252).

#### 4.1.3.2. Exposición Dietética

La principal vía de exposición se debe al directo de alimentos de origen vegetal (verduras y hortalizas), y en menor medida, el agua de bebida con altas concentraciones de nitratos y otros alimentos.

Algunos de los grupos de alimentos con un mayor contenido en nitratos y nitritos son los siguientes (CONTAM, 2008):

- Alimentos de origen vegetal: Hortalizas de hoja verde, debido a su acumulación en dicha parte de las plantas (espinacas, acelgas, lechugas...) y otras hortalizas como la remolacha o rábanos. Los cereales procesados como pan y cereales de desayuno también representan una fuente de exposición.

-Agua de bebida: El nitrato es muy hidrosoluble y está presente de forma natural en las aguas subterráneas, pero también aparecen niveles elevados como resultado de actividades humanas industriales o agrícolas.

-Productos de origen animal: Algunas carnes procesadas y ciertos quesos representan otra fuente de exposición debido a su contenido en conservantes (sales sódicas y potásicas de nitrato y nitritos).

#### 4.1.3.3. Efectos Biológicos

El nitrato es relativamente atóxico, pero sus metabolitos y productos de reacción, como el nitrito, el óxido nítrico y compuestos N-nitroso, han generado preocupación debido a potenciales efectos adversos para la salud como la metahemoglobinemia y la carcinogénesis.

La metahemoglobulemia es una enfermedad grave con una incidencia en bebés del 2-3% mientras que en adultos es del 1%. Se produce debido a la oxidación de la hemoglobina por parte de los nitritos impidiendo que se transporte el oxígeno a los tejidos.

Por otro lado, investigaciones más recientes han observado que los nitritos y algunos compuestos derivados presentan efectos positivos sobre la salud. Por ejemplo, el nitrito participa en la protección del huésped gracias a su actividad microbiana, reduciendo el riesgo de úlceras y otros problemas gástricos y el óxido nítrico desempeña un importante papel en la regulación de diversas funciones fisiológicas como la vasodilatación, protegiendo la salud cardiovascular (Karwowska y Kononiuk, 2020; Ma *et al.*, 2018).

Una parte de la cantidad de nitratos presente en los alimentos o agua es convertida en sus metabolitos, (nitritos o nitrosaminas) por reducción bacteriana durante el procesado y el almacenamiento de los alimentos. En el propio organismo humano también ocurre esta reducción debido a la acción de las bacterias presentes en la cavidad bucal, reduciendo el nitrato a nitrito y posteriormente a óxidos de nitrógeno biológicamente activos. Se ha estimado que aproximadamente el 5-7% del nitrato ingerido se transforma en nitrito en el organismo humano (Karwowska y Kononiuk, 2020).

Los nitritos ingeridos bajo condiciones que dan como resultado una nitrosación endógena pertenecen al grupo 2A del IARC “probablemente cancerígenos para el ser humano”, debido a la formación de compuestos N-nitroso.

Este contaminante se encuentra en una situación particular porque, al contrario que la mayoría de contaminantes, los nitratos, como se ha comentado previamente, también pueden ejercer efectos positivos sobre la salud y son necesarios para el metabolismo de las plantas. Estos compuestos se encuentran en elevadas cantidades principalmente en vegetales de hoja verde y otros productos de origen vegetal los cuales también parecen

ejercer un efecto protector sobre la salud. Además, debido a su uso como aditivo y como fertilizante, su uso es en ocasiones intencionado.

Dadas estas circunstancias, la EFSA ha llevado a cabo un análisis riesgo-beneficio respecto al consumo de vegetales con altas cantidades de nitratos. En este análisis concluyó que los efectos beneficiosos reconocidos por su consumo prevalecen frente al riesgo potencial para la salud humana por la exposición a los nitratos (CONTAM, 2008).

No obstante, como la población infantil es el grupo más vulnerable al efecto toxicológico de los nitratos, la EFSA en su evaluación de 2010 dirigida a dicho grupo, concluyó que los niveles de nitratos en estos vegetales no son un motivo de preocupación para la salud de la mayoría de los niños. Sin embargo, en los bebés y niños pequeños de 1-3 años que consumen altas cantidades de espinacas con altos niveles de nitratos el riesgo de metahemoglobinemia (MeHg) no se puede descartar.

Como en España se suelen consumir altas cantidades de acelgas, la AESAN en 2011 realizó una evaluación del riesgo de la exposición de lactantes y niños de corta edad a nitratos por consumo de acelgas. Las conclusiones fueron similares a aquellas extraídas por la EFSA con las espinacas, solo podría haber un riesgo en aquellos casos de máxima exposición.

En cuanto al potencial efecto de los nitritos en la formación de nitrosaminas, el panel de la EFSA concluyó que la formación de nitrosaminas en el cuerpo a partir de los nitritos añadidos como aditivos en niveles aprobados a los productos cárnicos fue de baja preocupación para la población general. (EFSA, 2017).

#### *4.1.3.4. Dosis Tolerable*

En el caso de los dos contaminantes anteriores se pretendía utilizar la ingesta diaria tolerable para describir niveles de ingesta seguros. Este límite tolerable o valor orientativo tiende a aplicarse para los contaminantes en general tanto en alimentos como en agua de consumo (sustancias que no presentan un propósito en el alimento). En el caso de los nitratos, puesto que aparte de considerarse un contaminante también se emplea como aditivo, se utiliza la ingesta diaria admisible (IDA). La IDA suele utilizarse para aditivos, residuos de plaguicidas y medicinas veterinarias, es decir, sustancias intencionalmente añadidas y con un propósito claro.

El término "admisible" se utiliza porque los productos fitosanitarios, los medicamentos veterinarios y los aditivos están sujetos a un proceso de aprobación. Exceptuando esta pequeña diferencia de la situación en la que se emplean, ambos términos expresan lo mismo. (Schrenk y Cartus, 2017; EFSA, 2021).

En este caso, el panel de la EFSA si pudo establecer en su última evaluación de riesgo (2017) un IDA para nitratos y nitritos ya que no consideraron estas sustancias genotóxicas o carcinógenas (Tabla 11). Se consideró que el efecto más relevante para

establecer un nivel seguro fue una elevada concentración de metahemoglobina en sangre.

**Tabla 11.** Valores de referencia nitrato y nitrito.

Compuesto	IDA (mg/kg pc/ día)
Nitrato	3,7 (EFSA, JECFA, SCF)
Nitrito	0,07 (EFSA, JECFA)

*IDA= Ingesta diaria admisible*

Se determinó que la exposición del consumidor al nitrato usado como aditivo alimentario fue menor del 5% de la exposición total al nitrato a través de la dieta, y no excedió la ADI. Para los nitritos utilizados como aditivos alimentarios, se estimó que la exposición se encuentra dentro de niveles seguros para todos los grupos de población, salvo un ligero exceso en los niños cuya dieta es rica en alimentos que contienen estos aditivos.

Si se consideran todas las fuentes de nitrato en la dieta (aditivos alimentarios, presencia natural en los alimentos y contaminación ambiental), la IDA puede excederse para individuos de todos los grupos de edad en un nivel medio a alto de exposición. La exposición a nitritos teniendo en cuenta todas las fuentes dietéticas puede exceder la IDA para bebés, niños pequeños y niños con exposición media, y para personas con una alta exposición en todos los grupos de edad.

#### 4.1.3.5. Legislación

Los nitratos también presentan límites máximos. Los límites del contenido de nitratos presentes de forma natural en los alimentos están regulados en la Unión Europea por el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006. Debido a la gran influencia de las condiciones climáticas sobre los niveles de nitratos en determinadas hortalizas, se han establecido contenidos máximos dependiendo de la estación. En la tabla 12 se muestran los límites máximos de nitratos permitidos para distintos productos alimentarios.

Los niveles máximos permitidos para nitratos y nitritos adicionados como aditivos alimentarios están regulados por el Reglamento (CE) No 1333/2008 del parlamento europeo y del consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios. En las tablas 13 y 14 se pueden observar la dosis máxima de nitratos y nitritos que se pueden utilizar en función de distintas categorías de alimentos.

En lo que respecta a las acelgas, la AESAN no consideró eficaz, desde el punto de vista coste-beneficio, el establecimiento de límites máximos de nitratos en acelgas, optando por realizar “Recomendaciones de consumo por la presencia de nitratos en hortalizas de hoja”, aplicables a la espinaca y a las acelgas debido a su elevado consumo en España. Todo ello con la intención de proteger la salud del grupo de población en situación de

mayor riesgo, que no es el conjunto de la población, sino los niños de una determinada franja de edad (AESAN, 2021).

En el caso del agua de bebida, el contenido de nitratos está regulado a nivel estatal por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

Los procedimientos de muestreo y análisis están regulados por el Reglamento (CE) Nº 1882/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006.

También existen medidas de prevención del riesgo que se dirigen principalmente a reducir los niveles de nitratos en el medio ambiente mediante el control de los fertilizantes agrícolas nitrogenados y de los residuos orgánicos en explotaciones ganaderas, utilizándose la aplicación de la directiva del consejo de 12 de diciembre de 1991 (91/676/CEE).

**Tabla 12.** Límites máximos nitratos.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS		CONTENIDOS MÁXIMOS (mg NO <sub>3</sub> /kg)	
1.1	Espinacas frescas ( <i>Spinacia oleracea</i> )		3500
1.2	Espinacas en conserva, ultracongeladas o congeladas		2000
1.3	Lechugas frescas ( <i>Lactuca sativa</i> L.) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) excepto las lechugas mencionadas en el punto 1.4	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo: -lechugas cultivadas en invernadero -lechugas cultivadas al aire libre 4	5000 4000
		Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre: -lechugas cultivadas en invernadero -lechugas cultivadas al aire libre	4000 3000
1.4	Lechugas del tipo "Iceberg"	Lechugas cultivadas en invernadero	2500
		Lechugas cultivadas al aire libre	2000
1.5	Rúcula ( <i>Eruca sativa</i> , <i>Diplotaxis</i> sp., <i>Brassica tenuifolia</i> , <i>Sisymbrium tenuifolium</i> )	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo:	7000
		Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre:	6000
1.6	Alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad		2000

**Tabla 13.** Dosis máximas nitratos.

Nitratos (Nitrato sódico (E 251), nitrato potásico (E 252))			
Nº Categoría	CATEGORÍA DE ALIMENTOS	RESTRICCIONES/EXCEPCIONES	Dosis máxima (mg/Kg)
1.7.2	Queso curado y fresco (sin aromatizar) (30)	solo queso duro, semiduro y semiblando	150
1.7.4	Requesón (30)	solo leche de quesería de queso duro, semiduro y semiblando	150
1.7.6	Productos a base de queso (excepto postres) (30)	solo productos curados a base de queso duro, semiduro y semiblando	150
1.8	Sucedáneos de productos lácteos, incluso blanqueadores de bebidas (30)	solo sucedáneos de queso a base de leche	150
8.2.1	Carne elaborada no tratada térmicamente (7)		150
9.2	Pescado y productos de la pesca elaborados, incluso moluscos y crustáceos	solo arenque y espadín escabechados	500
8.2.4.1	Productos tradicionales que se sumergen en una solución de curado (que contiene nitritos o nitratos, sal y otros componentes)	solo <i>Wiltshire bacon</i> y productos similares: se inyecta en la carne una solución de curado y después se la somete a curado por inmersión entre tres y diez días; la solución de salmuera para la inmersión incluye asimismo cultivos microbiológicos (39)(59)	250
		solo entremeada, entrecosto, chispe, <i>orelheira e cabeça</i> (salgados), toucinho fumado y productos similares: curado por inmersión entre tres y cinco días; el producto no se trata térmicamente y tiene una elevada actividad de agua (39)(59)	250
		solo <i>cured tongue</i> : curado por inmersión durante cuatro días como mínimo, y precocinado (39)(59)	10
		solo <i>kylmäsavustettu poronliha / kallrökt renkött</i> : se inyecta en la carne una solución de curado y después se la somete a curado por inmersión; el tiempo de curado es entre catorce y veintiún días, seguido de maduración en humo frío entre cuatro y cinco semanas (7)	300
		solo bacon, filete de bacon y productos similares: curado por inmersión entre cuatro y cinco días a 5-7 °C, maduración normalmente entre veinticuatro y cuarenta horas a 22 °C, posibilidad de ahumado durante veinticuatro horas a 20-25 °C y almacenamiento entre tres y seis semanas a 12-14 °C (7) (40) (59)	250
		solo <i>rohschinken, nassgepökelt</i> y productos similares: el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (unos dos días por kilo), seguido de estabilización y maduración (39)	250

8.2.4.2	Productos tradicionales curados en seco (el procedimiento de curado en seco supone la aplicación en seco a la superficie de la carne de una mezcla de curado que contiene nitrato o nitrito, sal y otros componentes, seguido de un período de estabilización o maduración)	solo <i>dry cured bacon</i> y productos similares: curado en seco seguido de maduración de cuatro días como mínimo (39)(59)	250
		solo <i>dry cured ham</i> y productos similares: curado en seco seguido de maduración de cuatro días como mínimo (39)(59)	250
		solo jamón curado, paleta curada, lomo embuchado, cecina y productos similares: curado en seco con un período de estabilización de diez días como mínimo, seguido de un período de maduración de cuarenta y cinco días como mínimo (39)(59)	250
		solo presunto, presunto da pa, paio do lombo y productos similares: curado en seco entre diez y quince días, seguido de un período de estabilización de treinta a cuarenta y cinco días y de un período de maduración de dos meses como mínimo (39)(59)	250
		solo jambon sec, jambon sel y otros productos curados secos similares: curado en seco durante tres días más un día por kilo, seguido de un período de postsalado de una semana y de un período de envejecimiento y maduración de cuarenta y cinco días a dieciocho meses (39) (40) (59)	250
		solo <i>rohschinken</i> , <i>nassgepökelt</i> y productos similares: el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (unos diez a catorce días), seguido de estabilización y maduración (39) (59)	250
8.2.4.3	Otros productos curados por métodos tradicionales (procesos de inmersión y curado en seco utilizados conjuntamente, o inclusión de nitritos o nitratos en un producto compuesto, o inyección de la solución de curado en el producto antes de cocinarlo)	solo <i>rohschinken</i> , <i>trocken-/nassgepökelt</i> y productos similares: combinación de curado en seco y curado por inmersión (sin inyección de solución de curado); el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (entre catorce y treinta y cinco días), seguido de estabilización y maduración (39) (59)	250
		solo <i>jellied veal</i> y <i>brisket</i> : inyección de solución de curado y, tras dos días como mínimo, cocido hasta tres horas en agua hirviendo (39) (59)	10
		Solo <i>rohwürste</i> (salami y kantwurst): maduración mínima de cuatro semanas y proporción agua/proteína inferior a 1,7 (40) (7)	300
		solo salchichón y chorizo tradicionales de larga curación y productos similares: maduración de treinta días como mínimo (40) (7) (59)	250
		solo <i>saucisson sec</i> y productos similares: salchicha cruda fermentada y secada sin adición de nitritos; fermentada a temperaturas de 18-22 °C o inferiores (10-12 °C) y a continuación sometida a un período de envejecimiento y maduración de tres semanas como mínimo; proporción agua/proteína inferior a 1,7 (40) (7) (59)	250

(7) Cantidad máxima añadida.

(30) En la leche de quesería, o dosis equivalente si se añade tras la eliminación del suero y el añadido de agua.

(39) Cantidad residual máxima; dosis de residuo al final del proceso de elaboración.

(40) Sin nitritos añadidos.

(59) En algunos productos cárnicos tratados por calor pueden aparecer nitratos resultantes de la conversión natural de nitritos en nitratos en un medio con bajo contenido en ácido.

