

■ TecnoAlimentaria + Envase Alimentek ■ Congreso ALACCTA ■ IAFP Latino 2026 ■
■ ETA en el mundo ■ Contaminantes en miel ■ Sanitizantes ■ Biofilms ■

ISSN 0325-3384

www.publitech.com

Modelos de gestión

Irradiación gamma: Más que un tratamiento



ionics
Ionización gamma



Daniel Perticaro y Martín Perilli nos cuentan cómo Ionics integra la irradiación al proceso productivo de sus clientes con control, calidad y previsibilidad.



EN ASOCIACIÓN CON
Alimentaria

DEL 17 AL 19 DE NOVIEMBRE 2026

**LA RURAL PREDIO FERIAL.
BUENOS AIRES, ARGENTINA**



La feria internacional de la industria de alimentos y bebidas

El encuentro clave que reunirá a la industria alimentaria a nivel global.

Innovación, tendencias y oportunidades de negocios en un solo lugar.

Tres días con todos los referentes del sector para impulsar la industria alimentaria de Argentina hacia el mundo.

¿Qué vas a encontrar?

+10.000
m² de exposición

**Congresos y
seminarios
especializados
en la industria**

Pitch
Presentaciones
exclusivas y nuevos
proyectos.

**Ronda
Internacional
de Negocios**

El espacio de negocios que estabas esperando.

Reservá tu stand en comercial@larural.com.ar

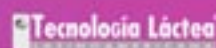
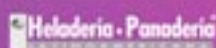
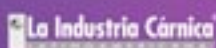
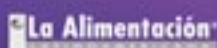
Para mayor información visitá www.argentinaalimenta.com



copal



Media Partners



Ionización gamma

Garantiza seguridad y extiende la vida comercial
de alimentos, carnes y derivados



ionics
Mejores productos,
mejores negocios

La ionización gamma asegura calidad
en cada etapa del ciclo productivo
www.ionics.com.ar



SUMARIO

FERIAS



4 Primera edición de Córdoba TecnoAlimentaria + Envase Alimentek

Publitec Editora y su socio estratégico, el Instituto Argentino del Envase, estarán presentando su primera plataforma ferial con tecnologías para la industria de alimentos en el centro del país.

Del 14 al 16 de octubre tendrá lugar en el Centro de Convenciones Córdoba la primera plataforma ferial sobre tecnologías y conocimiento para la industria de alimentos. La convocatoria está dirigida a todas las pymes alimentarias del país, especialmente las radicadas en la región centro y norte de la Argentina

ALACCTA

6 Invitación a la comunidad de América Latina y el Caribe

El XXIV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos se desarrollará del 18 al 20 de noviembre.

INSTITUCIONES

14 IX Simposio Latinoamericano de Inocuidad Alimentaria

Se desarrollará en conjunto con el VII Simposio Argentino de Inocuidad Alimentaria

FERIAS

8 Cibus Tec 2026 cada vez más cerca

El evento mundial de referencia en tecnología para la industria de alimentos se desarrollará del 27 al 30 de octubre en Parma

INOCUIDAD

16 Integrar la irradiación al proceso productivo

Una mirada desde la gestión de una planta multipropósito
Ing. Daniel Perticaró, Cr. Martín Perilli - Responsables de la gestión de Ionics.

EQUIPAMIENTOS

10 Medición de caudal y nivel en la industria láctea

Tecnologías para lograr mediciones confiables en procesos exigentes

20 Las ETA afectan a más de 850 millones de personas cada año

Provocan más de un millón y medio de muertes evitables. Los niños pequeños son quienes mayores riesgos corren



26 Residuos de contaminantes orgánicos en miel de cuatro localidades de la provincia de Buenos Aires

Yoshida, N; Grassi, D; Thompson, G; Ojeda, Ca; Pérez Carrera, A.

32 Metales en peces comercializados en la Argentina: evaluación del riesgo por consumo

Griboff, Julieta; Cortés, Facundo L.; Monferran, Magdalena V.; Amé, María V.; Wunderlin, Daniel A.

42 Exposición a micotoxinas en un clima cambiante

Se espera un mayor riesgo de contaminación por micotoxinas por el cambio climático



48 Inactivación bacteriana mediante sanitizantes de uso común en la industria alimentaria

Vinicius do Amaral Flores; Angélica Olivier Bernardi; Bruna Lago Tagliapietra; Maximiliano Escalona; Maritiele Naissinger da Silva; Juliana Copetti Fracari; Marina Venturini Copetti y Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

60 Biofilms en el procesamiento de alimentos: repensando las estrategias de desinfección en la era de la resistencia

Ana Magdalena, Seila Agún, Judith Álvarez, Lucía Fernández y Pilar García

Consultá las revistas online



www.publitec.com

@editorial.publitec X @lithep





Primera edición de Córdoba TecnoAlimentaria + Envase Alimentek

Publitec Editora y su socio estratégico, el Instituto Argentino del Envase, estarán presentando su primera plataforma ferial con tecnologías para la industria de alimentos en el centro del país.

Del 14 al 16 de octubre tendrá lugar en el Centro de Convenciones Córdoba la primera plataforma ferial sobre tecnologías y conocimiento para la industria de alimentos. Se trata de una propuesta innovadora que cuenta con un área de expositores de equipamientos, insumos, sistemas de envasado, envases y packaging, además de clústeres de la producción. La convocatoria está dirigida a todas las pymes alimentarias del país, especialmente las radicadas en la región centro y norte de la Argentina

El Master Internacional de Tecnología de Alimentos “MITA”, liderado por su Director el Lic. Alessandro Piovesana, tuvo la responsabilidad de organizar tres seminarios técnicos. El Foro “Herramientas para la Competitividad” contará con los mejores disertantes, expertos e investigadores, tanto nacionales como de la Unión Europea –vía streaming- para abordar aspectos técnicos y normativos para la exportación de alimentos. Según Piovesana, “Este foro es una gran oportunidad de avanzar sobre los conocimientos necesarios para que las pymes califiquen mejor a la hora de participar del mercado internacional”.

Asimismo, también se presentará un curso sobre normativas técnicas “Del campo al mercado global”, a cargo del Ing. Agr. Pablo Cortese. Será clarificador de conceptos a partir de las últimas modificaciones en las exigencias para la exportación y los sistemas de trazabilidad. Por su parte, el Ministerio de la Producción y la Industria del Gobierno de Córdoba tendrá una ponencia en el foro dirigida al tratamiento de desechos en la industria de alimentos. En dicha oportunidad, se reunirá una mesa de Consejeros de la Unión Europea para entrar en diálogo presencial con todos los referentes de las

cámaras, entidades profesionales y clústeres que forman parte de la feria.

El Instituto del Envase, que contará con una amplia superficie de expositores, ofrecerá en el foro el seminario “Envases Plásticos, tendencias en evaluación de la inocuidad y aspectos medioambientales” a cargo del Mgter. Ing. Alejandro Ariosti, referente nacional e internacional en el campo del packaging.

UN NUEVO DISEÑO FERIA

Córdoba TecnoAlimentaria se originó por la iniciativa de cámaras y asociaciones que nuclean a las pymes del centro del país. A partir de varios encuentros entre Publitec Editora y dichas entidades se dio respuesta a la necesidad de contar con una feria específica para la industria que presentara soluciones tecnológicas a las pymes, a la vez que le ofreciera conocimientos e información precisa para adecuar sus estructuras a las nuevas condiciones que presenta el mercado mundial. Con ese punto de partida, ingresaron a la feria clústeres productivos como los referidos a lácteos, quesos, porcinos, chacinados, maní, producción olivícola, entre otros. Cada sector productivo generó la participación de sus proveedores de equipamientos, insumos y materias primas.

INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Córdoba es una fuerte productora de alimentos. Tanto en los volúmenes de materias primas, cereales, granos, carnes, como en las industrias procesadoras. Por esta razón ADIAC (Asociación de Industriales de Alimentos de Córdoba) dio su apoyo desde el inicio del proyecto y junto con ella muchas otras que son quienes motorizan la participación de las empresas de la región. En la oferta ferial de esta primera edición habrá equipamientos para los sectores lácteos, cárnicos, de chacinados, procesamiento de vegetales, sistemas de envasado, envases y packaging.

VISITANTES

El perfil de visitantes está dirigido a la industria procesadora de alimentos. Ya ha confirmado su participación una comitiva de empresarios del Paraguay



Una colaboración estratégica: Ana María Galibert, de Publitec, con el Director del MITA, Alessandro Piovesana.



