



C A P Í T U L O 7

Fuentes y mecanismos de contaminación de los alimentos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782515107>

Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara

Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Tomas Joel López Gutiérrez

Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Román Alberto Pérez Balán

Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

Carlos Armando Chan Keb

Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, México

RESUMEN: La inocuidad de los alimentos constituye un pilar esencial para proteger la salud pública y garantizar sistemas alimentarios seguros y sostenibles. Cada año, millones de personas en el mundo sufren enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), lo que refleja la importancia de comprender las diversas fuentes y mecanismos de contaminación a lo largo de la cadena alimentaria (OMS, 2023). La contaminación puede ocurrir en cualquier etapa, desde la producción primaria hasta el consumo, y puede originarse por factores biológicos, químicos, físicos o incluso por malas prácticas en la manipulación de alimentos.

INTRODUCCIÓN

La inocuidad alimentaria se ha convertido en un tema prioritario para la salud pública mundial, debido al incremento de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), los cambios en los sistemas productivos, el comercio internacional y la creciente complejidad de la cadena alimentaria. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, cada año más de 600 millones de personas enferman por consumir

alimentos contaminados, lo que evidencia la magnitud del problema (OMS, 2023). A medida que las industrias agroalimentarias se modernizan, también se amplía la gama de riesgos potenciales, lo que exige comprender a profundidad las fuentes y mecanismos de contaminación que afectan la calidad e inocuidad de los alimentos.

Este capítulo examina de forma exhaustiva los principales tipos de contaminación biológica, química, física y cruzada así como las etapas críticas donde se introducen los contaminantes. Se analizan las dinámicas de proliferación microbiana, los factores ambientales que influyen en la seguridad alimentaria y las fallas comunes en sistemas de producción, procesamiento y consumo. Además, se incluyen referencias científicas que respaldan la información, con el objetivo de ofrecer una mirada amplia que sirva como literatura especializada para estudiantes, profesionales e investigadores en el ámbito alimentario.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Las fuentes de contaminación pueden surgir desde el ambiente, equipos, personal manipulador, animales, insumos químicos o materiales de contacto, entre otros. La literatura científica clasifica los tipos de contaminación en biológica, química, física y cruzada, cada una con características particulares (Jay et al., 2005).

CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA

Importancia de los microorganismos en la inocuidad alimentaria

Las contaminaciones biológicas representan el grupo más significativo de peligros alimentarios. Bacterias, virus, hongos y parásitos pueden causar infecciones, intoxicaciones o toxiinfecciones. Muchos microorganismos se encuentran naturalmente en el ambiente, pero otros se introducen por malas prácticas o condiciones insalubres.

- Los microorganismos patógenos pueden:
- Multiplicarse bajo condiciones favorables.
- Sobrevivir procesos tecnológicos incompletos.
- Producir toxinas resistentes a tratamientos térmicos.
- Adaptarse a ambientes hostiles, como refrigeración.

BACTERIAS PATÓGENAS

Salmonella

Es uno de los patógenos más prevalentes a nivel mundial. Su presencia se asocia a productos avícolas, huevo, carne y vegetales frescos irrigados con agua contaminada. La bacteria puede sobrevivir en ambientes secos, adherirse a superficies y formar biofilms (Scallan et al., 2011).

Escherichia coli O157:H7

Este serotipo es altamente virulento. Su dosis infectiva puede ser tan baja como 10 células. Puede sobrevivir en carne molida cruda, productos frescos contaminados y leche sin pasteurizar.

Listeria monocytogenes

Su capacidad de proliferar a 4 °C la convierte en un riesgo severo para productos listos para consumo, embutidos, quesos frescos y alimentos refrigerados (Jay et al., 2005).

Clostridium botulinum

Genera una de las toxinas más letales. Afecta alimentos enlatados, conservas caseras y alimentos de baja acidez.

Virus de transmisión alimentaria

Los virus representan una carga importante en brotes, especialmente en alimentos manipulados en frío.

Norovirus

Es la principal causa de brotes alimentarios en el mundo. Su resistencia ambiental facilita la transmisión en alimentos listos para consumo.

Hepatitis A

Se transmite por alimentos contaminados durante la manipulación, especialmente frutos secos, mariscos y fresas.