**Tabla 14.** Dosis máximas nitritos.

Nitritos (Nitrito sódico (E 250), nitrito potásico (E 249))			
Nº Categoría	CATEGORÍA DE ALIMENTOS	RESTRICCIONES/EXCEPCIONES	Dosis máxima (mg/Kg)
8.2.1	Carne elaborada no tratada térmicamente (7)		150
8.2.2	Carne elaborada tratada térmicamente	excepto productos cárnicos esterilizados (Fo > 3,00) (7)(59)	150
		solo productos cárnicos esterilizados (Fo > 3,00) (7)(58)(59)	100
8.2.4.1	Productos tradicionales que se sumergen en una solución de curado (que contiene nitritos o nitratos, sal y otros componentes)	Solo <i>Wiltshire bacon</i> y productos similares: se inyecta en la carne una solución de curado y después se la somete a curado por inmersión entre tres y diez días; la solución de salmuera para la inmersión incluye asimismo cultivos microbiológicos (39)	175
		Solo entremeada, entrecosto, chispe, <i>orelheira e cabeça</i> (salgados), <i>toucinho fumado</i> y productos similares: curado por inmersión entre tres y cinco días; el producto no se trata térmicamente y tiene una elevada actividad de agua (39)	175
		Solo <i>cured tongue</i> : curado por inmersión durante cuatro días como mínimo, y precocinado (39)	50
		solo <i>kylmäsavustettu poronliha / kallrökt renkött</i> : se inyecta en la carne una solución de curado y después se la somete a curado por inmersión; el tiempo de curado es entre catorce y veintidós días, seguido de maduración en humo frío entre cuatro y cinco semanas (7)	150
		solo bacon, filete de bacon y productos similares: curado por inmersión entre cuatro y cinco días a 5-7 °C, maduración normalmente entre veinticuatro y cuarenta horas a 22 °C, posibilidad de ahumado durante veinticuatro horas a 20-25 °C y almacenamiento entre tres y seis semanas a 12-14 °C (7)	150

		Solo <i>rohshinken, nassgepökelt</i> y productos similares: el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (unos dos días por kilo), seguido de estabilización y maduración (39)	50
8.2.4.2	Productos tradicionales curados en seco (el procedimiento de curado en seco supone la aplicación en seco a la superficie de la carne de una mezcla de curado que contiene nitrato o nitrito, sal y otros componentes, seguido de un período de estabilización o maduración)	solo <i>dry cured bacon</i> y productos similares: curado en seco seguido de maduración de cuatro días como mínimo (39)	175
		solo <i>dry cured ham</i> y productos similares: curado en seco seguido de maduración de cuatro días como mínimo (39)	100
		solo <i>presunto, presunto da pa, paio do lombo</i> y productos similares: curado en seco entre diez y quince días, seguido de un período de estabilización de treinta a cuarenta y cinco días y de un período de maduración de dos meses como mínimo (39)	100
		solo <i>rohshinken, nassgepökelt</i> y productos similares: el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (unos diez a catorce días), seguido de estabilización y maduración (39)	50
8.2.4.3	Otros productos curados por métodos tradicionales (procesos de inmersión y curado en seco utilizados conjuntamente, o inclusión de nitritos o nitratos en un producto compuesto, o inyección de la solución de curado en el producto antes de cocinarlo)	solo <i>rohshinken, trocken-/nassgepökelt</i> y productos similares: combinación de curado en seco y curado por inmersión (sin inyección de solución de curado); el tiempo de curado depende de la forma y el peso de las piezas de carne (entre catorce y treinta y cinco días), seguido de estabilización y maduración (39)	50
		solo <i>jellied veal y brisket</i> : inyección de solución de curado y, tras dos días como mínimo, cocido hasta tres horas en agua hirviendo (39)	50
		solo <i>vysočina, selský salám, turistický trvanlivý salám, poličan, herkules, lovecký salám, dunjaská klobása, paprikás</i> y productos similares: secado, cocinado a 70 °C y sometido a un proceso de secado y ahumado de entre ocho y doce días; fermentado, sometido a un proceso de fermentación entre catorce y treinta días, en tres fases, seguido del ahumado (7)	180
<p>(7) Cantidad máxima añadida.  (39) Cantidad residual máxima; dosis de residuo al final del proceso de elaboración.  (58) El valor Fo 3 equivale a un tratamiento térmico de tres minutos a 121 °C (reducción de la carga bacteriológica de mil millones de esporas por cada mil latas a una espora por cada mil latas).  (59) En algunos productos cárnicos tratados por calor pueden aparecer nitratos resultantes de la conversión natural de nitritos en nitratos en un medio con bajo contenido en ácido.</p>			

## 4.2. RASFF

### 4.2.1. Acrilamida

En el período de tiempo en el que se recogieron los datos se emitieron 27 notificaciones para la acrilamida, todas ellas relacionadas con un alto contenido de ésta, superando los niveles de referencia.

**Tabla 15.** Distribución de la categoría de producto en función de las notificaciones de acrilamida.

<b>Categoría de producto</b>	<b>Código</b>	<b>%</b>
		N=27
Cereales y productos de panadería	1	55,56
Cacao y preparaciones de cacao, café y té	2	3,70
Repostería	3	7,41
Otros productos	4	3,70
Platos preparados y snacks	5	29,63

Como se puede observar, la categoría de productos “cereales y productos de panadería” es la que presenta un mayor número de notificaciones, suponiendo más del 50% de todas las alertas, seguido de la categoría “platos preparados y snacks” que representa aproximadamente un tercio de las notificaciones. Estos datos coinciden con algunas de las categorías de alimentos que mayor contribuyen a la exposición dietética de acrilamida en la población. Hay que considerar también que una gran parte de la aparición de la acrilamida ocurre debido al procesado de los alimentos en el hogar por lo que estos casos no quedan identificados en el sistema de alertas.

**Tabla 16.** Distribución de las notificaciones según la base notificación, decisión del riesgo y notificado por.

<b>Base notificación</b>	<b>%</b>
Control oficial en el mercado	51,9
Control fronterizo – partida bajo control aduanero	22,2
Control fronterizo – partida retenida	18,5
Control fronterizo – partida liberada	7,4
<b>Decisión del riesgo</b>	<b>%</b>
No serio	51,9
Serio	37,0
Sin decidir	11,1
<b>Notificado por</b>	<b>%</b>
Croacia	40,7
Bélgica	25,9
Lituania	11,1

Alemania	7,4
Eslovenia	3,7
Estonia	3,7
Malta	3,7
Finlandia	3,7

Aquí, “base notificación” hace referencia al tipo de control o análisis a través del cual se ha detectado la inconformidad del producto y se ha emitido la notificación. Para los productos con un elevado contenido de acrilamida, su detección ha ocurrido en controles fronterizos o en controles oficiales en el mercado.

Los controles oficiales por lo general se llevan a cabo en el establecimiento de un operador comercial e implican una inspección y una toma de muestras.

Cuando el análisis ocurre en puestos fronterizos, el producto puede ser retenido, continuar su camino o ser remitido a su destino, pero con precinto aduanero. Si la partida es retenida, quiere decir que no se le permite cruzar la frontera. En el caso de las partidas liberadas, estas cruzan la frontera sin esperar a que se hayan obtenido los resultados analíticos, pero serán recuperadas si los resultados son desfavorables y el producto necesita ser retirado del mercado. El último escenario es similar al anterior, en el sentido de que se toma una muestra para análisis y la partida continua hasta su destino sin haber obtenido aún los resultados analíticos. Pero al contrario que la situación anterior, los productos quedan bajo control aduanero, lo que significa que permanecerán almacenados en su destino hasta que los resultados estén disponibles.

Como se puede observar, la mayoría de las inconformidades han sido detectadas en controles oficiales en el mercado (51,9%), seguido de controles fronterizos en los cuales un 22,2% las partidas han quedado bajo control aduanero y en un 18,5% de los casos los productos han quedado retenidos en un punto fronterizo. La menor parte de las notificaciones, un 7,4%, corresponden a partidas que han cruzado la frontera antes de disponer de los resultados analíticos.

En el caso de los controles oficiales en el mercado, los productos ya se encuentran en el mercado antes de ser analizados por lo que los consumidores han podido llegar a consumir dicho producto. Lo mismo ocurre con algunas de las partidas que han cruzado una frontera si se ponen a disposición de los consumidores antes de contar con los datos del análisis.

Existe una variedad de parámetros a tener en cuenta a la hora de decidir el nivel de seriedad del riesgo. Algunos ejemplos son si el producto ya se encuentra en el mercado a la hora de la emisión de la notificación, los efectos en la salud que puede generar si el consumidor se expone a dicho producto, el número de países afectados, en qué medida se han excedido ciertos límites, etc. Aproximadamente a la mitad de las notificaciones (51,9%) se les asocia un nivel de riesgo no serio, seguido de un 37% de notificaciones con un riesgo serio y un 11,1% cuyo riesgo no ha sido decidido.

Los países que han emitido la mayor parte de las notificaciones han sido Croacia representando un 40,7% de todas las notificaciones seguido de Bélgica con un 25,9%. Esta elevada tasa de detección de potenciales peligros podría deberse a distintos escenarios o a una combinación de estos. El primero podría ser que se trata de un país con una gran producción y/o un elevado tránsito de productos por lo que hay más posibilidades de detectar irregularidades. El segundo sería que la mayoría de productos que circulan por este país presentan inconformidades. El tercero que este país cuenta con un buen sistema de control que le permite analizar un elevado número de partidas o que son estrictos a la hora de decidir si emitir una notificación. Los países con un menor número de notificaciones emitidas (3,7%) son Eslovenia, Estonia, Malta y Finlandia.

**Tabla 17.** Distribución de las notificaciones según el país de origen.

País origen	%
Serbia	29,6
Países Bajos	14,8
Bosnia y Herzegovina	11,1
Francia	11,1
India	7,4
Letonia	7,4
Macedonia del Norte	3,7
Omán	3,7
Rusia	3,7
Ucrania	3,7
Finlandia	3,7
Estados Unidos	3,7
Italia	3,7

“País de origen” hace referencia al lugar del que provienen los productos afectados. Sin embargo, esto no siempre implica que el peligro identificado tenga su origen en tal país. Por ejemplo, un producto notificado ha podido ser producido en Polonia, pero ha sido durante otra etapa de procesado en Italia que se ha producido el peligro. O una partida de alimentos ha sido producida en Alemania con niveles de HAPs dentro de los límites máximos y ha sido durante el transporte en otro país donde ha sido contaminada por estos compuestos.

Las notificaciones según el país de origen se reparten entre 13 países. Serbia ha sido el que presenta un mayor porcentaje de notificaciones relativas al origen de las partidas afectadas (29,6%) seguido de Países Bajos (14,8%), Bosnia Herzegovina (11,1%) y Francia (11,1%). Por debajo se encuentra India (7,4%) y Letonia (7,4%). Por último, los 7 países restantes representan el 3,7% de las notificaciones cada uno.

#### 4.2.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Para los hidrocarburos se produjeron un total de 81 notificaciones en el periodo de búsqueda. Todas ellas relacionadas con niveles de bezopireno y/o del marcador HAP4 por encima de los límites máximos permitidos.

**Tabla 18.** Distribución de la categoría de producto en función de las notificaciones de hidrocarburos.

Categoría de productos	Código	%
		N=81
Cereales y productos de panadería	1	2,5
Cacao y preparaciones de cacao, café y té	2	6,2
Alimentos dietéticos, suplementos dietéticos, alimentos fortificados	3	32,1
Aceites y grasas	4	24,7
Pescado y derivados	5	4,9
Aditivos y saborizantes	6	1,2
Frutas y vegetales	7	1,2
Hierbas y especias	8	19,8
Carne y productos cárnicos (excepto aves)	9	6,2
Carne de aves y productos con carne de ave	10	1,2

Como se puede observar, la categoría de alimentos dietéticos, suplementos dietéticos y alimentos fortificados ha sido sobre la que se ha emitido un mayor porcentaje de notificaciones (32,1%), seguido de aceites y grasas (24,7%) y hierbas y especias (19,8%). Suponiendo en conjunto el 76,6% de todas las notificaciones. Sin embargo, hay que considerar que, aunque este tipo de alimentos contengan elevadas concentraciones de HAPs no quiere decir que sean estos los que más contribuyan a la exposición de la población. A pesar de sus altos niveles de HAPs, la población consume este tipo de alimentos en menores cantidades que otros alimentos con menores concentraciones de estos compuestos pero que contribuyen en mayor medida a la exposición. Y es que, por ejemplo, los cereales y productos de panadería que solo representan un 2,5% de las notificaciones son el grupo de alimentos que más contribuyen a la exposición de HAPs en la población general.

**Tabla 19.** Distribución de las notificaciones según la base notificación, decisión del riesgo y notificado por.

<b>Base notificación</b>	<b>%</b>
Control oficial en el mercado	67,9
Control propio de la empresa	21
Control fronterizo – partida retenida	4,9
Control fronterizo – partida liberada	3,7
Denuncia de un consumidor	2,4
Control fronterizo – partida bajo control aduanero	N/A
<b>Decisión del riesgo</b>	<b>%</b>
Serio	91,4
Sin decidir	6,2
No serio	2,5
<b>Notificado por</b>	<b>%</b>
Alemania	22,2
Países Bajos	21,0
Polonia	12,3
Eslovaquia	7,4
Francia	6,2
Irlanda	4,9
Estonia	4,9
Reino Unido	4,9
Hungría	3,7
Bélgica	3,7
Austria	2,5
Portugal	1,2
República Checa	1,2
Dinamarca	1,2
Lituania	1,2
Letonia	1,2

Para las notificaciones de estos compuestos aparecen dos nuevos tipos de bases de notificación: los controles propios de la empresa y las denuncias de los consumidores.

En las notificaciones emitidas por controles propios, es la propia empresa la que notifica el resultado de sus controles a la autoridad competente. En el caso de la acrilamida ninguna de las notificaciones se correspondía a este tipo de controles. Puede deberse a que, como se ha comentado, no existen niveles máximos (como si existen en los HAPs) para la acrilamida sino niveles de referencia que no impiden la comercialización de un producto si excede dichos niveles. Si una empresa detecta productos que superan los niveles de referencia es suficiente la revisión del sistema de producción con el fin de intentar reducir al máximo posible la concentración de acrilamida.

Las denuncias de los consumidores son notificaciones emitidas debido a éstos, al presentar una reclamación ante las autoridades competentes. Este tipo de notificaciones son las más frecuentemente emitidas cuando se encuentran cuerpos extraños en los alimentos como trozos de metal, cristales, plásticos...

La mayoría de las inconformidades han sido identificadas, como ocurrió con la acrilamida, en controles oficiales en el mercado (67,9%) seguido de los controles llevados a cabo en la misma empresa (21%). Los controles fronterizos constituyen una minoría suponiendo un 8,6% del total. Ninguna partida ha quedado bajo control aduanero. Un 2,4% de las notificaciones se deben a la denuncia de un consumidor.

Como se puede observar, un 91,4% de las notificaciones se consideraron como un riesgo serio y solo un 2,5% como un riesgo poco serio. Este gran contraste frente a las notificaciones de la acrilamida donde el 51,9% se consideró de poco riesgo puede deberse de nuevo al hecho de que no existen límites máximos que impidan la puesta en el mercado de los productos que superen las concentraciones de referencia.

Alemania y Países Bajos son los países donde se han detectado un mayor número de inconformidades, con un 22,2% y un 21% de notificaciones emitidas respectivamente. A estos países les siguen Polonia (12,3%), Eslovaquia (7,4%), Francia (6,2%), Reino Unido, Estonia e Irlanda (4,9%). El resto de notificaciones provienen de Hungría y Bélgica que representan el 3,7% de las notificaciones cada una. Por último, se encuentra Austria (2,5%) y cinco países a los que les corresponde en total el 6% de todas las notificaciones.