Presentación de TecnoAlimentaria a los clústeres de Córdoba

encabezada por el Ministro de Industria de ese país. Si bien el ingreso a la feria es gratuito, es indispensable la acreditación previa. No se permitirá el ingreso de público no profesional. Todos los visitantes podrán participar de las jornadas organizadas en el Foro. Para ello también deben acreditarse previamente para contar con espacios para todos los interesados.

MÁS INFORMACIÓN:

info@publitech.com.ar

Invitación a la comunidad de América Latina y el Caribe

El XXIV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos se desarrollará del 18 al 20 de noviembre.



Estimados colegas, profesionales, investigadores, académicos, estudiantes y representantes de la industria alimentaria:

En nombre del Comité Organizador, tengo el honor de invitarles a participar en el XXIV Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ALACCTA-ADOPCTA 2026, que se celebrará del 18 al 20 de noviembre de 2026 en el Barceló Bávaro Palace, Punta Cana, República Dominicana. Bajo el lema “Tecno Alimentos: del campo a la mesa”, este congreso reunirá a profesionales, investigadores, académicos, estudiantes, empresas, instituciones públicas y organizaciones vinculadas al sector agroalimentario de América Latina, el Caribe y otras regiones.

Será un espacio para el intercambio técnico y científico, la actualización profesional y la generación de alianzas orientadas a fortalecer sistemas alimentarios más inocuos, sostenibles, saludables, competitivos e innovadores.

El programa incluirá conferencias magistrales, paneles especializados, presentaciones científicas, espacios de diálogo técnico y oportunidades de relacionamiento profesional. Los temas abordarán desafíos y oportunidades relevantes para la ciencia y tecnología de alimentos, la inocuidad, la calidad, la innovación, el procesamiento, la sostenibilidad y el desarrollo de las cadenas agroalimentarias.

Como presidenta del Congreso, será un privilegio recibirles en la República Dominicana y propiciar un encuentro que contribuya a consolidar la cooperación regional, la transferencia de conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades técnicas del sector alimentario. Les esperamos en Punta Cana para participar activamente en este importante encuentro de la ciencia, la tecnología y la innovación alimentaria.

Atentamente,

*Ing. Gaudy Suzaña
Presidenta del Congreso
ALACCTA-ADOPCTA 2026
Directora Ejecutiva de ADOPCTA
República Dominicana*



EJES TEMÁTICOS

Innovación en Procesamiento, Producción Primaria, Ingeniería y Tecnologías Emergentes de Alimentos

Tecnologías avanzadas de preservación, escalado industrial, biotransformaciones, fermentaciones funcionales, optimización de procesos y diseño de sistemas de producción.

Microbiología Alimentaria. Inocuidad y Gestión del Riesgo

Patógenos, prevención, microbiología predictiva, microplásticos y nanomateriales, armonización regulatoria, comunicación del riesgo y educación en inocuidad

Alimentos Funcionales, Bioactivos, Microbioma y Salud

Probióticos, prebióticos, postbióticos, alimentos funcionales, suplementos, microbioma, metabolómica, mecanismos biológicos, Lácteos y eficacia clínica.

Sostenibilidad, Economía Circular y Sistemas Alimentarios del Futuro

Cambio climático, resiliencia de las cadenas alimentarias, cero residuos, valorización de subproductos, gobernanza de sistemas alimentarios y transición hacia dietas sostenibles, envases inteligentes, materiales biodegradables, contaminación por nano y microplásticos, trazabilidad, políticas de envasado y evaluación del ciclo de vida.

Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos y Digitalización en la Cadena Alimentaria

Foodomics, multi-omics, digital twins, IA para predicción de calidad y sensorialidad, big data en nutrición personalizada, trazabilidad digital y automatización.

Química de Alimentos, Propiedades Físicas y Sensoriales

Química analítica, compuestos bioactivos, color y pigmentos, textura, reología, flavor, percepción sensorial y modelización sensorial asistida por IA.

Etiquetado, Políticas Públicas y Salud Global

Guías alimentarias, etiquetado y declaraciones, sistemas de clasificación, clean label, nutrición pública, seguridad alimentaria, políticas globales y equidad nutricional.



Taller Pre-Congreso: Etiquetado frontal de advertencia en Latinoamérica

Tendrá lugar el 16 y 17 de noviembre en la Universidad PUCMM, Santo Domingo. El lunes 16 de 8:00 a 17:00, y el martes 17 de 12:00 a 14:00. La actividad está dirigida a profesionales, académicos y estudiantes en el área de alimentos, interesados en conocer las diferencias del etiquetado frontal de advertencia entre los países de América Latina, información importante para quienes exportan alimentos. El taller estará coordinado por la prestigiosa especialista Dra. Sara Valdés, de México. El arancel es de U\$S150 por asistente.

Cibus Tec 2026 cada vez más cerca

El evento mundial de referencia en tecnología para la industria de alimentos se desarrollará del 27 al 30 de octubre en Parma



Cristiano Laurenza, Antonio Cellie, Thomas Rosolia y Fabio Bettio

El 16 de junio se presentó en Milán la 54ª edición de Cibus Tec, el principal encuentro internacional dedicado a la evolución de las tecnologías para la industria de alimentos y bebidas, que se celebrará en Parma del 27 al 30 de octubre de 2026. El fuerte interés del mercado se demuestra en la notable evolución con respecto a la edición anterior. Tanto el número de expositores como la superficie ocupada superan los niveles registrados en 2023, lo que refleja una planificación anticipada por parte de las empresas y una creciente participación de los principales actores del sector. Cibus Tec 2026 se celebrará simultáneamente con la segunda edición de Labotec, el evento de referencia dedicado a la innovación y las tecnologías para laboratorios de análisis.

La conferencia de prensa fue inaugurada por Thomas Rosolia, presidente de Koeln Parma Exhibitions y director general de Koelnmesse Italia. Estuvo acompañado por Antonio Cellie, CEO de Koeln Parma Exhibitions y de Fiere di Parma; Gabriele Castelli, director de Federvini, y Cristiano Laurenza, director de la Unione Italiana Food y secretario general de la International Pasta Organization (IPO), quienes se refirieron a las actividades programadas. Las previsiones finales apuntan a una feria sólida, que superará los 1.300 expositores y marcas, más de 40.000 m2 de exposición y la ocupación de todo el recinto ferial. La dimensión internacional sigue siendo uno de los principales rasgos

de esta edición, con una participación de expositores y marcas extranjeras superior al 30% y una presencia calificada procedente de los principales mercados mundiales de tecnologías para la industria alimentaria y de bebidas. Los datos de preinscripción también muestran una gran evolución: se espera superar los 40.000 profesionales asistentes, con un aumento previsto de visitantes internacionales y un enfoque más orientado a compradores, responsables de decisiones y operadores especializados. La internacionalización continúa siendo uno de los principales activos estratégicos del evento. Gracias a la colaboración con la Agencia ICE y al apoyo de la Región de Emilia-Romaña, esta edición reforzará

aún más el Top Buyers Program, dirigido a la captación internacional, que llevará a Parma a más de 3.000 compradores internacionales calificados. Asimismo, se dedicará una atención especial al continente africano, con la participación de más de 100 nuevos compradores estratégicos procedentes de mercados con alto potencial para el desarrollo de tecnologías alimentarias.

Entre las principales novedades de Cibus Tec 2026 se destaca la alianza estratégica con Federvini, la federación que representa a las empresas italianas de los sectores del vino, los destilados y los vinagres, para promover su desarrollo y competitividad. Esta colaboración refuerza la presencia del sector de las bebidas dentro de Cibus Tec y amplía la representación de la industria vitivinícola.

Otra de las características distintivas de la edición 2026 será la alianza con el World Pasta Day, el evento internacional más importante y esperado de la industria de la pasta, promovido por Unione Italiana Food y la International Pasta Organization (IPO). Por primera vez desde su creación, el World Pasta Day se celebrará en Parma, en el marco de Cibus Tec, con dos jornadas de actividades -los días 27 y 28 de octubre- dirigidas a productores, empresas de tecnología, asociaciones, instituciones, cadenas de distribución y operadores especializados procedentes de todo el mundo. Esta alianza representa una convergencia natural entre dos realidades que comparten una fuerte vocación internacional y una visión integrada de la cadena agroalimentaria. Mientras que el World Pasta Day celebra uno de los símbolos más apreciados de la identidad italiana en el mundo, Cibus Tec representa su ecosistema tecnológico y productivo, ofreciendo una visión com-

pleta de la innovación del producto a lo largo de todo su recorrido: desde la materia prima hasta la transformación, el envasado y la distribución.