Parásitos asociados a alimentos

Los parásitos tienen ciclos complejos que involucran agua, suelo, animales y vegetales. Entre los más relevantes están:

- *Toxoplasma gondii*, asociado a carne cruda.
- *Cyclospora cayetanensis*, frecuente en berries importadas.
- *Taenia saginata* y *Taenia solium*, vinculadas a carne de bovino o cerdo cruda.

La FAO y OMS (2014) destacan que los parásitos son subestimados debido a la falta de vigilancia oportuna.

Hongos y micotoxinas

Los hongos pueden crecer en granos, semillas, frutos secos y especias durante almacenamiento prolongado. Producen micotoxinas resistentes a la cocción.

Aflatoxinas

Producidas por *Aspergillus flavus*, son carcinógenas y comunes en maíz, cacahuate y pistaches (Bhat et al., 2010).

Ocratoxina A

Frecuente en café, cacao, vino y trigo.

Fumonisinias

Producidas por *Fusarium* en maíz, asociadas a malformaciones congénitas.

Contaminación química

La contaminación química puede ser aguda o crónica y proviene de múltiples fuentes.

Plaguicidas agrícolas

El uso incorrecto de plaguicidas es una de las principales fuentes de riesgo. EFSA (2021) advierte que los residuos afectan principalmente frutas, verduras y cereales.

Contaminantes ambientales

Incluyen metales pesados, compuestos orgánicos persistentes y otras sustancias industriales.

Metales pesados

- **Plomo:** del ambiente, pinturas, tuberías.
- **Mercurio:** se biomagnifica en peces grandes.
- **Cadmio:** presente en fertilizantes fosfatados.

Tchounwou et al. (2012) señalan que los metales pesados representan un riesgo sistémico para hígado, riñones y sistema nervioso.

Residuos de medicamentos veterinarios

Antibióticos y hormonas pueden permanecer en tejidos animales si no se respetan los tiempos de retiro. El consumo repetido de estos residuos promueve resistencia antimicrobiana (WHO, 2020).

Migración de contaminantes desde envases

Los materiales en contacto con alimentos pueden liberar:

- Ftalatos
- Bisfenoles
- Monómeros plásticos
- Aditivos no declarados (Muncke, 2011)

Factores como temperatura, tiempo y acidez del alimento incrementan la migración.

Aditivos mal utilizados

La sobredosificación o uso de aditivos no permitidos puede producir toxicidad, por ejemplo:

- Colorantes no aprobados.
- Conservantes en niveles peligrosos.
- Uso indebido de sulfitos en frutas y carnes.

Contaminación física

Incluye objetos extraños como:

- Fragmentos de vidrio
- Trozos de metal
- Partes de maquinaria
- Huesos, espinas
- Piedras o arena

Estos contaminantes generan daño físico y deterioran la confianza del consumidor (Mortimore & Wallace, 2013).

Contaminación cruzada

Ocurre cuando un alimento limpio entra en contacto con uno contaminado. Codex (2020) la clasifica en:

- **Directa:** contacto entre alimentos crudos y cocidos.
- **Indirecta:** contacto a través de superficies, utensilios, aire o personal.

Ejemplos comunes:

- Usar la misma tabla para carne cruda y vegetales.
- Manipuladores sin lavado de manos.
- Almacenamiento sin separación de crudos y cocidos.

MECANISMOS DE CONTAMINACIÓN A LO LARGO DE LA CADENA ALIMENTARIA

Producción primaria

En esta fase los alimentos pueden contaminarse por:

- Uso de aguas residuales o contaminadas.
- Suelos con patógenos, metales pesados o pesticidas.
- Animales de pastoreo o silvestres.
- Fertilizantes mal compostados.

Procesamiento y transformación

Las plantas procesadoras requieren controles estrictos. Los mecanismos más frecuentes incluyen:

- Contaminación por equipos deficientemente sanitizados.
- Formación de biofilms en tuberías y superficies.
- Temperaturas inadecuadas en cocción o refrigeración.
- Procesos térmicos insuficientes.

La implementación de HACCP reduce estos riesgos (Mortimore & Wallace, 2013).

Transporte y almacenamiento

La cadena de frío es crítica para alimentos perecederos. Problemas comunes:

- Ruptura de la cadena de frío.
- Humedad excesiva que favorece hongos.
- Contenedores sucios o con residuos.

Las condiciones de transporte pueden duplicar la carga microbiana si no se mantienen adecuadamente.