**Tabla 20.** Distribución de las notificaciones según el país de origen.

País origen	%	País origen	%
China	21,0	Togo	2,5
Polonia	9,9	Bélgica	2,5
Países Bajos	7,4	Letonia	2,5
República Checa	6,2	Indonesia	1,2
Estados Unidos	6,2	Brasil	1,2
Ghana	6,2	Eslovaquia	1,2
Turquía	4,9	España	1,2
Hungría	4,9	Moldavia	1,2
Reino Unido	3,7	Rusia	1,2
Francia	3,7	Sierra Leona	1,2
Austria	2,5	Egipto	1,2
Finlandia	2,5	Singapur	1,2
Italia	2,5	Camerún	1,2
Sri Lanka	2,5	Uzbekistán	1,2
Guinea	2,5	India	1,2
Estonia	2,5	Vietnam	1,2

Los productos de esta búsqueda en la base de datos tienen su origen en 32 países. China es el país del que provienen más productos con notificaciones asociadas, suponiendo el 21% de todas las notificaciones seguido de Polonia (9,9%) y Países Bajos (7,4%). A Ghana, Estados Unidos y República Checa le corresponden el 6,2% de las notificaciones a cada uno. El 43,4% de las notificaciones restantes quedan repartidas entre 26 países.

#### 4.2.3. Nitratos y nitritos

En el periodo de búsqueda únicamente se obtuvieron 5 notificaciones. Todas ellas tienen que ver con una concentración de nitratos superior a los límites máximos. Cuatro son relativas a los nitratos presentes de forma natural en los alimentos y una a nitrato como aditivo.

**Tabla 21.** Distribución de la categoría de producto en función de las notificaciones de nitratos y nitritos.

Categoría de productos	Código	%
		N=5
Futas y verduras	1	80
Carne y productos cárnicos (excepto aves)	2	20

**Tabla 22.** Distribución de las notificaciones según la base notificación, decisión del riesgo y notificado por.

<b>Base notificación</b>	<b>%</b>
Control oficial en el mercado	80
Control propio de la empresa	20
<b>Decisión del riesgo</b>	<b>%</b>
No serio	80
Sin decidir	20
<b>Notificado por</b>	<b>%</b>
Dinamarca	40
República Checa	20
Bélgica	20
Francia	20

**Tabla 23.** Distribución de las notificaciones según el país de origen.

<b>País origen</b>	<b>%</b>
Italia	40
Países Bajos	20
Bélgica	20
Francia	20

Comparando las notificaciones de todos los contaminantes se puede observar que en los tres tipos de compuestos la mayoría de las inconformidades han sido analizadas en controles oficiales en el mercado.

Atendiendo a la distribución de las notificaciones según las categorías de alimentos se observa, como es de esperar, que los distintos contaminantes no comparten ninguna categoría que destaque frente a las demás. Esto puede deberse a que cada contaminante se genera bajo condiciones distintas y necesitan ciertos precursores que son característicos de diferentes categorías de alimentos.

Para el país que emite la notificación y el país de origen de la partida tampoco se observan tendencias destacables.

Teniendo en cuenta el conjunto de todas las notificaciones de los tres contaminantes, se han producido un total de 113 notificaciones, de las cuales, un 71,7% pertenecen a los HAPs, un 23,9% a acrilamida y un 4,4% a nitratos.

Es importante considerar que cantidad de todos los productos contaminados ya se encontraban en el mercado en el momento de su detección. Este escenario ocurrió con el 64,6% de los productos, lo cual es preocupante ya que la mayoría de los alimentos contaminados han podido haber sido consumidos por la población. Esto sin tener en cuenta la cantidad de notificaciones correspondientes a los controles fronterizos en los que se libera la partida antes de disponer de los datos analíticos que, como se ha

explicado previamente, algunos de estos productos han podido llegar a ponerse en venta sin conocer si el producto está contaminado.

Los tipos de análisis que más protegen la salud de la población son aquellos en los que se detecta el peligro antes de que los productos se pongan a disposición de los consumidores. Este tipo de análisis corresponden a las notificaciones emitidas bajo el término de “Control fronterizo – partida bajo control aduanero”, “Control fronterizo – partida retenida” y “control propio de la empresa”. Este conjunto de notificaciones únicamente representa el 29,2% del total.

En cuanto a la distribución de la categoría de producto en función del número de notificaciones para los tres contaminantes se puede observar en la tabla 24 que las categorías con más notificaciones son alimentos dietéticos (23%), aceites y grasas (17,7%), cereales y productos de panadería (15%) y hierbas y especias (14,2%).

**Tabla 24.** Distribución de la categoría de producto en función del número de notificaciones para los tres contaminantes.

<b>Categoría de productos</b>	<b>%</b>
	N=113
Alimentos dietéticos, suplementos dietéticos, alimentos fortificados	23
Aceites y grasas	17,7
Cereales y productos de panadería	15
Hierbas y especias	14,2
Platos preparados y snacks	7,1
Cacao y preparaciones de cacao, café y té	5,3
Carne y productos cárnicos (excepto aves)	5,3
Frutas y vegetales	4,4
Pescado y derivados	3,5
Repostería	1,8
Aditivos y saborizantes	0,9
Carne de aves y productos con carne de ave	0,9
Otros productos	0,9

A modo de ofrecer poner en perspectiva y relativizar la información, las notificaciones de estos contaminantes van a ser comparadas con todas las notificaciones que han tenido lugar en dos años, consultando el informe anual RASFF de 2019 y 2018.

Según estos informes, en 2018 se produjeron un total de 3699 nuevas notificaciones y, en 2019 se produjo un incremento del 10% alcanzando las 4118. Para estos dos años se emitieron 7817 notificaciones. Hay que tener en cuenta que la búsqueda en la base de datos para los contaminantes que investiga este trabajo fue desde noviembre de 2017 hasta marzo de 2021 por lo que aún falta la publicación del informe anual del año 2020

para poder comparar con la totalidad de las notificaciones emitidas en este periodo de tiempo.

Aun así, se puede observar que, en comparación con estos dos años, las notificaciones para los tres tipos de contaminantes únicamente suponen el 1,4% de todas las notificaciones. Si se considera que en el año 2020 se emitieron una cantidad de notificaciones similar a la de los últimos dos años se observa que en estos tres años han podido llegar a producirse más de 11.000 notificaciones, suponiendo las notificaciones de los tres contaminantes alrededor del 1% del total.

Por último, se observa que en el año 2019 la mayor proporción de las notificaciones vinieron de controles fronterizos suponiendo el 40% de todas las notificaciones, seguido de los controles oficiales en el mercado con un valor cercano al 30% y de los controles en la propia empresa representando aproximadamente el 18%.

Al comparar esta información con la obtenida para los tres contaminantes destaca la diferencia en la cantidad de notificaciones provenientes de los controles oficiales en el mercado. Un 64,6 % para la acrilamida, HAPs y nitratos frente al 30% de todas las notificaciones de 2019. Este hecho indica que deberían realizarse más esfuerzos para poder detectar las inconformidades antes de que los productos sean accesibles para los consumidores.



## 4.3. Revisión bibliográfica

### 4.3.1. Acrilamida

#### 4.3.1.1. Contenido

**Tabla 25.** Número del estudio, año de publicación, autor y título de los estudios de contenido de acrilamida.

ESTUDIO	AÑO	AUTOR	TÍTULO ESTUDIO
1	2021	Sadowska-Rociek, A., Surma, M.	<i>A survey on thermal processing contaminants occurrence in dark craft beers</i>
2	2021	Ghazouani, T., Atzei, A., Talbi, W., Fenu, M. A., Tuberoso, C., Fattouch, S.	<i>Occurrence of acrylamide, hydroxymethylfurfural and furaldehyde as process contaminants in traditional breakfast cereals: "Bsissa"</i>
3	2021	Deribew, H.A., Woldegiorgis, A.Z.	<i>Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia</i>
4	2021	Sarion, C., Codină, G.G., Dabija, A.	<i>Acrylamide in Bakery Products: A Review on Health Risks, Legal Regulations and Strategies to Reduce Its Formation</i>
5	2021	Belkova, B., Chytilova, L., Kocourek, V., Slukova, M., Mastovska, K., Kyselka, J., y Hajslova, J.	<i>Influence of dough composition on the formation of processing contaminants in yeast-leavened wheat toasted bread</i>
6	2020	Bušová, M., Bencko, V., Kromerová, K., Nadjo, I., Babjaková, J.	<i>Occurrence of acrylamide in selected food products</i>
7	2020	Bahar, I., Delker, U., Engelhardt, U.H.	<i>Acrylamide, furan and methylfurans in coffees with different degree of roast</i>

8	2020	Turck, D., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., ... y Knutsen, H. K.	<i>Safety of chia seeds (Salvia hispanica L.) subject to thermal processing in relation to the formation of process contaminants as a novel food for extended uses</i>
9	2020	Mesías, M., Delgado-Andrade, C., Morales, F. J.	<i>Process contaminants in battered and breaded foods prepared at public food service establishments</i>
10	2020	Morales, F.J., Mesías, M., Delgado-Andrade, C.	<i>Association between heat-induced chemical markers and ultra-processed foods: A case study on breakfast cereals</i>
11	2020	Trujillo-Agudelo, S., Osorio, A., Gómez, F., Contreras-Calderón, J., Mesías-García, M., Delgado-Andrade, C., ... y Vega-Castro, O.	<i>Evaluation of the application of an edible coating and different frying temperatures on acrylamide and fat content in potato chips</i>
12	2020	Mesías, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., Morales, F.J.	<i>Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens</i>
13	2020	Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., Morales, F.J.	<i>Impact of the consumer cooking practices on acrylamide formation during the preparation of French fries in Spanish households</i>
14	2019	Suman, M., Generotti, S., Cirlini, M., Dall'asta, C.	<i>Acrylamide reduction strategy in combination with deoxynivalenol mitigation in industrial biscuits production</i>
15	2019	Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Morales, F.J.	<i>Risk/benefit evaluation of traditional and novel formulations for snacking: Acrylamide and furfurals as process contaminants</i>
16	2019	Breitling-Utzmann, C.M., Hankele, S.	<i>Formation of acrylamide in vegetable crisps - Influence of processing conditions and reducing sugars</i>

**Tabla 26.** Objetivos y resultados de los estudios de contenido de acrilamida.

ESTUDIO	OBJETIVOS	RESULTADOS
1	<p>Evaluar los niveles de acrilamida (AA), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) en cervezas artesanales oscuras disponibles en Polonia y la República Checa. Evaluar el riesgo para la salud derivado del consumo de estos productos.</p>	<p>Se encontraron HAP en la mayoría de las muestras de cerveza analizadas. La suma total de HAPs osciló entre 6,43 y 26,93 µg/kg; el nivel más alto de HAP4 encontrado fue de 2,79 µg/kg. Sólo tres muestras de cerveza estaban libres de HAPs.</p> <p>También se detectaron 3-MCPD y AA en todas las cervezas, alcanzando niveles de 14,0 µg kg<sup>-1</sup> y 363 µg/kg respectivamente.</p> <p>Los niveles de 3-MCPD y AA fueron significativamente más altos en las cervezas polacas que en las cervezas de la República Checa. Las concentraciones más altas de 3-MCPD fueron encontradas en las cervezas que contenían malta tostada.</p> <p>La evaluación de riesgo para el 3-MCPD y los HAP indicó que el consumo de las muestras de cerveza examinadas no debería causar ningún riesgo para la salud humana. Sin embargo, debido a los altos niveles de acrilamida encontrados, el consumo regular de cervezas oscuras supondría una importante amenaza para la salud humana y, por lo tanto, debería controlarse estrictamente.</p>
2	<p>Analizar el contenido de hidroximetilfurfural (HMF), furaldehído (FAL) y acrilamida en 34 muestras de cereales tradicionales de Africa del Norte "Bsissa".</p>	<p>Tanto HMF y FAL fueron detectados en la mayoría de las muestras, con valores no superiores a 24,71 mg/100 g y a 3,91 mg/100 g, respectivamente.</p> <p>Los niveles de acrilamida detectados fueron bajos y no se encontró en todas las muestras.</p> <p>Las muestras de este tipo de desayuno elaborado principalmente a partir de trigo contenían menor concentración de HMF y FAL que aquellos elaborados con cebada como cereal principal.</p>

3	<p>Evaluar los niveles de acrilamida en tres importantes alimentos comerciales procesados térmicamente: café en polvo tostado (n = 30), patatas fritas de bolsa (n = 30) y patatas fritas (n = 30) comercializados en Addis Abeba, Etiopía.</p>	<p>Los niveles de acrilamida obtenidos oscilaron entre 135 µg/kg y 1139 µg/kg en el café en polvo tostado, entre 211 µg/kg y 3515 µg/kg en las patatas fritas de bolsa y entre 36 µg/kg y 1411 µg/kg en las patatas fritas. En comparación con las patatas fritas, las muestras de patatas fritas de bolsa mostraron un mayor contenido medio de acrilamida. El 43% de las muestras de café en polvo (n = 13), el 57% de las patatas de bolsa (n = 17) y el 40% de las muestras de patatas fritas (n = 12) tenían concentraciones de acrilamida más altas que los niveles recomendados por la Comisión Europea.</p> <p>La estimación del riesgo debido a la exposición a la acrilamida a través del consumo de patatas fritas entre los niños de corta edad (7-16) (n = 30) indica preocupación con respecto a los posibles riesgos para la salud y se debe prestar la debida atención al diseñar y aplicar estrategias de mitigación. También existe una gran ausencia de conocimiento entre los productores y consumidores sobre los tóxicos generados por la aplicación de calor.</p>
4	<p>Resumir la bibliografía disponible relativa a la acrilamida presente en productos de panadería; centrándose en los efectos en la salud, estrategias de mitigación y el panorama legal.</p>	<p>El cumplimiento de los niveles máximos de referencia para la acrilamida es extremadamente difícil para la industria de la panadería.</p> <p>La reducción del nivel de acrilamida en los productos de panadería puede lograrse cambiando los parámetros del proceso tecnológico (horneando a una temperatura más baja, por ejemplo) o utilizando nuevas técnicas alternativas de horneado, utilizando materias primas con bajo contenido de asparagina y azúcares reductores o empleando ciertos ingredientes (diferentes ácidos que bajan el pH, iones divalentes, antioxidantes naturales, etc.).</p> <p>Debido al hecho de que la acrilamida causa cáncer, se deben tomar más medidas tanto por parte de los productores de alimentos como de las autoridades legislativas para reducir sus niveles en los alimentos.</p>
5	<p>Investigar la influencia de la composición de la masa en la formación de acrilamida, ésteres de 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) y ésteres de glicidilo (GE) durante el tostado del pan. Las diferentes masas diferían en el contenido de lecitina de soja, sal y agentes reductores (l-cisteína y glutatión).</p>	<p>La adición de lecitina (el 1%, w/w) a la masa dio lugar a un contenido cuatro veces mayor de 3-MCPD en las rebanadas de pan tostadas.</p> <p>No se encontró ninguna relación entre la composición de la masa y la formación de GE en el pan tostado y sin tostar.</p> <p>La adición de agentes reductores (0,05%, p/p) atenuó durante el tostado no sólo la formación de ésteres 3-MCPD (más de seis veces) sino que también redujo la extensión de la reacción de Maillard dando lugar a concentraciones tres veces menores de acrilamida.</p>