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Desde hace más de ochenta años, Cibus Tec acompaña la evolución de la industria alimentaria, promoviendo el diálogo entre empresas, centros de investigación y universidades, impulsando la innovación tecnológica y la difusión del conocimiento a lo largo de toda la cadena de valor del sector de alimentos y bebidas, con una presencia significativa en todos los segmentos de la industria y una marcada orientación al mercado.

Hoy, la feria constituye un observatorio privilegiado para analizar los grandes cambios que están transformando el sector: desde la automatización y la digitalización hasta la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, ofreciendo una visión integral de las soluciones y modelos que marcarán el desarrollo futuro de la industria. Esta vocación también se refleja en los contenidos y formatos de la edición 2026, que incorpora nuevos proyectos especiales dedicados a dos cadenas estratégicas del sector alimentario y de bebidas:

- "Bakery? Yes, we tec!", dedicado a las tecnologías y soluciones más innovadoras para productos de panadería y pastelería.
- "Beverage? Yes, we tec!", centrado en las tecnologías para la industria de las bebidas.

Ambas áreas temáticas mostrarán el proceso productivo completo, desde la transformación de las materias primas hasta el envasado y las operaciones de final de línea.

SOLUCIONES EN AUTOMATIZACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES

MEDICIÓN DE NIVEL
MEDICIÓN DE CAUDAL
MEDICIÓN DE PRESIÓN
ANALÍTICA Y LABORATORIO
LECTORES DE CÓDIGO Y MÁS...

www.meditecna.com.ar

Meditecna
Nueva oficina en Córdoba!

+54 9 11 7078 0413
ventas@meditecna.com.ar

Medición de caudal y nivel en la industria láctea

Tecnologías para lograr mediciones confiables en procesos exigentes

La industria láctea presenta condiciones de proceso especialmente desafiantes para la instrumentación. La presencia de aire en el producto, la formación de espuma, las bajas temperaturas, los cambios de viscosidad, los elementos internos de los tanques y las exigencias higiénicas pueden afectar directamente la estabilidad y confiabilidad de una medición. Por este motivo, seleccionar correctamente la tecnología de medición es fundamental para obtener datos confiables, mejorar el control de los procesos y disponer de mayor información para realizar balances de producción. Dentro de estas aplicaciones, dos variables tienen un papel especialmente importante: el caudal y el nivel.



Medición de caudal

MEDICIÓN DE CAUDAL EN LECHE CON PRESENCIA DE AIRE

En los procesos de recepción y transferencia de leche cruda, uno de los principales desafíos puede aparecer cuando existe arrastre de aire en el producto. Durante el transporte, la leche puede incorporar gas y generar un flujo bifásico. Esta condición puede afectar el funcionamiento de determinados caudalímetros másicos tradicionales, provocando inestabilidad en la señal, errores significativos de medición o incluso

valores que permanecen temporalmente “congelados” en la última lectura estable. El problema puede ser todavía más complejo cuando las bajas temperaturas y la viscosidad del producto dificultan la eliminación completa del aire, incluso mediante sistemas de desaireación. En este tipo de aplicaciones, contar con una medición continua resulta fundamental para conocer con mayor precisión el volumen de materia prima que ingresa al proceso y poder compararlo posteriormente con la producción obtenida.

OPTIMASS 6400: MEDICIÓN CONTINUA AUN CON GAS DE ARRASTRE

Para este tipo de condiciones, Krohne dispone del Optimass 6400, un caudalímetro másico Coriolis de tubo doble curvo para líquidos y gases. Una de sus características principales es la función patentada EGM™ —gestión de gas de arrastre—, diseñada para mantener de forma continua la medición de masa, volumen y densidad, incluso ante presencia de gas en el producto. De acuerdo con la documentación de la aplicación, el equipo puede mantener la medición con concentraciones de gas de arrastre de entre 0 y 100 %, incluyendo cambios repentinos en su contenido. Esto permite mantener estable el punto de medición aun cuando las condiciones del producto varían, evitando interrupciones y reduciendo las distorsiones asociadas a la presencia de aire. Para la industria láctea, disponer de este tipo de información aporta además una ventaja adicional: una mayor transparencia sobre el volumen real de leche procesada y mejores datos para realizar balances de producción e identificar oportunidades de optimización.

MEDICIÓN DE NIVEL EN DEPÓSITOS DE SUERO

La medición de nivel también presenta desafíos específicos dentro de la industria láctea. En depósitos de suero, por ejemplo, pueden coexistir distintas condiciones que dificultan la medición: formación de espuma, agitadores, bolas de limpieza, costuras de soldadura y otros elementos internos del tanque. Además, cuando la medición se realiza mediante transmisores ubicados cerca del fondo del depósito, las tareas de limpieza e inspección pueden representar un riesgo mecánico para los instrumentos. También puede existir una limitación adicional en depósitos de fondo plano. Cuando el punto de medición se encuentra algunos centímetros por encima del fondo, puede resultar difícil determinar con precisión el nivel próximo a cero. En procesos conectados posteriormente a otros equipos, esta incertidumbre puede afectar la operación.

VEGAPULS 64: RADAR DE 80 GHZ PARA APLICACIONES COMPLEJAS

Para este tipo de aplicaciones, VEGA desarrolló el Vegapuls 64, un sensor radar para medición continua de nivel. Su tecnología de 80 GHz permite una mejor



Optimass 6400

focalización de la señal y una mayor resolución de medición, características especialmente útiles en depósitos donde existen elementos internos capaces de generar reflexiones. Esta mayor focalización permite dirigir la señal hacia la superficie del producto y reducir la influencia de estructuras presentes dentro del tanque. En aplicaciones con suero lácteo, la tecnología radar representa además una alternativa



Vegapuls 64



para evitar algunos de los inconvenientes asociados a instrumentos instalados físicamente próximos al fondo del depósito. De esta manera, es posible obtener una medición de nivel confiable incluso en aplicaciones donde existen espuma, agitadores, sistemas de limpieza u otros elementos internos.

SELECCIONAR LA TECNOLOGÍA SEGÚN LA APLICACIÓN

La medición dentro de la industria láctea no depende sólo de elegir un instrumento capaz de medir una determinada variable. Las condiciones reales del proceso son las que determinan qué tecnología puede ofrecer mejores resultados. La presencia de aire puede transformar una medición de caudal en una aplicación compleja. Del mismo modo, la espuma y los componentes internos de un tanque pueden afectar significativamente una medición de nivel. Por eso, analizar correctamente cada punto de medición permite seleccionar tecnologías preparadas para trabajar bajo esas condiciones. En caudal, soluciones como el Optimass 6400 de Krohne permiten mantener mediciones continuas aun cuando

existe gas de arrastre en el producto. En nivel, la tecnología radar de 80 GHz del Vegapuls 64 de VEGA permite trabajar con una señal altamente focalizada en depósitos con condiciones internas exigentes. En una planta láctea, medir bien no significa sólo conocer cuánto producto circula por una tubería o cuál es el nivel dentro de un tanque. Significa disponer de información confiable para controlar el proceso, realizar balances de producción, detectar desviaciones y analizar oportunidades de optimización. Por eso, una correcta selección de la instrumentación puede transformarse en una herramienta directa para mejorar la estabilidad y la transparencia de los procesos productivos.

Meditecna acompaña a la industria en la selección de soluciones de instrumentación para cada aplicación, combinando tecnologías de Krohne para medición de caudal y VEGA para medición de nivel, de acuerdo con las condiciones reales de cada proceso.

MÁS INFORMACIÓN:

www.meditecna.com.ar

Antes de desarrollar tecnología, entendimos cómo trabaja la industria alimentaria.

Durante más de tres décadas acompañamos la transformación de la industria desarrollando soluciones que crecen junto a nuestros clientes.

Porque innovar no es solamente incorporar tecnología. Es entender cada proceso para hacerlo mejor.



Soluciones de Software
para la industria alimentaria.



www.twins.com.ar



info@twins.com.ar



Conocé más
sobre Twins

¿Sabías que...

... La Alimentación Latinoamericana cumple 60 años?

¿Que fue la primera revista de tecnología de alimentos que tuvo el país?