Preparación y consumo

Es la etapa con mayor prevalencia de casos reportados (CDC, 2022). Las causas principales son:

- Cocción insuficiente.
- Falta de lavado de manos.
- Reutilización de aceites.
- Superficies contaminadas.
- Alimentos dejados a temperatura ambiente.

FACTORES AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS ASOCIADOS

Cambio climático

Las variaciones climáticas afectan la presencia de toxinas, proliferación de bacterias e incidencia de plagas (OMS, 2023).

Industrialización acelerada

La globalización genera riesgos como:

- Amplias distancias de transporte.
- Multiplicidad de intermediarios.
- Lotes extremadamente grandes.

HERRAMIENTAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las **Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)** son un conjunto de principios, normas y técnicas orientadas a garantizar que la producción primaria de alimentos se realice de manera segura, sostenible y con criterios de inocuidad. Incluyen procedimientos que buscan minimizar riesgos de contaminación biológica, química y física durante las etapas de siembra, cultivo, cosecha y manejo poscosecha, asegurando al mismo tiempo la protección del medio ambiente y la salud de los trabajadores agrícolas (FAO, 2021).

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)** son un conjunto de procedimientos, normas y principios operativos diseñados para asegurar que los productos alimentarios se produzcan de manera higiénica, controlada y consistente, minimizando riesgos de contaminación física, química y microbiológica. Su objetivo principal es garantizar la inocuidad y calidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena de producción, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento y distribución del producto final (FAO & OMS, 2023).

Las BPM establecen requisitos específicos en áreas como higiene del personal, sanitización de instalaciones y equipos, control de plagas, manejo de materias primas, control de procesos, trazabilidad, almacenamiento y documentación, entre otros.

HACCP

El **Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control** (HACCP, por sus siglas en inglés) es un sistema preventivo de gestión de la inocuidad alimentaria basado en la identificación, evaluación y control de peligros significativos para la seguridad de los alimentos. Su propósito es garantizar que los alimentos producidos, procesados y

distribuidos sean seguros para el consumo humano mediante un enfoque sistemático y científico (Codex Alimentarius, 2020).

Sistemas de trazabilidad

Los sistemas de trazabilidad son mecanismos organizados que permiten identificar, registrar y seguir el recorrido de un alimento, sus ingredientes o sus insumos a lo largo de todas las etapas de la cadena agroalimentaria, desde la producción primaria hasta la distribución y venta final. Su propósito principal es garantizar la inocuidad, la transparencia y la confianza del consumidor, así como facilitar la respuesta eficiente ante incidentes sanitarios, retiros del mercado o irregularidades en la cadena productiva (Codex Alimentarius, 2020).

Monitoreo microbiológico y químico

El **monitoreo microbiológico y químico** es un componente esencial de los sistemas de inocuidad alimentaria, cuyo objetivo es garantizar que los alimentos cumplan con los requisitos sanitarios establecidos y no representen riesgos para la salud del consumidor. Este proceso incluye la evaluación sistemática de microorganismos patógenos, indicadores de higiene, residuos de plaguicidas, contaminantes ambientales y aditivos permitidos en todas las etapas de la cadena agroalimentaria (FAO & OMS, 2020).

CONCLUSIÓN

La contaminación de los alimentos es un fenómeno complejo influenciado por múltiples variables: biológicas, químicas, físicas, ambientales y humanas. La comprensión detallada de sus fuentes y mecanismos permite fortalecer los sistemas de inocuidad alimentaria, prevenir brotes, proteger la salud pública y garantizar la calidad de los alimentos. Solo mediante un enfoque integral que abarque producción, procesamiento, transporte y consumo se podrán reducir los riesgos asociados a la alimentación moderna.

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan.

Bhat, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. (2010). Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 57–81.

CDC. (2022). *Foodborne illnesses and pathogens*. Centers for Disease Control and Prevention.

Codex Alimentarius. (2020). *General principles of food hygiene CXC 1-1969*.

EFSA. (2021). *Pesticide residues in food: annual report*. European Food Safety Authority.

FAO/WHO. (2014). *Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites*.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology*. Springer.

Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). *HACCP: A practical approach*. Springer.

Muncke, J. (2011). Endocrine disrupting chemicals and other substances of concern in food contact materials: An updated review. *Food Additives & Contaminants*, 28(10), 1529–1540.

OMS. (2023). *Food safety*. Organización Mundial de la Salud.

Scallan, E., et al. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7–15.

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101–133.

WHO. (2020). *Antimicrobial resistance: risk associated with food animals*. World Health Organization.