6	<p>Determinar el contenido de acrilamida en alimentos de consumo común y algunos productos tradicionales (patas fritas, galletas, palomitas de maíz, copos de maíz, cereales para el desayuno y muesli horneado) disponibles en el mercado de la Republica Checa.</p>	<p>La concentración de acrilamida en la mayoría de las muestras de patatas fritas, galletas y palomitas de maíz superó los límites de referencia.  El contenido de acrilamida en las muestras de patatas fritas de un fabricante superó, en 4 de cada 5 muestras analizadas, el límite de referencia. Por otra parte, ninguna muestra analizada de copos de maíz del mismo productor superó el límite de referencia.  El 47,6% de las muestras no cumplieron con los valores de referencia.</p>
7	<p>Determinar el contenido de acrilamida, furano y metilfuranos en muestras de café (Vietnam robusta y Brasil arábica) con diferente grado de tueste.</p>	<p>Los cafés con un grado bajo de tostado tenían cantidades relativamente altas de acrilamida y concentraciones bajas de furanos/metilfuranos. A medida que se iba aumentando el nivel de tueste, el contenido de acrilamida disminuía mientras que el contenido de furanos/metilfuranos aumentaba.  Sobre la base de estos resultados, se puede concluir que las medidas de mitigación no son tan simples como puedan parecer.  Entre los furanos, el 2-metilfurano fue el más abundante y constituyó aproximadamente el 70 % de todos los furanos detectados.</p>
8	<p>Emitir un dictamen sobre la seguridad de las semillas de chía añadidas a alimentos sujetos a tratamiento térmico que puedan dar lugar a la formación de contaminantes del proceso.</p>	<p>En base a la evidencia existente no es posible concluir si la adición de semillas de chía a alimentos sometidos a tratamiento térmico (a temperaturas superiores a 120 °C) resulta en una mayor formación de acrilamida en comparación con estos alimentos sin las semillas de chía.  Las concentraciones reportadas de hidroximetilfurfural y furfural en semillas de chía tratadas térmicamente no plantean un problema de seguridad. No se encontró información sobre otros contaminantes de proceso generados en las semillas de chía.</p>

9	Examinar el contenido de acrilamida, hidroximetilfurfural (HMF) y furfural en 113 alimentos fritos y empanados o rebozados preparados en establecimientos públicos de servicio de comidas (restaurantes y cantinas escolares) en España.	<p>Los niveles de acrilamida oscilaron entre 23,8 y 130,4 µg/kg, el HMF entre 0,11 y 16,07 mg/kg, y el furfural entre 0,01 y 1,04 mg/kg. La presencia de estos compuestos se restringió principalmente a la parte externa de los alimentos (material de recubrimiento).</p> <p>Los anillos de cebolla mostraron una concentración significativamente mayor que las otras muestras estudiadas. Los nuggets de pollo recién hechos (elaborados de forma “casera”) exhibieron un contenido de acrilamida significativamente menor que los Nuggets congelados elaborados de manera industrial.</p> <p>Este hallazgo sugiere que el aumento de la complejidad en la formulación del recubrimiento a través de la adición de ciertos ingredientes o aditivos destinados a mejorar la palatabilidad podría conducir a un mayor desarrollo de contaminantes de proceso.</p>
10	Investigar la asociación entre el nivel de procesado de 53 muestras de cereales de desayuno y el contenido de contaminantes químicos producidos por el procesado térmico (acrilamida e hidroximetilfurfural (HMF)).	<p>El contenido de azúcar se correlacionó con el contenido de acrilamida y HMF, siendo el azúcar el único parámetro nutricional que se encontró que era significativamente diferente entre los grupos de cereales de desayuno procesados (11,6 g/100 g) y ultraprocesados (23,1 g/100 g).</p> <p>Los cereales ultraprocesados no parecen implicar una preocupación toxicológica significativamente mayor basada en el contenido de acrilamida que los cereales de desayuno menos procesados.</p>
11	Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible desarrollado a partir de proteínas de suero y extractos de romero sobre la reducción de acrilamida y grasa en patatas fritas.	<p>El recubrimiento redujo el contenido de acrilamida y grasa durante la fritura, además de mejorar la firmeza de las patatas.</p>

12	<p>Analizar el contenido de acrilamida en muestras de patatas fritas preparadas en 31 comedores de colegios de primaria de diferentes regiones de España.</p>	<p>El contenido medio fue de 329 µg/kg (de &lt;20 a 4000 µg/Kg). Las patatas fritas preparadas a partir de patatas fritas congeladas presentaron un contenido de acrilamida inferior que aquellas fritas a partir del tubérculo fresco, 229 y 460 µg/kg respectivamente. Solo el 15,7 % de las muestras analizadas se encontraban por encima de los niveles de referencia establecidos por el Reglamento UE 2017/2158 (500 µg/kg). Se encontraron diferencias significativas en la formación de acrilamida según el color adquirido tras la fritura: 2274 µg/kg para las patatas tostadas, 463 µg/kg para aquellas con un tono dorado-oscuro, 134 µg/kg para uno dorado y 52 µg/kg para un dorado claro. Todas las muestras con un color dorado y dorado claro mostraron concentraciones de acrilamida por debajo del nivel de referencia.</p>
13	<p>Evaluar el impacto de las prácticas de cocina del consumidor en la formación de acrilamida durante la preparación de patatas fritas en hogares españoles.</p>	<p>El 36,1% de las muestras contenían acrilamida por encima del nivel de referencia para las patatas fritas (500 µg/kg). El contenido medio de acrilamida (550 µg/kg) y P95 (1747 µg/kg) fueron superiores a los valores notificados por la EFSA (308 µg/kg y 971 µg/kg, respectivamente). Aunque el color "dorado" era el criterio en base al que los consumidores decidían el punto final de la fritura, casi el 40% de los ellos lo identificaron erróneamente. La acrilamida se correlacionó significativamente con el parámetro de color a * y es posible a partir de este distinguir por encima y por debajo del nivel de referencia para la acrilamida.</p>
14	<p>Investigar como la concentración de acrilamida puede verse influenciada por diferentes parámetros del procesado de galletas integrales y de cacao mientras es aplicada de forma paralela una estrategia enfocada a la mitigación de micotoxinas (vomitoxina).</p>	<p>Aplicando una temperatura de cocción de 200 °C a la concentración más elevada de azúcar, la acrilamida aumentó su concentración y, en particular, los niveles oscilaron entre 306 µg/Kg y 400 µg/Kg en galletas fabricadas sin cacao y con adición de cacao, respectivamente. Por el contrario, al emplear una temperatura de cocción de 180 °C en las mismas condiciones (pH, tiempo de cocción y concentraciones de azúcar), los valores de acrilamida se mantuvieron por debajo de 125 µg/Kg. y 156 µg/Kg en los dos productos finales. El modelo predictivo desarrollado sugirió cómo algunos parámetros pueden contribuir concretamente a limitar la formación de acrilamida en el producto final, desarrollando un papel significativo el valor de pH, seguido de parámetros de tiempo/temperatura de cocción.</p>

15	Investigar el contenido de contaminantes de proceso en formulaciones de snacks novedosas (tanto en el uso de ingredientes como en los procesos tecnológicos) y comparar estos niveles con los de snacks más tradicionales.	Algunos snacks novedosos presentaron altos niveles de acrilamida, específicamente en las patatas fritas elaboradas a partir de una masa a base de patata (1252–1393 µg/kg) y en las “chips” a base de verduras (chips de zanahoria: 958 µg/kg; chips de remolacha: 908 µg/kg). En estas muestras se observaron concentraciones que excedieron las observadas en los snacks tradicionales (44–671 µg/kg). Los valores medios de HMF y furfural de las formulaciones novedosas también fueron significativamente más altos que los de snacks tradicionales (aproximadamente 2,5 y 3 veces más altos, respectivamente).
16	Analizar el contenido de acrilamida en muestras comerciales de “chips” de verduras e investigar qué componentes de las verduras y qué condiciones de procesamiento son los principales responsables de su alto contenido en acrilamida.	Se encontró acrilamida en casi todas las muestras. Las cantidades variaron de no detectables (< 10 µg/kg) a 2100 µg/kg (mediana de 800 µg/kg). En las “chips” de col rizada, la concentración de acrilamida fue inferior a 100 µg/kg. Las patatas fritas de remolacha, chirivía, zanahoria y batata contenían cantidades significativamente mayores de acrilamida (240-2100 µg/kg). Los experimentos con respecto a las patatas fritas vegetales caseras mostraron que el tiempo de cocción, la temperatura y el contenido de azúcares reductores en las materias son cruciales de cara a la cantidad de acrilamida que se encontrará en el producto final.

#### 4.3.1.2. Exposición

**Tabla 27.** Número del estudio, año de publicación, autor y título de los estudios de exposición a acrilamida.

ESTUDIO	AÑO	AUTOR	ESTUDIO
1	2021	Barón Cortés, W.R., Vásquez Mejía, S.M., Suárez Mahecha, H.	<i>Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia</i>
2	2020	Chen, X., Jia, W., Wang, Q., Han, J., Cheng, J., Zeng, W., ... y Zhang, Y.	<i>Protective effect of a dietary flavonoid-rich antioxidant from bamboo leaves against internal exposure to acrylamide and glycidamide in humans</i>
3	2020	Rifai, L., Saleh, F.A.	<i>A Review on Acrylamide in Food: Occurrence, Toxicity, and Mitigation Strategies</i>
4	2020	Yue, Z., Chen, Y., Song, Y., Zhang, J., Yang, X., Wang, J., ... y Sun, Z.	<i>Effect of acrylamide on glucose homeostasis in female rats and its mechanisms</i>

5	2019	Dimitrieska-Stojkovikj, E., Angeleska, A., Stojanovska-Dimzoska, B., Hajrulai-Musliu, Z., Koceva, D., Uzunov, R., ... y Jankuloski, D.	<i>Acrylamide content in food commodities consumed in North Macedonia and its risk assessment in the population</i>
6	2019	Goerke, K., Ruenz, M., Lampen, A., Abraham, K., Bakuradze, T., Eisenbrand, G., y Richling, E.	<i>Biomonitoring of nutritional acrylamide intake by consumers without dietary preferences as compared to vegans</i>
7	2019	Abdelhammid, B.B., Abdelkader, D.B., Abdelkader, M., Ahmed, B., Mohammed, B.	<i>Acrylamide content in Algerian food and preliminary assessment of acrylamide exposure in Algerian households</i>

**Tabla 28.** Objetivos y resultados de los estudios de exposición a acrilamida.

ESTUDIO	OBJETIVOS	RESULTADOS
1	Analizar el contenido de acrilamida en diversos alimentos en la ciudad de Bogotá y calcular el nivel de exposición para esta población.	Se analizaron un total de 257 muestras de alimentos, incluyendo muestras de patatas de bolsa, patatas fritas, pan, galletas, café, panela y otras preparaciones tradicionales. El mayor contenido de acrilamida se encontró en patatas fritas de bolsa (635 µg/kg) y en panela (521 µg/kg). La exposición media más alta en el grupo de personas adultas fue de 0.30 µg/kg peso corporal/día correspondiente a personas de 19 a 30 años. Para niños, la máxima exposición tuvo lugar en aquellos de entre 2 y 3 años y fue de 0.30 µg/kg p.c. Estos niveles de exposición indican que la acrilamida es un problema de salud pública para la población de Bogotá.
2	Investigar el efecto de un antioxidante fenólico soluble en agua procedente de las hojas de bambú (AOB-w) frente a la toxicidad inducida por el consumo de acrilamida estimando el cambio en el perfil de los	El estudio toxicocinético encontró que el consumo de AOB-w promovió la excreción de acrilamida y acortó la distribución, pero prolongó la excreción de N-acetilo-S-(2-carbamoilethil) - l-cisteína (AAMA) y N-acetilo-S-(2-carbamoil-2-hidroxiethyl) - l-cisteína. La intervención con AOB-w también redujo la concentración máxima y el área bajo curva de AAMA en un 42,1% y un 49,8%, respectivamente. Además, AOB-w alteró de manera género-dependiente el perfil toxicocinético y redujo la cantidad de un biomarcador urinario, N-acetilo-S-(2-carbamoylethyl) - l-cisteína-sulfóxido en mujeres. AOB-w aceleró el metabolismo de los aductos de hemoglobina de acrilamida y de glicidamida en sangre de mujeres. En general, AOB-w podría reducir eficazmente la exposición interna a la acrilamida en estudiantes universitarios, lo que proporciona

	biomarcadores internos de exposición.	información sobre las posibles funciones protectoras de los antioxidantes naturales contra la toxicidad in vivo de los contaminantes químicos de la dieta.
3	Resumir la literatura disponible respecto a la exposición de la población a la acrilamida, las posibles estrategias de mitigación y los efectos tóxicos de este compuesto.	Esta revisión se presentó información acerca de la toxicidad de la acrilamida, incluida la neurotoxicidad, la mutagenicidad y la carcinogenicidad, y varios métodos para mitigar los niveles de AA en los alimentos, como remojar, escaldar, fermentar o agregar antioxidantes y enzimas. This review did not only present the toxicity of AA including neurotoxicity, mutagenicity, and carcinogenicity but also focused on various ways used in mitigating AA levels in food such as soaking, blanching, fermentation, enzymes, or antioxidant addition.
4	Investigar el efecto del consumo de acrilamida en la homeostasis de la glucosa en ratas hembras.	La exposición a la acrilamida interrumpió la homeostasis de la glucosa y elevó los niveles de glucosa en ayunas de las ratas, posiblemente al interferir con el metabolismo de la glucosa y obstaculizando el efecto fisiológico de la insulina.
5	Analizar el contenido de acrilamida en alimentos ricos en almidón y procesados térmicamente y evaluar la exposición dietética a la acrilamida de la población de Macedonia del Norte.	Los niveles medios de acrilamida variaron de 126µg/kg para las muestras de pan a 494 µg/kg para las de patatas fritas. La exposición dietética de la población de Macedonia del Norte en base a los alimentos analizados se estimó en 0,643 µg/kg peso corporal/día. El principal contribuyente a la ingesta total de AA fue el pan, con un valor estimado en 0,394 µg/kg p.c/día. Los valores del margen de exposición fueron 528 para los efectos neurotóxicos y 264 para los neoplásicos calculados en base a la ingesta media, lo cual indica una posible incidencia sobre la salud.
6	Investigar la influencia de los hábitos alimenticios (dieta vegana vs. dieta omnívora sin restricciones particulares) sobre la exposición humana a la acrilamida mediante el monitoreo de biomarcadores de exposición.	La ingesta media general de acrilamida fue de 0,32 µg/kg peso corporal (p.c)/día con destacada variabilidad entre días e individuos. Los veganos ingirieron más acrilamida (0,38 µg/kg p.c/día) que los participantes omnívoros sin restricciones dietéticas (0,26 µg/kg p.c /día). Una excreción excesivamente desproporcionada de biomarcadores relacionados con la acrilamida en ciertos participantes pudo asociarse a una exposición pasiva al humo de tabaco o humo de incendio.