¿Que desde ese momento hasta ahora es la referencia de la industria de alimentos y procesos alimentarios?



www.publitec.com

@editorial publitec X @fihag



IX Simposio Latinoamericano de Inocuidad Alimentaria

Se desarrollará en conjunto con el VII Simposio Argentino de Inocuidad Alimentaria



Bajo el lema "Inocuidad alimentaria: un desafío global, una responsabilidad compartida", se llevará a cabo el 28 y 29 de septiembre de 2026 la IX edición del Simposio Latinoamericano de Inocuidad Alimentaria, organizado por el IAFP y la CAIA. El acontecimiento tendrá lugar en la sede de Universidad Católica Argentina en la ciudad de Buenos Aires.

El Simposio Latinoamericano se realiza cada dos años en diferentes países de Latinoamérica organizado por las asociaciones y sociedades científicas filiales de la International Association of Food Protection (IAFP). En el caso de nuestro país, la filial local es la Comisión Argentina de Inocuidad Alimentaria, que lo desarrollará en el inmejorable ámbito de la UCA, en el barrio de Puerto Madero, el 28 y 29 de septiembre. Isabel Chinen, Presidente de la Comisión Organizadora, resaltó la importancia del encuentro, *"Los invitamos a participar de este evento que constituye una oportunidad única que reunirá a la comunidad científica, académica y de la industria de nuestro país y de la región, para tratar los temas*

relacionados con la seguridad y la calidad de los alimentos. Durante estas jornadas, tendremos la posibilidad de escuchar conferencias de destacados referentes nacionales e internacionales, presentar y discutir trabajos originales, y generar un espacio enriquecedor para la formación de jóvenes investigadores y profesionales de las áreas de incumbencia", destacó. Serán dos intensas jornadas con conferencias, mesas redondas y conversatorios, donde expertos argentinos e internacionales expondrán y debatirán sobre los aspectos más relevantes de la inocuidad, además de la exhibición de trabajos en formato de póster con presentación de los autores. Los ejes temáticos del simposio serán:

- IA aplicada en la cadena de distribución de alimentos.
- Marco regulatorio. Panorama global y situación en Latinoamérica.
- Nuevas herramientas para el estudio de microorganismos.
- Sustentabilidad y sostenibilidad en la industria alimentaria.
- Microbiota, alimentos y salud.
- Contaminantes químicos y microbiológicos en alimentos y envases.
- Fraude alimentario.
- Calidad e inocuidad en alimentos para mascotas.

El encuentro estará complementado con interesantes cursos post-simposio. Ellos serán los siguientes:

Ingeniería y Diseño Higiénico como factor clave para la inocuidad de los alimentos.

Modalidad: Presencial.

Organizan: EHEDG y CAIA.

Fecha: 30 de septiembre de 2026 de 08:30 a 17:30

Modalidad: Presencial en la Universidad Nacional de Lujan (Sede CABA), Ecuador 873 - CABA.

El workshop cuenta con la coordinación de Fabiana Guglielmone, los docentes serán Guillermo Rubino Andretich – EHEDG Argentina / INTI Rafaela; Juliana Díaz – EHEDG Brasi; Matías Peralta – INTI Rafaela; Fabiana Guglielmone – CAIA Argentina y Diego Estévez – Ecolab.
<https://www.aam.org.ar/actividades/1020>

Criterios microbiológicos, desde el Código Alimentario Argentino al laboratorio: análisis de casos y uso de Python a nivel usuario.

Modalidad: Presencial

Organizan: LAS-ICMSF y CAIA

Fecha: 30 de septiembre de 2026 de 09:00 a 13:00.

Modalidad: presencial en la Universidad Nacional de Lujan (Sede CABA), Ecuador 873 - CABA.

El taller cuenta con la dirección de Silvia Raffellini, la coordinación de Laura Duverne y actuará como docente el Prof. Mg Miguel Zazopulos Garay (LAS-ICMSF Chile, Universidad Santa María, Sede Viña del Mar, Chile).

PROGRAMA:

- Criterios microbiológicos según ICMSF y su aplicación en Código Alimentario Argentino
- Revisión de Norma ISO 7218:2024. Análisis de casos: del criterio microbiológico a los procedimientos analíticos en el laboratorio
- Aplicación de Python a nivel usuario, para interpretación de criterios microbiológicos por atributos y por variables

<https://www.aam.org.ar/actividades/1021>

MÁS INFORMACIÓN:

<https://iafp-latino-2026.aam.org.ar>

caia@aam.org.ar



Integrar la irradiación al proceso productivo

Una mirada desde la gestión de una planta multipropósito

Ing. Daniel Perticaro, Cr. Martín Perilli - Responsables de la gestión de Ionics.



Daniel Perticaro y Martín Perilli, responsables de la gestión de Ionics, una empresa que se integra al proceso productivo de sus clientes.

Ionics tiene la única planta de irradiación multipropósito a escala industrial de la Argentina. El tratamiento por irradiación puede constituir una etapa crítica dentro del proceso productivo en distintos sectores industriales. Integrarlo de manera confiable exige mucho más que capacidad técnica: requiere coordinar la planificación, la logística y los estándares de calidad de cada organización, con previsibilidad, trazabilidad y comunicación permanente.

La irradiación es un tratamiento físico que utiliza radiación ionizante para reducir la carga microbiológica o esterilizar determinados productos. Se aplica a alimentos, productos farmacéuticos, dispositivos médicos y otros materiales que requieren un proceso controlado y reproducible. De este modo, contribuye al cumplimiento de requisitos sanitarios y de

calidad y, en determinados casos, facilita el acceso a mercados con exigencias específicas. Su aplicación a escala industrial requiere instalaciones especialmente diseñadas, requisitos específicos de seguridad y un modelo de gestión que asegure el control de las condiciones de tratamiento, la trazabilidad de cada lote y la consistencia de los resultados.

LA TERCERIZACIÓN DE UNA ETAPA CRÍTICA

A menudo, las empresas confían a terceros distintas etapas de sus procesos productivos. Sin embargo, una etapa crítica no deja de formar parte del proceso por el

hecho de realizarse fuera de sus instalaciones. Su tercerización exige mantener el mismo nivel de control, calidad y previsibilidad que si se ejecutara internamente. Ese es el desafío que plantea la irradiación.

Cada producto llega a la planta con una historia previa y, una vez tratado, continúa el recorrido previsto. Puede regresar a la planta del cliente para completar su proceso de fabricación, dirigirse a un centro logístico o de distribución, o continuar directamente hacia un mercado de exportación. El desafío de gestión consiste en integrar la irradiación a ese recorrido sin generar demoras, incertidumbre ni desvíos.

LA GESTIÓN COMIENZA ANTES DEL TRATAMIENTO

Antes de que un producto ingrese a la planta, el cliente define el objetivo del tratamiento y, en función de este, la dosis especificada. A partir de ese requerimiento, Ionics establece las condiciones operativas necesarias para cumplirlo de manera contro-

lada y reproducible. Una misma tecnología debe responder a necesidades muy diferentes: los requisitos de inocuidad de un alimento no son los mismos que los de esterilización de un dispositivo médico o los de control microbiológico de un producto de uso agronómico. Para definir las condiciones de tratamiento deben considerarse variables como las características del producto, su densidad, el envase y la configuración de carga.

La etapa de calificación formaliza este trabajo conjunto. En ella se verifica que las condiciones operativas definidas permitan cumplir de manera consistente con la dosis especificada y se establece un marco de trabajo común entre ambas organizaciones. Una vez definido y calificado el proceso, Ionics asume la responsabilidad de ejecutar el tratamiento bajo las condiciones establecidas y de brindar información trazable y verificable sobre cada lote. De este modo, su operación puede integrarse a la planificación industrial, la logística y los compromisos comerciales del cliente.

"En Ionics contamos con una plataforma digital de seguimiento, con acceso personalizado, que permite a cada cliente consultar en tiempo real el estado de sus lotes."

LA INTEGRACIÓN A UNA CADENA DE PRODUCCIÓN EN MARCHA

Toda planta industrial organiza su actividad en función de sus recursos, capacidades y tiempos. Una planta de irradiación multipropósito debe, además, coordinar su propia operación con la planificación de múltiples clientes, cada uno con sus ritmos de producción y sus compromisos logísticos y comerciales. Los productos llegan como parte de cadenas productivas que deben mantenerse en movimiento. Integrar la irradiación a ese esquema exige coordinar los tiempos de ingreso, tratamiento y egreso con la disponibilidad de transporte, los niveles de inventario, las fechas de despacho y, en muchos casos, los cronogramas de embarques internacionales. Un retraso puede significar la pérdida de una ventana de exportación, la



detención de una línea de producción o el incumplimiento de un compromiso comercial. En ese contexto, la logística no es sólo un aspecto operativo, sino también un componente estratégico de la gestión.

La complejidad de una planta multipropósito radica en que debe procesar productos con diferentes objetivos de tratamiento, requisitos regulatorios y condiciones operativas. Administrar esa diversidad exige procedimientos que aseguren la correcta identificación y segregación de los lotes, así como su trazabilidad durante todo el proceso, de modo que las distintas operaciones puedan coordinarse sin interferir entre sí. La coordinación consistente de estas operaciones es una de las bases de la confiabilidad del sistema. Para el cliente, esa confiabilidad se traduce en previsibilidad.

LA TRAZABILIDAD COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN

Para planificar la producción y la logística y cumplir con los compromisos comerciales, los responsables de estas áreas necesitan información precisa, accesible y oportuna. Conocer el estado de un lote, cuándo finalizará el tratamiento y cuándo estará disponible para su retiro permite mantener el control sobre una etapa del proceso que se realiza fuera de las instalaciones del cliente.

En Ionics contamos con una plataforma digital de seguimiento, con acceso personalizado, que permite a cada cliente consultar en tiempo real el estado de sus lotes. De este modo, la trazabilidad funciona no sólo como una exigencia normativa y un mecanismo de control interno, sino también como una herramienta de gestión compartida.

LA CULTURA COMO BASE DE RESULTADOS CONSISTENTES

En una planta multipropósito cambian diariamente los productos, las dosis y las prioridades logísticas, pero la confiabilidad del proceso debe mantenerse. Cada decisión operativa influye en la producción, la logística o los compromisos comerciales de otra organización. Por eso, uno de nuestros principales desafíos ha sido desarrollar una cultura de trabajo en la que cada integrante comprenda el alcance de su función y de sus decisiones. Los procedimientos estandarizan las tareas y establecen cómo actuar ante las situaciones previstas; la cultura aporta el criterio necesario para aplicarlos en forma correcta y responder eficazmente ante lo imprevisto. Esa combinación permite sostener resultados consistentes aun en escenarios cambiantes.

EL ÉXITO DEL CLIENTE COMO MEDIDA DE LA GESTIÓN

En una planta de irradiación, cumplir con la dosis especificada es indispensable, pero no suficiente para evaluar la calidad de la gestión. El tratamiento forma parte de un proceso mayor y debe integrarse sin generar interrupciones en la producción, la logística ni los compromisos comerciales del cliente. Al mismo tiempo, debe contribuir al cumplimiento de los requisitos sanitarios, de calidad y regulatorios aplicables. Ese impacto resulta especialmente visible en productos de alto valor económico, grandes volúmenes de producción o mercadería destinada a la exportación. En esos casos, un desvío microbiológico puede comprometer no sólo la inocuidad o la calidad del producto, sino también un lote completo, un programa de producción o un compromiso comercial.

En carnes y productos cárnicos, la irradiación puede contribuir a reducir microorganismos como *Salmonella*, *Campylobacter* y *E. coli*, además de prolongar la vida comercial. Para ello, el tratamiento debe definirse de acuerdo con las características del producto y la normativa aplicable, asegurando la inocuidad y facilitando la gestión logística y comercial.

En especias e ingredientes deshidratados, la tecnología permite reducir la carga microbiológica sin recu-

rrir a tratamientos de alta temperatura, preservando sus características sensoriales. De este modo, evita que un insumo crítico comprometa la inocuidad de una formulación o de toda una línea de producción.

En alimentos para mascotas destinados a la exportación, la irradiación aporta la estabilidad microbiológica necesaria para afrontar tránsitos internacionales prolongados. Esto protege la calidad del producto y la seguridad de quienes lo manipulan, además de reducir el riesgo de rechazos o retiros del mercado.

En platos preparados y alimentos listos para consumir, la irradiación puede prolongar la vida útil y aportar mayor flexibilidad logística. En aplicaciones específicas y bajo condiciones validadas, también permite alcanzar la esterilidad comercial requerida para determinadas dietas hospitalarias, raciones de emergencia y alimentos destinados a programas espaciales.

En todos estos casos, el aporte de la irradiación trasciende el resultado microbiológico: protege productos de alto valor, reduce riesgos sanitarios y operativos y brinda mayor previsibilidad para el desarrollo del negocio.

UNA INDUSTRIA MÁS COMPETITIVA

Las tecnologías evolucionan, los mercados cambian y las cadenas de suministro se vuelven cada vez más complejas. En ese contexto, la competitividad de la industria depende no sólo de incorporar tecnologías eficaces, sino también de integrarlas de manera confiable a los procesos productivos.

La irradiación gamma permite incorporar la seguridad microbiológica como una dimensión estratégica del negocio. De este modo, su aporte trasciende el resultado técnico del tratamiento y se convierte en una herramienta de competitividad para la industria. En Ionics entendemos que la eficacia de un modelo de gestión no se mide únicamente por la eficiencia de sus procesos internos, sino también por su capacidad para reducir la incertidumbre y contribuir al cumplimiento de los objetivos de sus clientes. Esa forma de trabajar permite trascender la prestación técnica y construir una verdadera alianza estratégica.



TECNO ALIMENTOS

Desde la producción hasta la mesa



XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

I Congreso de la Asociación Dominicana de Profesionales en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Organiza: Asociación Dominicana de Profesionales en Ciencia y Tecnología de Alimentos (ADOPCTA), Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).



**18 al 20 de
noviembre 2026**



**Barceló Bávaro Palace,
Punta Cana, Rep. Dom.**

Más información



CONTÁCTANOS:
congresos@turenlaces.com
809.565.3500



turenlaces

congresos / convenciones / turismo / dnc



Las ETA afectan a más de 850 millones de personas cada año

Provocan más de un millón y medio de muertes evitables. Los niños pequeños son quienes mayores riesgos corren

Resulta difícil conocer la morbilidad causada por las enfermedades de transmisión alimentaria debido a su diversidad de fuentes y de consecuencias. La mayoría de estas enfermedades no se someten a la vigilancia de la salud pública y se subestiman debido a su escasa notificación y a la dificultad para establecer una relación directa entre la contaminación alimentaria y las enfermedades y muertes que provoca. El 5 de junio, la OMS hizo pública su estimación sobre la carga mundial de ETA 2000-2021. Allí se presentan la carga de morbilidad atribuible a 42 fuentes de peligro, como bacterias, virus, parásitos y sustancias químicas, a escala nacional, regional y mundial, teniendo en cuenta los datos más recientes. En ellas se señala que en 2021 se produjeron más de 866 millones de enfermedades y 1,52 millones de muertes por esa causa. La morbilidad de estas enfermedades recae de forma desproporcionada en determinados grupos de población, como los niños menores de cinco años, y la carga más elevada se registra en los países de ingresos bajos y medianos. La carga económica total por estas enfermedades y por las pérdidas de productividad asociadas es alrededor de USD 310.000 millones. Las constataciones principales están publicadas en The Lancet Global Health.

Según las nuevas estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los menores de cinco años corren un riesgo casi tres veces superior de enfermar por consumir alimentos contaminados

que los niños mayores y los adultos. De hecho, los niños pequeños sufren casi un tercio de todos los casos de enfermedades de transmisión alimentaria, sobre todo enfermedades diarreicas que pueden ser

mortales para ese grupo tan vulnerable. Muchos de estos casos podrían prevenirse con medidas como la mejora del agua, el saneamiento y la higiene, prácticas de inocuidad alimentaria como la pasteurización y el acceso a atención de salud entre las poblaciones vulnerables. Aunque la carga total de enfermedades de transmisión alimentaria se ha reducido desde el año 2000, persisten grandes desigualdades regionales, en particular en África y Asia Sudoriental, que soportan la carga más elevada.

El nuevo análisis de la OMS amplía mucho la base empírica al evaluar 42 grandes peligros de transmisión alimentaria (como bacterias, virus, parásitos y sustancias químicas) de 194 países entre 2000 y 2021. Las estimaciones incluyen ahora nuevos peligros, como metales, rotavirus y *Trypanosoma cruzi* (el parásito causante de la enfermedad de Chagas). Los alimentos pueden contaminarse con sustancias químicas como arsénico inorgánico, plomo y metilmercurio, procedentes de fuentes naturales y actividades humanas. Aunque la presencia de algunos metales en los alimentos ha ido disminuyendo con el tiempo, las estimaciones revelan por primera vez la carga de enfermedades cardiovasculares, cánceres y discapacidad intelectual resultante de la exposición alimentaria a los metales. El arsénico inorgánico y el plomo están vinculados a más de un millón de muertes al año; el metilmercurio puede dañar el cerebro en desarrollo y causar problemas neurológicos y del desarrollo de por vida en la población infantil.