7	Analizar el contenido de acrilamida en alimentos comúnmente ingeridos como parte de la dieta en la población de Argelia e investigar el nivel de exposición de esta población.	Los productos a base de patatas contenían los niveles más elevados de acrilamida. Los argelinos estuvieron expuestos a una concentración media de acrilamida de 0,2 a 0,4 µg/kg p. c. /día. Los principales contribuyentes a esta exposición fueron las papas fritas y las galletas. Todas las personas de la población estudiada pareció haber estado expuesta a este compuesto a través de la dieta.
---	--	--

#### 4.3.2. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

##### 4.3.2.1. Contenido

**Tabla 29.** Número del estudio, año de publicación, autor y título de los estudios de contenido de HAPs.

ESTUDIO	AÑO	AUTOR	ESTUDIO
1	2021	Sadowska-Rociek, A., Surma, M.	<i>A survey on thermal processing contaminants occurrence in dark craft beers</i>
2	2020	Berki, M., Daood, H.G., Adányi, N., Tömösközi-Farkas, R.	<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and non-smoked paprika samples</i>
3	2020	Grosshagauer, S., Kraemer, K., Somoza, V.	<i>The True Value of Spirulina</i>
4	2020	Slámová, T., Sadowska-Rociek, A., Fraňková, A., Surma, M., Banout, J.	<i>Application of QuEChERS-EMR-Lipid-DLLME method for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food of animal origin</i>
5	2020	Kiralan, S.	<i>Phthalate and polycyclic aromatic hydrocarbon levels in liquid ingredients of packaged fish sold in Turkish markets</i>

6	2019	Hwang, M. J., Kang, S. J., Kim, H. S., y Lee, K. W.	<i>Reduction of the polycyclic aromatic hydrocarbon levels in dried red peppers (<i>Capsicum annuum</i> L.) using heat pump-assisted drying</i>
7	2019	Pereira, H., Silva, J., Santos, T., Gangadhar, K. N., Raposo, A., Nunes, C., ... y Varela, J.	<i>Nutritional potential and toxicological evaluation of <i>Tetraselmis</i> sp. CtP4 microalgal biomass produced in industrial photobioreactors</i>
8	2019	Zhou, Y., y Gao, X.	<i>Characterization of biofilm formed by phenanthrene-degrading bacteria on rice root surfaces for reduction of pah contamination in rice</i>
9	2019	Anjum, Z., Shehzad, F., Rahat, A., Shah, H.U., Khan, S.	<i>Effect of marination and grilling techniques in lowering the level of polyaromatic hydrocarbons and heavy metal in barbecued meat</i>
10	2019	Chiesa, L. M., Zanardi, E., Nobile, M., Panseri, S., Ferretti, E., Ghidini, S., ... y Arioli, F.	<i>Food risk characterization from exposure to persistent organic pollutants and metals contaminating eels from an Italian lake</i>
11	2019	Di Bella, G., Potorti, A. G., Ben Tekaya, A., Beltifa, A., Ben Mansour, H., Sajja, E., ... y Lo Turco, V.	<i>Organic contamination of Italian and Tunisian culinary herbs and spices</i>

**Tabla 30.** Objetivos y resultados de los estudios de contenido de HAPs.

ESTUDIO	OBJETIVOS	RESULTADOS
1	<p>Evaluar los niveles de acrilamida (AA), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) en cervezas artesanales oscuras disponibles en Polonia y la República Checa. Evaluar el riesgo para la salud derivado del consumo de estos productos.</p>	<p>Se encontraron HAP en la mayoría de las muestras de cerveza analizadas. La suma total de HAPs osciló entre 6,43 y 26,93 µg/kg; el nivel más alto de HAP4 encontrado fue de 2,79 µg/kg. Sólo tres muestras de cerveza estaban libres de HAPs.</p> <p>También se detectaron 3-MCPD y AA en todas las cervezas, alcanzando niveles de 14,0 µg kg<sup>-1</sup> y 363 µg/kg respectivamente.</p> <p>Los niveles de 3-MCPD y AA fueron significativamente más altos en las cervezas polacas que en las de la República Checa. Las concentraciones más altas de 3-MCPD fueron encontradas en las cervezas que contenían malta tostada.</p> <p>La evaluación de riesgo para el 3-MCPD y los HAP indicó que el consumo de las muestras de cerveza examinadas no debería causar ningún riesgo para la salud humana. Sin embargo, debido a los altos niveles de acrilamida encontrados, el consumo regular de cervezas oscuras supondría una importante amenaza para la salud humana y, por lo tanto, debería controlarse estrictamente.</p>
2	<p>Investigar y comparar el contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en muestras de pimentón ahumado y no ahumado producido con diferentes tecnologías y procedentes de distintos lugares.</p>	<p>Se detectó benzo(a)pireno en todas las muestras y varió en las muestras no ahumadas de &lt;LOQ a 6,3 µg/kg, en las muestras con sabor a ahumado de 6,3 a 7,0 µg/kg, y en las ahumadas de 5,8 a 97 µg/kg. Las cantidades de ΣHAP fueron de 190 a 1.686 µg/kg, de 213 a 352 µg/kg, y de 801 a 48.042 µg/kg, respectivamente.</p> <p>En las muestras de pimentón ahumado la presencia de HAP4 y HAP8 representó el 4%-15% y el 5%-24%, respectivamente del contenido total de HAPs.</p>
3	<p>Investigar el contenido de diferentes contaminantes ambientales (entre ellos HAPs) en suplementos dietéticos de espirulina.</p>	<p>La concentración media del marcador HAP4 fue de 275.2 µg/kg.</p> <p>Algunos fabricantes recomendaron una dosis diaria de 9 g de polvo de espirulina, lo que llevaría a una exposición de 2477 ng de HAP4 y 608 ng de benzo(a)pireno. Según las estimaciones de la EFSA, estas cantidades superarían claramente la exposición media diaria de HAP4 (1168 ng) y benzo(a)pireno (235 ng) en Europa.</p> <p>4 de las 94 muestras analizadas excedieron el límite máximo del marcador HAP4 establecido en el Reglamento (UE) 2015/1933 de la Comisión Europea como modificación del Reglamento (CE) nº 1881/2006.</p>

4	<p>Desarrollar un procedimiento optimizado de preparación de muestras para la determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en productos grasos ahumados de origen animal (pescado, queso y embutido). Comparar este procedimiento (QuEChERS y "Enhanced Matrix Removal (EMR)-Lipid") con el método QuEChERS clásico.</p>	<p>El método propuesto es rápido y eficaz y puede aplicarse con éxito para la determinación de HAPs en matrices difíciles, como los alimentos de origen animal tratados térmicamente con alto contenido en grasas.</p>
5	<p>Investigar la posibilidad de contaminación de ftalatos y HAP en peces envasados y enlatados comercializados en mercados locales de Turquía.</p>	<p>En todas las muestras analizadas, los niveles de cuatro tipos de ftalatos fueron inferiores a los límites de detección.  El mayor contenido de ftalato de bis(2-etilhexilo) (DEPH) fue de 650 µg/kg en una muestra de atún en aceite de oliva, envasado en paquete de plástico. La concentración más alta de HAP4 fue de 9,97 µg/kg en una muestra de salmón conservado en aceite de girasol.  Un total de 19 muestras estuvieron libres de todos los ftalatos y HAPs analizados. Todas las concentraciones de estos contaminantes se encontraban por debajo de los límites establecidos en Turquía y la Unión Europea.</p>
6	<p>Comparar el método convencional de secado (50-80°C durante 12-36h) con un método de sacado alternativo (50-80°C durante 7-31h seguido de otro secado de 5h a 30°C) para reducir la formación de HAP en pimientos rojos secos.</p>	<p>Las concentraciones de HAP4 oscilaron entre 3,61 y 18,0 µg/kg y entre 2,22 y 8,35 µg/kg en las muestras de pimiento deshidratado mediante el método de secado tradicional y las deshidratadas mediante el método alternativo, respectivamente.  Las concentraciones más bajas de HAPs se consiguieron utilizando una combinación de 18h de secado con aire a 65°C seguido de 4h a 30°C.</p>

7	<p>Analizar la composición nutricional y realizar una evaluación microbiológica y toxicológica de una biomasa de microalgas (<i>Tetraselmis</i> sp. CTP4), cultivada en fotobiorreactores en una instalación de producción industrial.</p>	<p>Esta microalga contenía altas cantidades de proteína (31,2 g/100 g), fibra (24,6 g/100 g), carbohidratos digeribles (18,1 g/100 g) y cenizas (15,2 g/100 g) y un bajo contenido lipídico (7,04 g/100 g). La biomasa exhibió una cantidad equilibrada de aminoácidos esenciales, de ácidos grasos poliinsaturados n-3, y polisacáridos similares al almidón. Se encontraron cantidades significativas de clorofila (3,5 g/100 g), carotenoides (0,61 g/100 g), y vitaminas. Por otro lado, no se detectaron bacterias patógenas, metales pesados, cianotoxinas, micotoxinas, HAPs ni pesticidas. La biomasa mostró actividad antioxidante moderada en varios análisis in vitro.</p>
8	<p>Caracterizar la función y estructura de un biofilm producido por bacterias degradadoras de fenantreno (<i>Pseudomonas</i> sp. JM2-gfp) sobre la superficie de la raíz de la planta de arroz.</p>	<p>Tras la exposición inicial de fenantreno (50mg/L), la concentración de fenantreno residual presente en las raíces de plantas de “Zhengzhuhong”, “Koshihikari” y “Liaojing401” que contenían el biofilm se redujo significativamente en un 71,9%, 69,3% y 58,7% respectivamente, en comparación con aquellas plantas sin el biofilm después de 10 días de exposición. Por lo tanto, el biofilm colonizado en las raíces desempeña un importante papel de degradación reduciendo el nivel de absorción de fenantreno de las plantas.</p>
9	<p>Investigar los niveles de HAPs en diferentes tipos de carne marinada (carne de ternera, pollo, cordero y pescado) bajo distintas condiciones de asado a la parrilla.</p>	<p>Las concentraciones de criseno, naftaleno, fluoranteno y Dibenz(a, h)antraceno (DBAHA) fueron superiores a los límites establecidos por el <i>Codex Alimentarius</i> y la Organización Mundial de la Salud para la carne de pescado y cordero. Se observó una alta concentración de HAPs en las carnes asadas a la brasa con carbón. El contenido de antraceno fue particularmente elevado en la carne de cordero con un valor medio de 12,50 µg/kg; la carne de pescado presentó una concentración media de fluoranteno de 5,35 µg/kg; el contenido medio de naftaleno en la carne de pollo fue de 1,85 µg/kg. Los niveles más altos de criseno y DBAHA se observaron en las muestras de cordero y pescado con valores medios de 5,90 y 3,25 µg/kg respectivamente. Factores como el marinado de la carne y el asado en una parrilla cubierta redujeron significativamente los niveles de contaminantes en la carne.</p>

10	Examinar la presencia de dioxinas y furanos, bifenilos policlorados similares a las dioxinas (DL-PCBs), seis indicadores de bifenilos policlorados no similares a las dioxinas (NDL-PCBs), siete polibromodifenil éteres (PBDE), cuatro hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y cuatro metales (As, Hg, Ni, Pb) en 90 anguilas europeas procedentes del Lago di Garda (Italia).	Las muestras de anguila se encontraban contaminadas frecuentemente por PCB-DL. Un 41% de estas superaron los límites máximos establecidos por la Unión Europea. Dos congéneres de PBDE fueron detectados en casi todas las muestras. La contaminación por HAPs fue insignificante. En cuanto a los metales, se encontraron concentraciones de Pb por encima de los límites máximos en el 77% de las muestras. Los consumidores extremos (percentil 95) están sujetos a un riesgo atribuible a las dioxinas, los furanos y, principalmente, a los PCB y PBDE.
11	Analizar el contenido de diferentes tipos de contaminantes (bifenilos policlorados, HAPs, plaguicidas organoclorados y organofosforados, fungicidas, herbicidas, acaricidas...) en hierbas y especias culinarias italianas y tunecinas.	De las muestras italianas, las de laurel fueron las más contaminadas con 15 residuos distintos, mientras que en las de romero y orégano se observaron algunos residuos ocasionales, pero siempre inferiores a los límites máximos; todas las demás muestras no mostraron rastros significativos de contaminación. Entre las muestras tunecinas, sólo el romero presentó niveles notablemente altos llegando a superar los límites máximos de residuos de la UE, mientras que las muestras de orégano estaban libres de contaminantes. Es necesaria una adecuada armonización en la regulación sobre los contaminante y residuos presentes en hierbas y especias.

### 4.3.3. Nitratos y nitritos

#### 4.3.3.1. Exposición

**Tabla 31.** Número del estudio, año de publicación, autor y título de los estudios de exposición a nitratos y nitritos.

ESTUDIO	AÑO	AUTOR	ESTUDIO
1	2019	Gorbachev, D. O., Sazonova, O. V., Borodina, L. M., Gavryushin, M. Y.	<i>Analyzing health risks for employable population caused by food products contamination (experience gained in Samara region)</i>

**Tabla 32.** Objetivos y resultados de los estudios de exposición a nitratos y nitritos.

ESTUDIO	OBJETIVOS	RESULTADOS
1	<p>Analizar los riesgos para la salud asociados al consumo de alimentos contaminados por cadmio, mercurio, plomo y arsénico, plaguicidas, nitratos, nitritos, aflatoxina B1 y benzopireno en personas trabajadoras en la región de Samara.</p>	<p>En base a un análisis de índice de riesgo agregado creado a partir del contenido medio de contaminantes en los alimentos se observó que el arsénico fue el contaminante con mayor contribución a los riesgos, que fue igual al 48 %. El segundo lugar pertenece al cadmio que representó el 14 %; el tercero a los nitratos con una contribución del 12 %.</p> <p>Tras la evaluación para los riesgos cancerígenos causados por la combinación de estos contaminantes en los alimentos, el riesgo fue considerado como “insignificante”.</p>



## 5. CONCLUSIONES

Se ha podido observar que estos contaminantes tienen el potencial de causar efectos adversos en la salud. Sin embargo, es necesaria más evidencia para poder extraer conclusiones claras. La acrilamida es el contaminante que representa una mayor preocupación en cuanto a la exposición dietética actual de la población. Para los HAPs, únicamente el grupo de la población que consume mayores cantidades de alimentos con concentraciones elevadas de estos compuestos superan el margen de seguridad. La IDA establecida para nitratos y nitritos puede llegar a excederse en todos los grupos de edad con un alto nivel de exposición. Tras revisar la legislación vigente, se ha podido observar que actualmente existen límites máximos para HAPs, nitratos y nitritos, pero no para acrilamida. Sin embargo, debido al gran impacto que tienen las prácticas culinarias en el hogar en la formación de este compuesto es necesario impulsar la elaboración de campañas educativas. En los últimos 28 meses se han producido 113 notificaciones para el conjunto de los tres contaminantes y la mayoría de ellas asociadas a controles en el mercado lo que apunta a la necesidad de mejorar los sistemas de análisis y control para que los productos contaminados no lleguen a estar a disposición de los consumidores. Las líneas de investigación de los últimos años se centran principalmente en determinar el contenido de estos contaminantes en los alimentos, evaluar la exposición de la población, investigar sus efectos adversos y desarrollar estrategias de mitigación.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdelhammid, B. B., Abdelkader, D. B., Abdelkader, M., Ahmed, B., & Mohammed, B. (2019). Acrylamide content in Algerian food and preliminary assessment of acrylamide exposure in Algerian households. *JOURNAL OF FOOD SAFETY AND FOOD QUALITY-ARCHIV FÜR LEBENSMITTELHYGIENE*, 70(2), 48-55. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85064881274&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=ef7e00d07758971bcf07817da572432a&sot=b&sd=cl&cluster=scopubyr%2c%222021%22%2c%2c%222020%22%2c%2c%222019%22%2c%2c%222018%22%2c&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28CONTENT%2c+CONTAMINANT%2c+ACRYLAMIDE%2c+FOOD%29&relpos=27&citeCnt=1&searchTerm=>
2. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2011). *Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de lactantes y niños de corta edad a nitratos por consumo de acelgas en España*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/NITRATOS\\_ACELGAS.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/NITRATOS_ACELGAS.pdf)
3. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2020). *¿Qué es la acrilamida? ¿Por qué está presente en los alimentos?*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/acrilamida.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/acrilamida.htm)
4. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2020). *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/HAPs\\_ficha\\_SEPT\\_2020.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/HAPs_ficha_SEPT_2020.pdf)
5. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2020). *Nitratos*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/nitratos.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/nitratos.htm)
6. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Consultado a 27 de marzo de 2021. *Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria (PNCOCA)*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/seccion/pncoca.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/pncoca.htm)
7. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (septiembre de 2016). *Contaminantes*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/detalle/contaminantes.htm](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/detalle/contaminantes.htm)
8. Angerer, J., Bird, M. G., Burke, T. A., Doerr, N. G., Needham, L., Robison, S. H., Sheldon, L. y Zenick, H. (2006). Strategic biomonitoring initiatives: moving the science forward. *Toxicological sciences: an official journal of the Society of*

10. <https://academic.oup.com/toxsci/article/93/1/3/1651238?login=true>
9. Anjum, Zahin & Shehzad, Farhat & Rahat, Amina & Shah, Hamid & Khan, Saleem. (2019). Effect of Marination and Grilling Techniques in Lowering the Level of Polyaromatic Hydrocarbons and Heavy Metal in Barbecued Meat. *Sarhad Journal of Agriculture*. 35.  
10.17582/journal.sja/2019/35.2.639.646. <http://researcherslinks.com/current-issues/Effect-of-Marination-and-Grilling-Techniques-in-Lowering-the-Level-of-Polyaromatic-Hydrocarbons-and-Heavy-Metal-in-Barbecued-Meat/14/1/2262/html>
10. Bahar, I., Delker, U., & Engelhardt, U. H. (2020). Acrylamide, furan and methylfurans in coffees with different degree of roast. *DEUTSCHE LEBENSMITTEL-RUNDSCHAU*, 116(10), 435-440. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092622402&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=ef7e00d07758971bcf07817da572432a&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222021%22%2ct%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28CONTENT%2c+CONTAMINANT%2c+ACRYLAMIDE%2c+FOOD%29&rels=s=9&citeCnt=0&searchTerm>
11. Baskar, G., & Aiswarya, R. (2018). Overview on mitigation of acrylamide in starchy fried and baked foods. *Journal of the science of food and agriculture*, 98(12), 4385–4394. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9013>
12. Belkova, B., Chytilova, L., Kocourek, V., Slukova, M., Mastovska, K., Kyselka, J., & Hajslova, J. (2021). Influence of dough composition on the formation of processing contaminants in yeast-leavened wheat toasted bread. *Food Chemistry*, 338, 127715. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620315776?casa\\_token=nl7oXNuVJx4AAAAA:dKjck6V4o7YvdiQCT9EGeWZIR4MplFrFiloyv9OnKaf4cUQm9bJPRUtnSWuuS\\_z9iEZMBJytr-A](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620315776?casa_token=nl7oXNuVJx4AAAAA:dKjck6V4o7YvdiQCT9EGeWZIR4MplFrFiloyv9OnKaf4cUQm9bJPRUtnSWuuS_z9iEZMBJytr-A)
13. Berki, M., Daood, H. G., Adányi, N., & Tömösközi-Farkas, R. (2020). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and non-smoked paprika samples. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14861. [https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.14861?saml\\_referrer](https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.14861?saml_referrer)
14. Breitling-Utzmann, C. M., & Hankele, S. (2019). Formation of acrylamide in vegetable crisps—Influence of processing conditions and reducing sugars. *DEUTSCHE LEBENSMITTEL-RUNDSCHAU*, 115(6), 265-270. [https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Breitling-Utzmann/publication/335756069\\_Formation\\_of\\_acrylamide\\_in\\_vegetable\\_crisps\\_-\\_](https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Breitling-Utzmann/publication/335756069_Formation_of_acrylamide_in_vegetable_crisps_-_)

- [Influence of processing conditions and reducing sugars/links/5d79e1e892851cacdb323680/Formation-of-acrylamide-in-vegetable-crisps-Influence-of-processing-conditions-and-reducing-sugars.pdf](https://cejph.szu.cz/pdfs/cjp/2020/04/12.pdf)
15. Bušová, M., Bencko, V., Kromerová, K., Nadjo, I., & Babjaková, J. (2020). Occurrence of acrylamide in selected food products. *Central European journal of public health*, 28(4), 320-324. <http://cejph.szu.cz/pdfs/cjp/2020/04/12.pdf>
  16. Centers for Disease Control and Prevention. (marzo 2021). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals: Updated Tables, March 2021. [https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport\\_UpdatedTables\\_Volume2\\_Mar2021-508.pdf](https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport_UpdatedTables_Volume2_Mar2021-508.pdf)
  17. Chen, X., Jia, W., Wang, Q., Han, J., Cheng, J., Zeng, W., ... & Zhang, Y. (2020). Protective effect of a dietary flavonoid-rich antioxidant from bamboo leaves against internal exposure to acrylamide and glycidamide in humans. *Food & Function*, 11(8), 7000-7011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32812964/>
  18. Chiesa, L. M., Zanardi, E., Nobile, M., Panseri, S., Ferretti, E., Ghidini, S., ... & Arioli, F. (2019). Food risk characterization from exposure to persistent organic pollutants and metals contaminating eels from an Italian lake. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(5), 779-788. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30958727/>
  19. Choi, J., Mørck, T., Knudsen, L. y Joas, A. (julio 2015). Major national human biomonitoring programs in chemical exposure assessment. *AIMS Environmental Science*.  
2. [https://www.researchgate.net/publication/281719725\\_Major\\_national\\_human\\_biomonitoring\\_programs\\_in\\_chemical\\_exposure\\_assessment](https://www.researchgate.net/publication/281719725_Major_national_human_biomonitoring_programs_in_chemical_exposure_assessment)
  20. Choi, J., Mørck, T., Polcher, A., Knudsen, L. y Joas, A. (febrero 2015). Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety. *EFSA Supporting Publications*.  
12. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2015.EN-724>
  21. Cortés, W. R. B., Mejía, S. M. V., & Mahecha, H. S. (2021). Consumption study and margin of exposure of acrylamide in food consumed by the Bogotá population in Colombia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100, 103934. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157521001344?via%3Dihub>
  22. Crinnion W. J. (2010). The CDC fourth national report on human exposure to environmental chemicals: what it tells us about our toxic burden and how it assist environmental medicine physicians. *Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic*, 15(2), 101–109. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20806995/>
  23. Deribew, H. A., & Woldegiorgis, A. Z. (2021). Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food*

- Control*, 123,  
107727.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713520306435?via%3Dihub>
24. Deribew, H. A., & Woldegiorgis, A. Z. (2021). Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food Control*, 123,  
107727.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713520306435?via%3Dihub>
  25. Di Bella, G., Potorti, A. G., Ben Tekaya, A., Beltifa, A., Ben Mansour, H., Sajia, E., ... & Lo Turco, V. (2019). Organic contamination of Italian and Tunisian culinary herbs and spices. *Journal of environmental science and health, part b*, 54(5), 345-356.<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2019.1571364>
  26. Dimitrieska-Stojkovikj, E., Angeleska, A., Stojanovska-Dimzoska, B., Hajrulai-Musliu, Z., Koceva, D., Uzunov, R., ... & Jankuloski, D. (2019). Acrylamide content in food commodities and its risk assessment in the population. *Journal of Food Quality and Hazard Control*, 6, 101-108.[https://www.researchgate.net/profile/Elizabeta-Dimitrieska-Stojkovic/publication/335679181\\_Acrylamide\\_Content\\_in\\_Food\\_Commodities\\_Consumed\\_in\\_North\\_Macedonia\\_and\\_Its\\_Risk\\_Assessment\\_in\\_the\\_Population/links/5e6d7cc9299bf12e23c74bb1/Acrylamide-Content-in-Food-Commodities-Consumed-in-North-Macedonia-and-Its-Risk-Assessment-in-the-Population.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elizabeta-Dimitrieska-Stojkovic/publication/335679181_Acrylamide_Content_in_Food_Commodities_Consumed_in_North_Macedonia_and_Its_Risk_Assessment_in_the_Population/links/5e6d7cc9299bf12e23c74bb1/Acrylamide-Content-in-Food-Commodities-Consumed-in-North-Macedonia-and-Its-Risk-Assessment-in-the-Population.pdf)
  27. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in food-scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA Journal*, 6(8), 724.<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.724>
  28. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2015). Scientific opinion on acrylamide in food. *Efsa Journal*, 13(6), 4104.<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4104>
  29. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., ... & Knutsen, H. K. (2020). Safety of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) subject to thermal processing in relation to the formation of process contaminants as a novel food for extended uses. *EFSA Journal*, 18(9), e06243.<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2020.6243>
  30. Erythropel, H. C., Maric, M., Nicell, J. A., Leask, R. L., & Yargeau, V. (2014). Leaching of the plasticizer di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) from plastic containers and the question of human exposure. *Applied microbiology and biotechnology*, 98(24), 9967–9981.<https://doi.org/10.1007/s00253-014-6183-8>

31. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. (2017). *EFSA explains risk assessment: nitrites and nitrates added to food*. [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/nitrates-nitrites-170614.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/nitrates-nitrites-170614.pdf)
32. European Food Safety Authority. (febrero de 2013). *La ciencia que protege a los consumidores. Desde el campo hasta la mesa*. Doi: 10.2805/30125
33. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Consultado a 22 de marzo de 2021. *acceptable daily intake*. <https://www.efsa.europa.eu/en/glossary/acceptable-daily-intake>
34. Food and Agricultural Organization. (2017). *Contaminantes. Codex Alimentarius FAO-WHO*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/themes/contaminants/es/>
35. Food and Agricultural Organization. Consultado a 13 de marzo de 2021. *Cómo trabajamos*. <http://www.fao.org/about/how-we-work/es/>
36. Food and Agricultural Organization. Consultado de 21 de marzo de 2021. *Food safety and quality. Background*. <http://www.fao.org/food-safety/background/en/>
37. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2017). *TIPOS DE CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA*. <https://alimentos.elika.eus/wpcontent/uploads/sites/2/2017/10/6.Tipos-de-contaminaci%C3%B3n-alimentaria.pdf>
38. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2021). *HAPs*. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/haps/#evaluacion>
39. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. (2021). *Nitratos y nitritos*. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/nitratos-y-nitritos/>
40. García Ibarra, V., Rodríguez Bernaldo de Quirós, A., Paseiro Losada, P., & Sendón, R. (2018). Identification of intentionally and non-intentionally added substances in plastic packaging materials and their migration into food products. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 410(16), 3789–3803. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1058-y>
41. Ghazouani, T., Atzei, A., Talbi, W., Fenu, M. A., Tuberoso, C., & Fattouch, S. (2021). Occurrence of acrylamide, hydroxymethylfurfural and furaldehyde as process contaminants in traditional breakfast cereals: “Bsissa”. *Food Control*, 124. doi:10.1016/j.foodcont.2021.107931 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713521000694?via%3Dihub>
42. Goerke, K., Ruenz, M., Lampen, A., Abraham, K., Bakuradze, T., Eisenbrand, G., & Richling, E. (2019). Biomonitoring of nutritional acrylamide intake by consumers without dietary preferences as compared to vegans. *Archives of*

- toxicology, 93(4), 987-996. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-019-02412-x>
43. Gorbachev, D. O., Sazonova, O. V., Borodina, L. M., & Gavryushin, M. Y. (2019). Analyzing health risks for employable population caused by food products contamination (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis*, (3), 42-49. <https://journal.fcrisk.ru/eng/sites/journal.fcrisk.ru.eng/files/upload/article/386/health-risk-analysis-2019-3-5.pdf>
  44. Granado, M. (mayo de 2020). *¿Por qué lo llamamos seguridad cuando queremos decir inocuidad?*. FOOD&SAFE. <https://foodandsafe.org/por-que-lo-llamamos-seguridad-cuando-queremos-decir-inocuidad/>
  45. Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The true value of Spirulina. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(14), 4109-4115. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jafc.9b08251#>
  46. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157521000880?via%3Dihub>
  47. Hwang, M. J., Kang, S. J., Kim, H. S., & Lee, K. W. (2019). Reduction of the polycyclic aromatic hydrocarbon levels in dried red peppers (*Capsicum annuum* L.) using heat pump-assisted drying. *Food chemistry*, 297, 124977. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619310799>
  48. Jaffee, S., Henson, S., Unnevehr, L., Grace, D., Cassou, E. (2018). *Overview. The safe food imperative: Accelerating progress in low-and middle-income countries*. World Bank Publications. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30568/211345ov.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
  49. Johnson, R. (diciembre de 2016). *The Federal Food Safety System: A Primer*. Congressional Research Service. <https://fas.org/sgp/crs/misc/RS22600.pdf>
  50. Kantiani, L., Llorca, M., Sanchís, J., Farré, M., & Barceló, D. (2010). Emerging food contaminants: a review. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 398(6), 2413-2427. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-010-3944-9>
  51. Karwowska, M., & Kononiuk, A. (2020). Nitrates/Nitrites in Food-Risk for Nitrosative Stress and Benefits. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 9(3), 241. <https://doi.org/10.3390/antiox9030241>
  52. Kiralan, S. (2020). Phthalate and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Levels in Liquid Ingredients of Packaged Fish Sold in Turkish Markets. *Journal of Oleo Science*, 69(8), 851-858. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32641613/>
  53. Konieczna, A., Rutkowska, A., & Rachoń, D. (2015). Health risk of exposure to Bisphenol A (BPA). *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 66(1), 5–11. [RPZH 2015 Vol.66 pp.05-11.pdf](https://www.rpzh.gov.pl/2015/Vol.66_pp.05-11.pdf)

54. Koszucka, A., Nowak, A., Nowak, I., & Motyl, I. (2020). Acrylamide in human diet, its metabolism, toxicity, inactivation and the associated European Union legal regulations in food industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(10), 1677–1692. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1588222>
55. Li, C., Li, C., Yu, H., Cheng, Y., Xie, Y., Yao, W., Guo, Y., & Qian, H. (2021). Chemical food contaminants during food processing: sources and control. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(9), 1545–1555. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1762069>
56. Ma, L., Hu, L., Feng, X., & Wang, S. (2018). Nitrate and Nitrite in Health and Disease. *Aging and disease*, 9(5), 938–945. <https://doi.org/10.14336/AD.2017.1207>
57. Mesias, M., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2019). Risk/benefit evaluation of traditional and novel formulations for snacking: Acrylamide and furfurals as process contaminants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 79, 114-121. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088915751830111X?casa\\_token=hLHoKGgLGzsAAAAA:951q-zPgR\\_dq-nYeapkFMX5P2q67GDsjjUFu-ZqIUWL5ZkDib2iW8MOOLeRqQmaKRfxiC2ttgiY](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088915751830111X?casa_token=hLHoKGgLGzsAAAAA:951q-zPgR_dq-nYeapkFMX5P2q67GDsjjUFu-ZqIUWL5ZkDib2iW8MOOLeRqQmaKRfxiC2ttgiY)
58. Mesías, M., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2020). Process contaminants in battered and breaded foods prepared at public food service establishments. *Food Control*, 114, 107217. (2020). Process contaminants in battered and breaded foods prepared at public food service establishments. *Food Control*, 114, 107217. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671352030133X?via%3Dihub>
59. Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Acrylamide in French fries prepared at primary school canteens. *Food & function*, 11(2), 1489-1497. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/FO/C9FO02482D#!divAbstract>
60. Mesías, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. (2020). Impact of the consumer cooking practices on acrylamide formation during the preparation of French fries in Spanish households. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(2), 254-266. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2019.1693637?journalCode=tfac20>
61. Milá, S. (julio-agosto 2010). *Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición*. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-X0212047X10540761>
62. Morales, F. J., Mesías, M., & Delgado-Andrade, C. (2020). Association between heat-induced chemical markers and ultra-processed foods: A case study on

- breakfast cereals. *Nutrients*, 12(5), 1418. <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/5/1418/htm>
63. Organización de Consumidores y Usuarios. (2018). *¿Cómo evitar la acrilamida? Acrilamida qué es y como evitarla | OCU*
64. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado a 20 de marzo de 2021. *Conceptos básicos. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) Centroamérica*. <http://www.fao.org/in-action/pesa-centroamerica/temas/conceptos-basicos/es/>
65. Órgano Permanente para la Seguridad Alimentaria (OPSA). (2020). *Guía de gestión de alertas alimentarias para operadores*. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/operadores\\_economicos/guia\\_OPESA.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/operadores_economicos/guia_OPESA.pdf)
66. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
67. Pan American Health Organization. Consultado a 17 de marzo de 2021. *Comisión de Codex Alimentarius. Inocuidad de los Alimentos-Codex Alimentarius*. [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10554:2015-comision-codex-alimentarius&Itemid=41281&lang=en](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10554:2015-comision-codex-alimentarius&Itemid=41281&lang=en)
68. Pereira, H., Silva, J., Santos, T., Gangadhar, K. N., Raposo, A., Nunes, C., ... & Varela, J. (2019). Nutritional potential and toxicological evaluation of *Tetraselmis* sp. CTP4 microalgal biomass produced in industrial photobioreactors. *Molecules*, 24(17), 3192. <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/17/3192/htm>
69. Rapid Alert System for Food and Feed. (2020). RASFF annual report 2019. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/c3318331-d9c4-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>
70. Rifai, L., & Saleh, F. A. (2020). A review on acrylamide in food: occurrence, toxicity, and mitigation strategies. *International journal of toxicology*, 39(2), 93-102. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1091581820902405>
71. Sadowska-Rociek, A., & Surma, M. (2021). A survey on thermal processing contaminants occurrence in dark craft beers. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103888.
72. Schafer, K. S., & Kegley, S. E. (2002). Persistent toxic chemicals in the US food supply. *Journal of epidemiology and community health*, 56(11), 813-817. <https://doi.org/10.1136/jech.56.11.813>