PANORAMA GENERAL

El acceso a alimentos inocuos y nutritivos en cantidades suficientes es fundamental para mantener la vida y promover la salud. Los alimentos insalubres contaminados por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas pueden causar más de 200 enfermedades distintas, que van desde enfermedades diarreicas hasta el cáncer. Además, generan un círculo vicioso de enfermedad y malnutrición que afecta especialmente a los lactantes, los niños pequeños, las personas mayores y los enfermos. La mayoría de las enfermedades de origen alimentario se deben a infecciones por bacterias, virus o parásitos, así como a sustancias químicas tóxicas, que



Las ETA bacterianas pueden producir vómitos, cólicos y diarreas

penetran en el organismo a través del agua o los alimentos. Por ejemplo, la contaminación por sustancias químicas puede provocar intoxicaciones agudas o enfermedades de larga duración, como el cáncer. Muchas ETA pueden causar discapacidades permanentes e incluso la muerte. A continuación, se presentan algunos de los riesgos de origen alimentario.

BACTERIAS

Las bacterias *Campylobacter*, *Escherichia coli* enterotóxica, *Shigella* y *Escherichia coli* productora de toxina de Shiga son algunos de los patógenos habituales de transmisión alimentaria que afectan a millones de personas, a veces con consecuencias graves e incluso mortales. Pueden causar síntomas como fiebre, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, cólicos abdominales y diarrea. La infección alimentaria por *Campylobacter* se debe principalmente a la ingestión de leche cruda, carne de ave cruda o poco cocinada o carne de rumiantes. Las infecciones por *Escherichia coli* enterotóxica suelen deberse al consumo de frutas y hortalizas frescas, mientras que la infección por *Shigella* puede producirse por el consumo de frutas y hortalizas frescas contaminadas, ensaladas frías listas para el consumo y productos lácteos sin pasteurizar. Por lo que respecta a la infección por *Escherichia coli* productora de toxina Shiga, se asocia, por ejemplo, al consumo de carne



La listeriosis es muy peligrosa en embarazadas

cruda o poco cocinada, productos lácteos elaborados con leche sin pasteurizar, hortalizas de hoja crudas y zumos sin pasteurizar. La infección por *Listeria* puede provocar abortos espontáneos y muerte neonatal. Aunque la listeriosis es relativamente poco frecuente, la gravedad de sus consecuencias, que pueden ser mortales, sobre todo para los lactantes, los niños y las personas mayores, la convierte en una de las infecciones alimentarias más peligrosas. *Listeria* se encuentra en los productos lácteos no pasteurizados y en diversos alimentos listos para el consumo, y puede crecer a temperaturas de refrigeración. *Vibrio cholerae*, que se transmite por la ingestión de agua o alimentos contaminados, causa síntomas como cólicos abdominales, vómitos y diarrea líquida abundante, que pueden dar lugar a una deshidratación grave y provocar la muerte. Por otro lado, las hortalizas crudas y diversos tipos de mariscos o pescados crudos o insuficientemente cocinados pueden causar brotes de cólera.

Los antibióticos son esenciales para tratar las infecciones bacterianas que se transmiten por los alimentos. Sin embargo, su uso excesivo o erróneo

en la medicina veterinaria y humana ha generado resistencias en las bacterias, que, al propagarse, hacen que los tratamientos de enfermedades infecciosas en los animales y los humanos dejen de ser eficaces.

VIRUS

Algunos virus pueden transmitirse por el consumo de alimentos. Las infecciones alimentarias por norovirus son una causa frecuente de náuseas, vómitos intensos, diarrea líquida y cólicos abdominales. El virus de la hepatitis A, que también se puede transmitir por la vía alimentaria, se suele propagar por la ingestión de mariscos crudos o poco cocinados o de productos hortofrutícolas crudos contaminados, frescos o congelados, como las bayas. El virus de la hepatitis E se distingue de otros virus transmitidos por los alimentos porque es un patógeno zoonótico con numerosos reservorios animales que no presentan síntomas, en particular los cerdos. Los productos porcinos poco cocinados son los principales alimentos contaminados por este virus.

PARÁSITOS

Las enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos suelen quedar desatendidas, pese a sus importantes repercusiones para la salud pública. Pueden producir cuadros graves y, en ocasiones, mortales. Algunos parásitos se transmiten sólo a través de los alimentos, mientras que, en otros casos, estos constituyen una vía importante de infección. Muchas de estas infecciones tienen periodos de incubación largos, ya que los síntomas pueden no aparecer hasta años o incluso décadas después de la infección. Un parásito que pueden transmitir los alimentos es *Taenia solium*, que causa la cisticercosis, una enfermedad que con frecuencia provoca epilepsia. Por otro lado, el pescado puede contener trematodos que causan afecciones abdominopélvicas y cáncer de las vías biliares. De hecho, el riesgo de cáncer de las vías biliares se asocia directamente a las infecciones por *Opisthorchis viverrini* y *Clonorchis sinensis*. Otro parásito transmitido por los alimentos es *Toxoplasma gondii*, que causa la toxoplasmosis.



La triquinosis se transmite por carne de cerdo mal cocida

Cuando una embarazada contrae la toxoplasmosis, el recién nacido puede sufrir consecuencias graves. Los alimentos contaminados pueden transmitir también *Trypanosoma cruzi*, que causa la enfermedad de Chagas, y se sabe que este tipo de transmisión puede ocasionar cuadros más graves que la vectorial.

PRIONES

Los priones son proteínas infecciosas que se asocian a determinados tipos de enfermedades neurodegenerativas. La encefalopatía espongiforme bovina (comúnmente denominada «enfermedad de las vacas locas») es una enfermedad del ganado causada por priones que se ha asociado con la variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob que afecta al

ser humano. El consumo de productos cárnicos que contienen productos que se han clasificado como materiales de riesgo, como los sesos, es la vía de transmisión más probable a los humanos del prion que causa esta enfermedad.

SUSTANCIAS QUÍMICAS

Las sustancias químicas que plantean más riesgos para la salud son los contaminantes ambientales y las toxinas naturales. Los metales presentes en los alimentos, como el arsénico, el plomo, el mercurio y el cadmio, pueden causar enfermedades no transmisibles. Esta contaminación por metales se produce por varias vías, entre ellas la presencia natural de estos elementos, la contaminación del agua y el suelo y las prácticas inadecuadas de producción y preparación de alimentos. En 2021, la exposición al arsénico y al plomo a través de la alimentación causó por sí sola un millón de muertes por causas cardiovasculares y 124.000 muertes por cáncer. Además, se sabe que la exposición alimentaria al metilmercurio aumenta el riesgo de que los niños presenten discapacidad intelectual. El arsénico inorgánico también provoca una elevada carga de morbilidad. Puede ocasionar enfermedades como la cardiopatía isquémica y varios tipos de cáncer, principalmente de pulmón y de vejiga, y, en mucha menor medida, de piel. El plomo también

Baci GALUPO
DESDE 1922 EN LA INDUSTRIA

- ✓ Laboratorio propio
- ✓ Asesoramiento Técnico
- ✓ Desarrollo de productos a medida

**CARAMELO LIQUIDO
COLORANTE CARAMELO
DE ORIGEN NATURAL**

www.bacigalupo.com.ar
alimentos@bacigalupo.com.ar

54 1169944830

9 de Julio 2189 - Ciudadela
CP 1702 - Bs. As. - Argentina

Sin TACC

DNV



El mercurio se concentra en peces predadores

ocasiona una elevada carga de morbilidad por diversas enfermedades cardiovasculares y causa discapacidad intelectual a los niños. La exposición al plomo puede producirse por diversas vías, como la adulteración de especias con cromato de plomo para conservar determinado color, la liberación del plomo contenido en utensilios de cocina fabricados con aluminio reciclado o la presencia de plomo en alimentos básicos, como cereales o tubérculos, que se cultivan en suelos contaminados. Por lo que respecta al metilmercurio, procede principalmente del consumo de pescado y marisco, en especial de peces depredadores. Este metal provoca un número elevado de casos de discapacidad intelectual entre los niños en edad preescolar. En cuanto al cadmio, se ha asociado a enfermedades renales crónicas y osteoporosis. Los cultivos producidos en suelos volcánicos, como el cacao, tienden a absorber más cadmio.

OTROS CONTAMINANTES

También son peligrosos los alérgenos alimentarios, los residuos de medicamentos y otros contaminantes que se incorporan a los alimentos durante su producción, como puede ocurrir al calentarlos. Las toxinas naturales abarcan las micotoxinas que secretan los mohos, las biotoxinas marinas y los glucósidos cianogénicos presentes en la yuca (mandioca). Además, hay alimentos básicos, como el maíz, los cacahuets (maní) y algunos aceites comestibles que pueden contener niveles elevados de micotoxinas, como las aflatoxinas, las fumonisinas y la ocratoxina A. La exposición prolongada a la aflatoxina B1, una micotoxina genotóxica, causa cáncer de hígado, especialmente a personas que ya han estado expuestas al virus de la hepatitis B. Además, los datos disponibles apuntan a que las aflatoxinas pueden contribuir a retrasar el crecimiento infantil, que es un indicador conocido de desnutrición crónica.

Los contaminantes orgánicos persistentes son los que se acumulan en el medio ambiente y en el organismo. Los ejemplos más conocidos son las dioxinas y los bifenilos policlorados, que son subproductos no deseados de procesos industriales y de la incineración de desechos. Se hallan en el medio ambiente de todo el mundo y se acumulan en las cadenas alimentarias animales. Las dioxinas son compuestos muy tóxicos que pueden causar problemas reproductivos y del desarrollo, dañar el sistema inmunitario, interferir en el funcionamiento hormonal y causar cáncer. La drástica reducción de la carga mundial de infertilidad masculina atribuible a las dioxinas entre 2000 y 2021 indica que las medidas para reducir la exposición a estas sustancias están dando resultado.

INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Se prevé que el cambio climático afectará enormemente a la inocuidad de los alimentos y que aumentará los riesgos asociados a enfermedades transmitidas por los alimentos, tanto conocidas como nuevas, debido al incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento de la temperatura del aire y del agua y los cambios en la frecuencia y la intensidad de las precipitaciones.

LINEAS Y EQUIPOS DE PROCESO



- Equipo para elaboración continua de dulce de leche, salsas, pulpas y mermeladas de frutas

- Homogeneizador de pistones



- Atomizador centrifugo para cámara spray



EQUIPOS DE MEZCLADO



- Planta elaboradora de mezclas para helados



• CENTRIMIX



• TURMIX



• MSL - Tri-blender



- Lavadora de recipientes y bandejas

BOMBAS Inox. Sanitarias

- Bomba de Lóbulos

- Bomba Paletas Flexibles



• Bomba Centrífuga



• Bomba Tornillo-Estator

SIMES

CALIDAD Y TECNOLOGÍA ARGENTINA

• Líneas de Proceso

Elaboración continua de Dulce de Leche, Mermeladas y Pulpas de frutas. Planta elaboradora de mezclas para helados.

• Equipos de Proceso

Homogeneizador de pistones. Atomizador para cámara spray. Lavadora de bandejas, platos y recipientes. Control CIP. Distribuidor de polvo a fondo.

• Equipos de Mezclado

TURMIX: mezclador en línea. CENTRIMIX: mezclador en batch. MSL: mezclador en línea. Mezclador de sólidos tipo "V".

• Bombas Inoxidables Sanitarias

Bomba Centrífuga. Bomba paletas. Bomba ventiladora de viscosidad.

• Accesorios Inoxidables Sanitarios

Filtro y módulo de lavado. Válvula de acero. Válvula de acero.



SIMES S.A.

Monte Vera - Argentina

www.simes-sa.com.ar

e-mail: ventas@simes-sa.com.ar

info@simes-sa.com.ar

Sistemas Frigoríficos
a base de REFRIGERANTES NATURALES.

FRIORAF

64 años en constante expansión.



**Eficiencia y
Sustentabilidad**

- Compresores a tornillo
- Compresores reciprocantes
- Rack Multicompresores
- Condensadores evaporativos
- Recibidores de líquido
- Unidades de recirculado
- Enfriadores de líquido tipo Baudelot
- Evaporadores
- Productoras de hielo en cilindros
- Productoras de hielo escamas
- Intercambiadores de placas
- Sistemas de tratamiento de aire de áreas críticas (STAC)
- Evaporadores tubulares



+ 54 3492 432174

info@rioraf.com

www.rioraf.com

Residuos de contaminantes orgánicos en miel de cuatro localidades de la provincia de Buenos Aires

Yoshida, N¹; Grassi, D¹; Thompson, G²; Ojeda, Ca^{1,2}; Pérez Carrera, A^{1,2}

¹Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA) - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA) UBA-CONICET - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.



RESUMEN

La provincia de Buenos Aires es la primera productora de miel del país. La calidad de la miel producida resulta fundamental a la hora de su comercialización, especialmente para su exportación. Por lo tanto, la posible contaminación con plaguicidas resulta una preocupación general en la producción. En este contexto, se realizó un relevamiento de muestras de miel de dicha provincia, donde se determinó la presencia de 36 residuos de plaguicidas y/o sus metabolitos. El objetivo del trabajo fue analizar la presencia de xeno-

bióticos orgánicos en la miel, y comparar los resultados en función de las actividades antrópicas principales de cada zona relevada. Los resultados obtenidos para todos los residuos de plaguicidas investigados y sus metabolitos estuvieron por debajo del límite de detección (LD) del método correspondiente, garantizando la pureza de este alimento con relación a dichos contaminantes orgánicos.

Palabras clave: miel, plaguicidas, Buenos Aires, contaminación.

INTRODUCCIÓN

La miel es un fluido producido por la abeja *Apis mellifera* y otras subespecies, a partir del néctar de las flores y otras sustancias que las abejas liban de los tejidos vegetales para transformarlo mediante distintos procesos y depositarlo en las celdas de los panales con el fin de alimentar a sus crías. Es un alimento natural y de alto valor nutritivo, cada vez más apreciado, especialmente considerando las tendencias de los últimos años en la selección de alimentos inocuos, naturales y preferentemente orgánicos. Sin embargo, la pureza y la inocuidad de este alimento pueden verse afectadas por diversos factores; uno de los principales es la sanidad de la colmena. En el manejo sanitario de la colmena se pueden usar ciertas sustancias permitidas en bajos niveles durante la extracción de la miel y otras sólo pueden ser utilizadas sacando la colmena de la producción y descartando la miel, ya que su uso no está permitido durante su elaboración. El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) regula el uso de medicamentos a través de la Resolución 0559/201112. Uno de los tratamientos permitidos con la colmena en producción es el de la varroasis, causada por el ácaro *Varroa destructor*. Este ectoparásito se alimenta de la hemolinfa de las abejas y de sus larvas, produciendo debilidad, desorientación y una mayor predisposición a contraer otras enfermedades, por ejemplo virales, provocando muchas veces la destrucción total de la colmena. La inadecuada utilización de productos acaricidas, como amitraz, cumafós, fluvalinato, etc., puede provocar la contaminación de la miel. Algunos de ellos, al ser sustancias lipofílicas, se depositan y acumulan en las ceras por períodos prolongados².

El riesgo de contaminación de la miel por el uso de fármacos relacionados al manejo sanitario de la colmena puede ser controlado ya que los mismos son introducidos voluntariamente al sistema. Sin embargo, en lo que a inocuidad respecta, esta producción también puede verse perjudicada por la presencia de pesticidas, herbicidas y otros contaminantes orgánicos persistentes transportados por las abejas desde los vegetales. Así, la contaminación de la miel puede servir para biomonitorizar este tipo de xenobióticos, teniendo en cuenta el radio de alimentación de una abeja, que es de alrededor de 3 km,

dependiendo de la densidad de la colmena local y la riqueza de néctar¹³.

La contaminación con compuestos orgánicos, además del riesgo potencial que su sola presencia implica, podría generar efectos sinérgicos cuando dos o más compuestos se encuentran en la miel, causando mayor toxicidad que la que podría producir cada compuesto por separado. Además, su presencia en la colmena podría también interferir en el normal desarrollo de las crías e incluso generar resistencias a los tratamientos acaricidas¹⁴.