73. Schrenk, D. y Cartus, A. (2017). *Chemical Contaminants and Residues in Food*. Woodhead Publishing.
74. Slámová, T., Sadowska-Rociek, A., Fraňková, A., Surma, M., & Banout, J. (2020). Application of QuEChERS-EMR-Lipid-DLLME method for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food of animal origin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 87, 103420. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157519314930?via%3Dihub>
75. Sonavane, M., & Gassman, N. R. (2019). Bisphenol A co-exposure effects: a key factor in understanding BPA's complex mechanism and health outcomes. *Critical reviews in toxicology*, 49(5), 371–386. <https://doi.org/10.1080/10408444.2019.1621263>
76. Suman, M., Generotti, S., Cirlini, M., & Dall'Asta, C. (2019). Acrylamide Reduction Strategy in Combination with Deoxynivalenol Mitigation in Industrial Biscuits Production. *Toxins*, 11(9), 499. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784131/>
77. Thompson, L. A. y Darwish, W. S. (2019). Environmental chemical contaminants in food: review of a global problem. *Journal of toxicology*, 2019. <https://www.hindawi.com/journals/it/2019/2345283/>
78. Trujillo-Agudelo, S., Osorio, A., Gómez, F., Contreras-Calderón, J., Mesías-García, M., Delgado-Andrade, C., ... & Vega-Castro, O. (2020). Evaluation of the application of an edible coating and different frying temperatures on acrylamide and fat content in potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 43(5), e13198. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpe.13198>
79. United States Environmental Protection Agency. Consultado a 12 de marzo de 2021. *National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals*. <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/hhra/recordisplay.cfm?deid=23995>
80. Vogt, R., Bennett, D., Cassady, D., Frost, J., Ritz, B., & Hertz-Picciotto, I. (2012). Cancer and non-cancer health effects from food contaminant exposures for children and adults in California: a risk assessment. *Environmental health: a global access science source*, 11, 83. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-11-83>
81. Web Oficial de la Unión Europea. (2017). Preguntas y respuestas: el sistema de alerta rápida para alimentos y piensos (RASFF). [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/MEMO\\_17\\_2461](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/MEMO_17_2461)
82. Web oficial de la Unión Europea. (agosto de 2020). *Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). ¿Qué hace la EFSA?*. [https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/efsa\\_es#%C2%BFqu%C3%A9-hace-la-efsa?](https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/efsa_es#%C2%BFqu%C3%A9-hace-la-efsa?)

83. Woodruff, T. J., Zota, A. R., y Schwartz, J. M. (2011). Environmental chemicals in pregnant women in the United States: NHANES 2003-2004. *Environmental health perspectives*, 119(6), 878–885. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002727>
84. World Health Organization. (2015). *WHO estimates of the global burden of foodborne diseases. Foodborne disease burden epidemiology reference group, 2007–2015*. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf?sequence=1)
85. World Health Organization. Consultado a 9 de abril de 2021. *Part 2. Chemical and physical aspects*. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/2edvol2p2a.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/2edvol2p2a.pdf)
86. Yue, Z., Chen, Y., Song, Y., Zhang, J., Yang, X., Wang, J., ... & Sun, Z. (2020). Effect of acrylamide on glucose homeostasis in female rats and its mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, 135, 110894. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691519306842?via%3Dihub>
87. Zelinkova Z, Wenzl T. (2015). The Occurrence of 16 EPA PAHs in Food - A Review. *Polycyclic Aromatic Compounds*. 2015;35(2-4):248-284. doi:10.1080/10406638.2014.918550. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4673601/>
88. Zhou, Y., & Gao, X. (2019). Characterization of biofilm formed by phenanthrene-degrading bacteria on rice root surfaces for reduction of PAH contamination in rice. *International journal of environmental research and public health*, 16(11), 2002. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6603869/>



## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: Notificaciones RASFF acrilamida.

Categoría	Notificado por	Países involucrados	Motivo
1	Croacia	Bosnia y Herzegovina (O), Croacia	alto contenido de acrilamida (930; 1104; 927 µg / kg - ppb) en galletas de Bosnia y Herzegovina
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (686 µg / kg - ppb) en galletas de trigo integral y albaricoque de Serbia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (974,9; 700 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (887; 863,2 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Croacia, República de Macedonia del Norte (O)	alto contenido de acrilamida (904 µg / kg - ppb) en bocadillos de la ex República Yugoslava de Macedonia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (848,7 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (717; 1087 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (854 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Croacia, Serbia (O)	alto contenido de acrilamida (812 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Croacia	Bosnia y Herzegovina (O), Croacia	alto contenido de acrilamida (943,6 µg / kg - ppb) en galletas de Bosnia y Herzegovina
1	Eslovenia	Serbia (O), Eslovenia (D)	alto contenido de acrilamida (950 µg / kg - ppb) en galletas de Serbia
1	Bélgica	Bélgica (D), Holanda (O)	alto contenido de acrilamida (216,1 µg / kg - ppb) en galletas de chocolate orgánico para bebés de los Países Bajos
1	Croacia	Bosnia y Herzegovina (O), Croacia	alto contenido de acrilamida (1282 µg / kg - ppb) en galletas de Bosnia y Herzegovina
1	Alemania	Austria (D), Bélgica (D), Dinamarca (D), Francia (D), Alemania, INFOSAN, India (O), Luxemburgo (D), Malta (D), Países Bajos (D), Omán (O), Suecia (D), Suiza (D), Reino Unido	ésteres de glicidilo (4697 µg / kg - ppb) y alto contenido de acrilamida (497 µg / kg - ppb) en galletas de mantequilla de India, fabricadas en Omán, a través del Reino Unido

1	Lituania	China, Alemania, INFOSAN, Lituania (D), Rusia (O)	alto contenido de acrilamida (3964 µg / kg - ppb) en galletas orgánicas sin gluten de Rusia
2	Estonia	Estonia (D), Finlandia (O), Países Bajos (O)	alto contenido de acrilamida (732 µg / kg - ppb) en café envasado al vacío de Finlandia, fabricado en los Países Bajos
3	Lituania	INFOSAN, Lituania (D), Ucrania (O)	alto contenido de acrilamida (1173 µg / kg - ppb) en galletas de Ucrania
3	Lituania	Letonia (O), Lituania (D)	alto contenido de acrilamida (1167 µg / kg - ppb) en galletas con ajo de Letonia
4	Alemania	Alemania (D), INFOSAN, India (O), Países Bajos, Reino Unido	3-monocloro-1,2-propanodiol (3-MCPD) (5299 µg / kg - ppb) y ésteres de glicidilo (4159 µg / kg - ppb) y alto contenido de acrilamida (647 µg / kg - ppb) en galletas con chispas de chocolate desde India, vía Reino Unido
5	Bélgica	Bélgica (D), Francia (O)	alto contenido de acrilamida (2445,7 µg / kg - ppb) en patatas fritas de Francia
5	Malta	Austria (D), Bélgica, Finlandia (D), Letonia (D), Malta (D), Países Bajos (D), Portugal (D), España (D), Estados Unidos (O)	alto contenido de acrilamida (1300 µg / kg - ppb) en chips de camote de los Estados Unidos
5	Bélgica	Bélgica (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (D / O)	alto contenido de acrilamida (2690,7 µg / kg - ppb) en chips de verduras de los Países Bajos
5	Bélgica	Bélgica (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (O)	alto contenido de acrilamida (1845,7 µg / kg - ppb) en chips de verduras de los Países Bajos
5	Bélgica	Bélgica (D), Servicios de la Comisión, Italia (O)	alto contenido de acrilamida (1994 µg / kg - ppb) en patatas fritas saladas de Italia
5	Bélgica	Bélgica (D), Francia (O)	alto contenido de acrilamida (2272,5 µg / kg - ppb) en chips de arracacha y mandioca de Francia
5	Bélgica	Bélgica (D), Francia (D / O), INFOSAN, Uganda (D)	alto contenido de acrilamida (2479 µg / kg - ppb) en patatas fritas de Francia
5	Finlandia	Estonia (D), Finlandia (D), Letonia (O), Lituania (D)	alto contenido de acrilamida (hasta 2900 µg / kg - ppb) y etiquetado insuficiente (alérgenos en negrita) de papas fritas y trazas de leche (4,7 mg / kg - ppm) en papas fritas con sabor a salsa de mango de Letonia

(D)= Distribución; (O)= Origen

**ANEXO 2:** Notificaciones RASFF HAPs.

<b>Categoría</b>	<b>notificado por</b>	<b>Países involucrados</b>	<b>Motivo</b>
1	Alemania	Alemania (D), Turquía (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 59,3; 81,1 µg / kg - ppb) en trigo de Turquía
1	Austria	Austria (D / O), Irlanda (D), Países Bajos, Reino Unido (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 2 µg / kg - ppb) en cereales para bebés de Austria
2	Polonia	Indonesia (O), Polonia	benzo (a) pireno (38,33 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 226,21 µg / kg - ppb) en la torta de cacao de Indonesia
2	Hungría	Camerún, Costa de Marfil, Hungría (D), INFOSAN, Países Bajos (O), Nigeria, Polonia (O), Eslovaquia (O)	benzo (a) pireno (20,73 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (91,58 µg / kg - ppb) en cacao en polvo de Polonia, procesado en Eslovaquia, con materia prima de los Países Bajos y Polonia
2	Eslovaquia	República Checa (D / O), Hungría (O), Países Bajos (O), Polonia (D), Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (9; 12,04 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 52,6; 77,57 µg / kg - ppb) en cacao en polvo bajo en grasa de Hungría, con materia prima de los Países Bajos, envasado en la República Checa
2	Portugal	Brasil (O), INFOSAN, Portugal (D)	benzo (a) pireno (9,3 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (61,4 µg / kg - ppb) en chocolate en polvo para producir helado de Brasil
2	Irlanda	Irlanda, Países Bajos (O), Reino Unido (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH4: 38,7 µg / kg - ppb) en cacao en polvo de los Países Bajos
3	Polonia	China (O), INFOSAN, Países Bajos (D), Polonia (D), Rumania (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 99,7 µg / kg - ppb) en chlorella en polvo de China
3	Países Bajos	Dinamarca (D), Finlandia (D), Países Bajos (D / O), Polonia (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (9,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 121,5 µg / kg - ppb) en complementos alimenticios de los Países Bajos
3	Eslovaquia	China (O), República Checa (D / O), INFOSAN, Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (248; 27,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (990; 117 µg / kg - ppb) en complemento alimenticio de espirulina más chlorella de la República Checa, con materia prima de China
3	Alemania	China (O), Alemania (D / O), INFOSAN, Suiza	benzo (a) pireno (120,4 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH4: 1103 µg / kg - ppb) en complemento alimenticio de Alemania, con materia prima de China

3	Alemania	Austria (D), Alemania (D / O), INFOSAN, Italia (D), Namibia (D), España (D), Taiwán (D), Estados Unidos (D)	benzo (a) pireno (6,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 30 µg / kg - ppb) en cápsulas de aceite de semilla de comino negro de Alemania
3	Países Bajos	Bélgica, Servicios de la Comisión, INFOSAN, Países Bajos (D), España (O), Taiwán (D), Turquía (D)	benzo (a) pireno (11,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH4: 83,7 µg / kg - ppb) en polvo de sauzgatillo de España, vía Bélgica
3	Polonia	China (O), INFOSAN, Polonia (D / O)	benzo (a) pireno (46,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH4: 229 µg / kg - ppb) en polvo de chlorella de Polonia, con materia prima de China
3	Países Bajos	Hungría (O), Holanda (D)	benzo (a) pireno (15,8 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (548 µg / kg - ppb) en cápsulas de ginseng, guaraná y ginkgo biloba de Hungría
3	Países Bajos	Hungría (O), Holanda (D)	benzo (a) pireno (20,4 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 739 µg / kg - ppb) en cápsulas de ginkgo biloba de Hungría
3	Bélgica	Bélgica (O), Suecia (D), Reino Unido (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (221,6 µg / kg - ppb) en complemento alimenticio de café verde de Bélgica, con materia prima del Reino Unido
3	Francia	Bélgica, China (O), Francia (D / O), Alemania (D), INFOSAN, Luxemburgo (D), Países Bajos (D), España	benzo (a) pireno (45,8 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 195 µg / kg - ppb) en cápsulas de propóleo micronizado purificado envasadas en Francia con materia prima de China vía España y Bélgica
3	Hungría	China (O), Alemania, Hungría (D / O), INFOSAN, Rumania (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (284,62 µg / kg - ppb) en hojas secas de ginkgo biloba procesadas en Hungría, con materia prima de China, vía Alemania
3	Polonia	China (O), Alemania (D), INFOSAN, Irlanda (D), Polonia (D), Reino Unido	benzo (a) pireno (328,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 1593,3 µg / kg - ppb) en Chlorella de China
3	Hungría	Austria (D), Bélgica (D), Bulgaria (D), China (O), Francia (D), Alemania, Grecia (D), Hungría (D), INFOSAN, Italia (D), Países Bajos (D), Polonia (D), Portugal (D), Rumania (D), Eslovaquia (D), España (D), Suiza (D), Reino Unido (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (71,62 µg / kg - ppb) en polvo de hojas de ginkgo biloba de China, vía Alemania

3	Bélgica	Austria (D), Bélgica (D), Bolivia (D), China (O), Croacia (D), República Checa (D), Dinamarca (D), Alemania (D), Hong Kong (D), INFOSAN, Indonesia (D), Italia (D), Japón (D), Países Bajos (D), Polonia (D), Eslovaquia, Eslovenia (D), España (D), Suecia (D), Suiza (D), Turquía (D) , Reino Unido (D), Estados Unidos (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de 4PAH = 80,4 µg / kg - ppb) en polvo de propóleo de China, vía Alemania
3	Estonia	Estonia (D), Finlandia (D / O), Francia (O), INFOSAN, Rumania (D), Reino Unido (D), Estados Unidos (D)	benzo (a) pireno (44,1 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 220,4 µg / kg - ppb) en espirulina de Finlandia, con materia prima de Francia
3	Países Bajos	China (O), Francia, INFOSAN, Italia, Países Bajos (D), Polonia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (1110 µg / kg - ppb) en polvo de chlorella de China, vía Francia
3	Estonia	Bulgaria (D), China (D), República Checa (D), Estonia (D), Finlandia (O), Hungría (D), INFOSAN, Letonia (D), Polonia (D), Eslovaquia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de 4 PAH = 62,9 µg / kg - ppb) en tabletas de espirulina de Finlandia
3	Polonia	China (O), Irlanda (D), Letonia (D), Polonia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4 = 62,9 µg / kg - ppb) en tabletas de espirulina de China
3	Estonia	Estonia (D), Finlandia (D), INFOSAN, Noruega (D), España, Suecia (D), Reino Unido, Estados Unidos (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 152,4 µg / kg - ppb) en suplemento de resveratrol de los Estados Unidos, a través del Reino Unido
3	Polonia	China (O), Polonia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (84,4 µg / kg - ppb) en polvo de espirulina de China
3	Países Bajos	Austria (D), Chipre (D), Dinamarca (D), Finlandia (D), INFOSAN, Países Bajos, Rumanía (D), Eslovenia (D), España (D), Suecia (D), Reino Unido (D), Estados Unidos (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 88,8 µg / kg - ppb) en el suplemento de resveratrol de los Estados Unidos
3	Países Bajos	China (O), Alemania (D), INFOSAN, Países Bajos (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 250 µg / kg - ppb) en extracto de hierba de San Juan ( <i>Hypericum perforatum</i> ) de China
3	República Checa	República Checa (D), INFOSAN, Moldavia (O), Eslovaquia, Estados Unidos	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 1,93 µg / kg - ppb), tolueno (161 mg / l) y xileno (505 mg / l) en tintura de nuez verde de Moldavia
3	Países Bajos	Bélgica (D), Bulgaria (D), Dinamarca (D), Francia (D), Alemania (D), INFOSAN, Italia (D), Países Bajos, Noruega, Polonia (D), Rumanía (D), Eslovenia,	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH: 88 µg / kg - ppb) en extracto de cúrcuma y jengibre de los Estados Unidos

		España ( D), Suecia (D), Reino Unido (D), Estados Unidos (O)	
3	Países Bajos	Bulgaria (D), Croacia (D), Chipre (D), Dinamarca (D), Estonia (D), Alemania (D), Grecia (D), INFOSAN, Lituania (D), Países Bajos (D), Polonia (D ), Portugal (D), Eslovaquia (D), España (D), Suiza (D), Reino Unido (D), Estados Unidos (O)	benzo (a) pireno (26 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 125 µg / kg - ppb) en complementos alimenticios de los Estados Unidos
4	Alemania	Servicios de la Comisión, República Checa (D), Alemania (D / O), INFOSAN, Italia (O), Eslovaquia (D), España (D), Estados Unidos (O)	benzo (a) pireno (6,9 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 38,3 µg / kg - ppb) en aceite de almendras procesado en Italia, con materia prima de los Estados Unidos, envasado en Alemania
4	Alemania	Austria, Bélgica (D), Chipre, Dinamarca (D), Finlandia (D), Francia (D / O), Alemania (D), INFOSAN, Irlanda (D), Italia (O), Países Bajos (D), Nueva Zelanda (D), Serbia (D), Eslovaquia (D), Eslovenia (D), Suiza (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (32,5 µg / kg - ppb) en aceite de avellana de Francia, fabricado en Italia
4	Dinamarca	Dinamarca (D), INFOSAN, Sri Lanka (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 79,7 mg / kg - ppm) en aceite de coco de Sri Lanka
4	Países Bajos	Francia (D), Alemania, Guinea (O), INFOSAN, Países Bajos (D)	benzo (a) pireno (3,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (18,1 µg / kg - ppb) y colorante no autorizado Sudán 4 (1104 µg / kg - ppb) en aceite de palma de Guinea
4	Países Bajos	Alemania, Ghana (O), INFOSAN, Países Bajos (D), Reino Unido	benzo (a) pireno (3 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (18,4 µg / kg - ppb) y colorante no autorizado Sudán 4 (352 µg / kg - ppb) en aceite de palma rojo de Ghana, a través del Reino Unido
4	Países Bajos	Alemania, Ghana (O), INFOSAN, Países Bajos (D), Reino Unido	benzo (a) pireno (2,8 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (13,6 µg / kg - ppb) y colorante no autorizado Sudán 4 (204 µg / kg - ppb) en aceite de palma rojo de Ghana, a través del Reino Unido
4	Países Bajos	Austria (D), Bélgica (D), Dinamarca (D), Finlandia (D), Francia (D), Alemania (D), Grecia (D), INFOSAN, Luxemburgo (D), Países Bajos (D), Suiza (D ), Ucrania (D), Reino Unido (O)	benzo (a) pireno (2,7; 2,9 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 27,1; 28,7 µg / kg - ppb) en aceite de coco del Reino Unido

4	Reino Unido	Dinamarca (D), Finlandia (D), Alemania, INFOSAN, Irlanda (D), Líbano (D), Países Bajos (O), Portugal (D), España (D), Suecia (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (6.2 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH4 32.1 µg / kg - ppb) en aceite de coco orgánico de los Países Bajos
4	Alemania	Servicios de la Comisión, Chipre (D), República Checa (D), Francia (D), Alemania (D), Grecia (D), INFOSAN, Irlanda (D), Letonia (D), Lituania, Polonia, Portugal (D), Rusia (O), Eslovaquia (D), España (D), Suecia (D), Ucrania, Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (3,8; 3,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 15,5; 15,9 µg / kg - ppb) en aceite de girasol de Rusia, vía Lituania
4	Reino Unido	Sierra Leona (O), Reino Unido	benzo (a) pireno (3,7 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH4: 16,7 µg / kg - ppb) en aceite de palma de Sierra Leona
4	Estonia	Estonia (D / O), Finlandia (D), Letonia (D), Lituania (D)	benzo (a) pireno (4,3 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (15,3 µg / kg - ppb) en aceite de colza refinado de Estonia
4	Países Bajos	Austria (D), Bélgica (D), Chipre (D), República Checa (D), Dinamarca (D), Finlandia, Francia (D), Alemania (D), Grecia (D), INFOSAN, Irlanda (D), Lituania (D), Malta (D), Países Bajos (D), Polonia (D), España (D), Suecia (D), Togo (O), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (5,65 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 35,95 µg / kg - ppb) en aceite de palma de Togo
4	Alemania	República Checa (O), Alemania (D), Países Bajos (O), Polonia (D), Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (22,4 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (113 µg / kg - ppb) en aceite de cáñamo orgánico de la República Checa, con materia prima de los Países Bajos
4	Francia	Austria (D), Bélgica (D), Croacia (D), República Checa (D), Dinamarca (D), Francia (D), Alemania (D / O), Grecia (D), Italia (D), Letonia (D), Lituania (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (D), Polonia (D), Rumanía (D), Eslovenia (D), España (D), Suiza (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 22,6 µg / kg - ppb) en aceite de cáñamo orgánico de Alemania
4	Austria	Austria (D), Bélgica (D), Chipre (D), Dinamarca (D), Finlandia (D), Francia (D), Alemania (D), Ghana (O), INFOSAN, Italia (D), Luxemburgo (D), Malta (D), Países Bajos (D), Noruega (D), Portugal (D), España (D), Suecia (D), Suiza (D), Reino Unido (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (33 µg / kg - ppb) y ésteres de glicidilo (2130 µg / kg - ppb) en aceite de palma de Ghana, a través de los Países Bajos
4	Alemania	Egipto (O), Alemania (D), INFOSAN, Países Bajos (D), España	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 25,28 µg / kg - ppb) en aceite de semilla negra de Egipto

4	Países Bajos	Bélgica (D), Servicios de la Comisión, Francia (D), Alemania (D), Guinea (O), INFOSAN, Países Bajos	benzo (a) pireno (2,2 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4 = 11,2 µg / kg - ppb) en aceite de palma de Guinea
4	Países Bajos	Austria (D), Bélgica (D), Croacia (D), República Checa (D), Dinamarca (D), Finlandia (D), Francia (D), Alemania (D), Grecia (D), Hungría (D) , INFOSAN, Islandia (D), Italia (D), Lituania (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (D), Polonia (D), Rumania (D), Singapur (O), Eslovaquia (D), Eslovenia ( D), España (D), Surinam (D), Suecia (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (3,2; 5,3; 6,1 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 12,8; 14,6; 32 µg / kg - ppb) en aceite de sésamo de Singapur
4	Alemania	Austria (D), Bermudas (D), Croacia (D), Chipre (D), Estonia (O), Francia (D), Alemania (D / O), INFOSAN, Italia (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (D), Noruega (D), Polonia (D), Eslovaquia (D), Eslovenia (D), Suecia (D), Suiza (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (2,24 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 19,0 µg / kg - ppb) en aceite de cáñamo orgánico de Estonia, envasado en Alemania
4	Alemania	Bélgica, Francia (D), Alemania (D), INFOSAN, Luxemburgo (D), Togo (O)	benzo (a) pireno (4,34 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (25 µg / kg - ppb) en aceite de palma roja de Togo, vía Bélgica
5	Bélgica	Bélgica (O), Francia (D), Alemania (D), Italia (D), Países Bajos (D), España (D), Suiza (D)	benzo (a) pireno (30,5; 26,2; 29,8; 32,5; 11,0 µg / kg - ppb), hidrocarburos aromáticos policíclicos (124; 102; 111; 133; 53,7 µg / kg - ppb) en, operador no autorizado y en mal estado higiénico de pescado ahumado de Bélgica
5	Polonia	Letonia (O), Polonia (D)	benzo (a) pireno (6,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (35 µg / kg - ppb) en espadines en aceite de Letonia
5	Alemania	Alemania (D), Letonia (O)	benzo (a) pireno (7,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 77,9 µg / kg - ppb) en espadines enlatados en aceite de Letonia
5	Reino Unido	Ghana (O), Reino Unido	benzo (a) pireno (62 µg / kg - ppb) en, intento de importar ilegalmente e hidrocarburos aromáticos policíclicos (374,6; 592,8 µg / kg - ppb) en sardinas ahumadas de Ghana
6	Francia	China (O), Francia (D), Alemania (D), Italia (D), Países Bajos, Suiza (D), Estados Unidos (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (16,8 µg / kg - ppb) en lecitina de girasol orgánica y lecitina de soja orgánica de China, a través de los Países Bajos

7	Polonia	China (O), Alemania (D), INFOSAN, Lituania (D), Países Bajos (D), Polonia, Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (20,39 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH4: 127,63 µg / kg - ppb) en ajo granulado seco de China
8	Alemania	Austria (D), Chipre (D), Francia (D), Alemania (D), INFOSAN, Irlanda (D), Italia (D), Luxemburgo (D), Portugal (D), Suecia (D), Turquía (O), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (80 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 386 µg / kg - ppb) en hojas de laurel de Turquía
8	Alemania	Austria (O), Alemania (D), INFOSAN, Serbia (D)	benzo (a) pireno (16,1 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 59,8 µg / kg - ppb) en pimienta negra molida de Austria
8	Francia	Bélgica (D), Bulgaria (O), Dinamarca (D), Francia (D), Alemania, Luxemburgo (D), Países Bajos (D)	benzo (a) pireno (20 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 150 µg / kg - ppb) en hojuelas de ajo silvestre orgánico ( <i>Allium ursinum</i> ) de Bulgaria, vía Alemania
8	Lituania	Lituania, Turquía (O)	benzo (a) pireno (35,2 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 252 µg / kg - ppb) en hojas de laurel de Turquía
8	Francia	Austria (D), Bélgica (D), Camerún (O), Finlandia (D), Francia (D), Alemania (D), INFOSAN, Jersey (D), Luxemburgo (D), Portugal (D), Eslovaquia (D), España (D), Suecia (D), Suiza (D), Reino Unido (D), Estados Unidos (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 82,4 µg / kg - ppb) en bayas de ganshu ( <i>Zanthoxylum</i> ) de Camerún
8	Irlanda	Austria (D), Bélgica (D), China (O), República Checa (D / O), Dinamarca, Francia (D), Alemania, Grecia, Hungría (D), INFOSAN, Irlanda (D), Italia (D), Malta (D), Países Bajos (D), Noruega (D), Portugal (D), Eslovaquia (D), España (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (50 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (138,5 µg / kg - ppb) en jengibre molido de China, vía Alemania, envasado en la República Checa
8	Irlanda	Irlanda (D), Reino Unido (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (79,4 µg / kg - ppb) en jengibre molido del Reino Unido
8	Letonia	Alemania (D), INFOSAN, Letonia, Uzbekistán (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (92,1 µg / kg - ppb) en puntas de eneldo secas de Uzbekistán
8	Alemania	Austria (D), Chipre (D), República Checa (D), Finlandia (D), Francia (D), Alemania (D), Hungría (D), INFOSAN, Irlanda (D), Letonia (D), Malta (D), Montenegro (D), Polonia (D), Portugal (D),	benzo (a) pireno (45,4; 232; µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma PAH4: 180,8; 810 µg / kg - ppb) en hojas de laurel de Turquía

		Eslovaquia (D), Suecia (D), Turquía (O), Reino Unido (D)	
8	Alemania	Bélgica (D), Francia (D), Alemania (D), Polonia (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 115,2 µg / kg - ppb) en perejil rallado de Polonia
8	Alemania	Bélgica (D), Chipre (D), Dinamarca (D), Francia (D), Alemania (D), INFOSAN, India (O), Luxemburgo (D), Países Bajos (D), Suecia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 96,8 µg / kg - ppb) en hojas de laurel de la India
8	Alemania	República Checa (D), Alemania (D / O), Hungría (D), INFOSAN, Polonia (D), Singapur (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 67,5; 146,06 µg / kg - ppb) en ajo silvestre desmenuzado de Alemania
8	Irlanda	Austria, Bélgica (D), República Checa (O), Dinamarca, Francia (D), Alemania (D), Hungría, Irlanda (D), Países Bajos (D), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (14,8 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (66 µg / kg - ppb) en jengibre molido de la República Checa, a través de Dinamarca y a través del Reino Unido
8	Países Bajos	China (O), INFOSAN, Países Bajos (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 93,1 µg / g) en extracto de maca de China
8	Polonia	Croacia (D), Grecia (D), Hungría (D), INFOSAN, Letonia, Lituania (D), Polonia (D), Rumania (D), Vietnam (O)	benzo (a) pireno (16,1 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (87,6 µg / kg - ppb) en canela molida de Vietnam, vía Letonia
8	Alemania	Alemania (D), INFOSAN, Eslovaquia (D), Sri Lanka (O)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (156,3 µg / kg - ppb) en pimienta negra molida orgánica de Sri Lanka
9	Eslovaquia	Polonia (O), Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (6,3 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (37,4 µg / kg - ppb) en rodilla de cerdo ahumada refrigerada de Polonia
9	Eslovaquia	Polonia (O), Eslovaquia (D)	hidrocarburos aromáticos policíclicos (33,6 µg / kg - ppb) en costillas de cerdo ahumadas de Polonia
9	Polonia	Polonia (D / O), Reino Unido (D)	benzo (a) pireno (5,3 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (46,2 µg / kg - ppb) en jamón de cerdo refrigerado de Polonia
9	Eslovaquia	Polonia (O), Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (2,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 20,9 µg / kg - ppb) en costillas ahumadas refrigeradas de Polonia
9	Eslovaquia	Polonia (O), Eslovaquia (D)	benzo (a) pireno (5,5 µg / kg - ppb) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (suma de PAH4: 39,1 µg / kg - ppb) en salchichas de cerdo refrigeradas con ternera de Polonia
10	Reino Unido	Ghana (O), Reino Unido	benzo (a) pireno (28,7 µg / kg - ppb) en, intento de importación ilegal e hidrocarburos aromáticos policíclicos (165,6, 266,1 µg / kg - ppb) en aves de corral ahumadas de Ghana

**ANEXO 3:** Notificaciones RASFF nitratos y nitritos.

<b>Categoría</b>	<b>Notificado por</b>	<b>Países involucrados</b>	<b>Motivo</b>
1	Dinamarca	Dinamarca (D), Italia (O)	Contenido elevado de nitratos (6000 mg/kg – ppm) en hojas frescas de espinaca baby de Italia
1	Dinamarca	Dinamarca (D), Italia (O)	Contenido elevado de nitratos (4000 mg/kg – ppm) en hojas frescas de espinaca ecológica de Italia
1	República Checa	República Checa (D), Países Bajos (O)	Contenido elevado de nitratos (4473,9 mg/kg – ppm) en espinaca baby de Italia
1	Bélgica	Austria (D), Bélgica (O), Francia (D), Alemania (D), Luxemburgo (D), Países Bajos (D)	Contenido elevado de nitratos (4050 mg/kg - ppm) en espinaca fresca de Bélgica.
2	Francia	Bélgica (D), Francia (D/O)	Contenido elevado de nitrato potásico en salchichas secas ecológicas de Francia