En la Argentina se producen anualmente 76.000 toneladas de miel, de las cuales 6000 se destinan al consumo interno y 70.000 a la exportación⁶, lo que ubica a nuestro país como el segundo productor detrás de China, que lidera la producción y exportación de productos derivados de la colmena¹, y en el tercer lugar como exportador, junto a India, luego de China y Nueva Zelanda¹⁵. El 80% de estas exportaciones tiene como destino Alemania, Estados Unidos y Japón, países con altos niveles de exigencia en lo que respecta a estándares de calidad e inocuidad.

Según el Capítulo X del Código Alimentario Argentino, la miel debe estar exenta de sustancias orgánicas o inorgánicas extrañas a su composición, tales como insectos, larvas y granos de arena, y no exceder los máximos niveles tolerables para contaminaciones microbiológicas o residuos tóxicos⁷. Actualmente existe una creciente preocupación con relación a la transferencia de plaguicidas presentes en el ambiente hacia las colmenas.

En la Argentina, el SENASA creó en 1995 el Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos (CREHA) con el fin de asegurar la sanidad e inocuidad de los alimentos. En el año 2012, el SENASA puso en funcionamiento el Plan CREHA vegetal, para el control de residuos y contaminantes en alimentos de origen vegetal y piensos y rediseñó el CREHA animal, utilizando planes de muestreo que permiten detectar residuos y contaminantes que superen los valores establecidos en la legislación vigente en los productos destinados al consumo humano. Estos planes cuentan con la aprobación de los servicios sanitarios de la Unión Europea (UE) y de los Estados Unidos, entre otros países, y contemplan los convenios bilaterales vigentes. Para CREHA animal, el límite máximo admisible de residuos organo-

fosforados, organoclorados y PCBs en miel, para todas las sustancias, es de 10 µg/kg.

En el presente trabajo se analizó la presencia de plaguicidas organofosforados y organoclorados junto con residuos de policlorobifenilos (PCBs) en miel de diferentes regiones de Buenos Aires, provincia que registra la mayor producción melífera del país. El objetivo fue determinar y/o cuantificar los contaminantes mencionados y analizar el grado de afectación de la miel producida según la zona de obtención de las muestras y las principales actividades productivas que se desarrollan en las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se conformó un pool de muestras de mieles de la zona Norte de la Provincia de Buenos Aires, en las localidades de San Pedro y Chacabuco (Pool A). Las mieles fueron adquiridas en establecimientos de la zona dedicados a la producción y comercialización de miel. Esta región es conocida como Zona Núcleo Agrícola, ya que se caracteriza por un uso intensivo del suelo. Los cultivos más difundidos son soja, trigo, maíz y con mucha menor frecuencia girasol¹¹. Otro conjunto de muestras se tomó en la zona Noreste, en la localidad de Lobos (Pool B), en donde los sistemas ganaderos constituyen la actividad predominante. Las muestras del pool C se tomaron en la zona de

Sierra de los Padres, caracterizada por presentar una gran cantidad de huertas que abastecen la zona de Mar del Plata y Gran Mar del Plata⁹.

Los lugares en los que se realizó la colecta de muestras para formar los tres pools difieren en los sistemas productivos predominantes circundantes, esperando encontrar también diferencias en la intensidad en el uso de biocidas, infiriendo que el mayor uso de agroquímicos en la Zona Núcleo podría reflejarse en mayores niveles de contaminación en la miel. Cada pool referido fue formado por homogeneización de volúmenes equitativos (50 mL) de tres mieles comerciales envasadas diferentes. El material homogeneizado se conservó en recipientes plásticos opacos de 200 mL de capacidad.

Se realizó el relevamiento de 36 sustancias. Los organofosforados se determinaron siguiendo el método analítico ME-044, realizando la separación de analitos con un cromatógrafo gaseoso y cuantificando los mismos por un detector fotométrico de llama. Los plaguicidas organoclorados y sus metabolitos se analizaron utilizando el método analítico ME-028, realizando la separación de analitos por cromatografía gaseosa y su cuantificación a través de un detector de captura de electrones. En la **Tabla 1** se muestran los límites de detección para todos los contaminantes.

Tabla 1 - Límites de detección metodológicos LD (µg/kg) para los plaguicidas organofosforados, organoclorados y PCBs.

Plaguicidas Organofosforados	LD	Plaguicidas Organoclorados y PCB	LD	Plaguicidas Organoclorados y PCB	LD	Plaguicidas Organoclorados y PCB	LD
Bromofós Metilo	1,4	Endrín	2,9	PCB101	3,2	opDDD	1,9
Clorfenvinfós	1,1	Hexaclorobenzeno	1,9	PCB118	3,4	opDDE	2,1
Clorpirifós	0,69	Hexaclorociclohexano δ	4,3	PCB138	7,3	opDDT	5,2
Cumafós	1,2	Hexaclorociclohexano α	2,3	PCB153	2,6	ppDDD	2,8
Diazinón	0,43	Hexaclorociclohexano β	2,2	PCB180	2,4	ppDDE	2,4
Etilbromofós	3,1	Lindano	2,3	PCB28	5	ppDDT	7,3
Etión	1,2	Metoxicloro	6,8	PCB52	14	Endosulfán α	2,1
Fenitrotión	0,74	Mirex	6	Clordano α (cis)	2	Endosulfán β	2
Fentión	0,84	Aldrín	2,3	Clordano β (trans)	1,8	Endosulfán sulfato	3,4
		Dieldrín	5	Oxiclordano	1,7	Heptacloro	3,1
						Heptacloroepóxido cis	2,2

RESULTADOS

En relación con los contaminantes orgánicos en miel, el límite máximo admisible contemplado por el Plan CREHA animal es para todos los compuestos de 10 µg/kg. Los límites de detección del método del presente estudio son sensiblemente inferiores a 10 µg/kg (excepto para el PCB52). Las mediciones de los 36 compuestos orgánicos en todas las muestras recolectadas estuvieron por debajo de los límites de detección metodológicos.

DISCUSIÓN

En distintos países, incluso en los exportadores más importantes a nivel global, se han reportado diferentes grados de contaminación de la miel con xenobióticos. Por ejemplo, en un relevamiento de 30 muestras en Irán se hallaron distintos niveles de contaminación. Las concentraciones cuantificadas para diazinón fueron de 260 µg/kg en promedio, con un máximo de 830 µg/kg, para el lindano el valor medio fue de 810 µg/kg con un máximo de 4670 µg/kg y el ppDDD mostró un valor medio de 28 µg/kg con un máximo de 280 µg/kg¹⁶. En Turquía, en una investigación de 32 plaguicidas sobre ocho muestras, se hallaron residuos en valores bajos y aceptables para el consumo según sus normas, pero detectables en todas ellas⁴. En China, primer productor y exportador mundial de miel, se llevó a cabo un monitoreo sobre 483 muestras durante el período 2016-2019,

de éstas, el 49,3% contenía al menos un pesticida por encima de los LD, similares a los determinados en el presente trabajo⁵.

Chiesa L. *et al.* encontraron cierta relación entre el nivel de contaminación de la miel y las actividades predominantes en las zonas de muestreo, realizado en diferentes áreas de Italia, mayormente en la zona norte del país. En dicho artículo, se determinaron compuestos organoclorados, organofosforados, PCBs y polibromobifenil éteres (PBDEs) en 59 muestras de miel. La mayor parte de las muestras contenía al menos un pesticida y en general varios de ellos simultáneamente, pero se observó una tendencia específica para los compuestos organofosforados, que fueron hallados con mayor frecuencia en miel de zonas de cultivo de cítricos y otros frutales³.

Otro estudio realizado en la zona sur de Italia (Apulia), en el que se relevaron contaminantes orgánicos persistentes en 98 muestras de miel orgánica, informó trazas de benzofluoranteno y criseno en las muestras de zonas frutihortícolas intensivas y zonas agrícolas, mientras que se encontraron trazas de PCBs y pesticidas organoclorados en casi todas las muestras, independientemente del área de origen, datos que se relacionan con la larga vida media de estos contaminantes en suelo, reportada en alrededor de 25 años para los organoclorados, según las condiciones del medio. El organofosforado hallado con más frecuencia fue el cumafós, cuyo rango de

Ingrediente Solutions

Ideas Creativas. Soluciones Innovadoras.

- Conservantes Biológicos
- Estabilizantes y Agentes de Textura
- Agente Reductor de Colesterol
- Enzimas y Antioxidantes Naturales
- Vitaminas y Minerales
- Colorantes Naturales
- Edulcorantes
- Emulsionantes
- Sabores

Logos: BIFFE, HILBO, MANE, AGROPUR, OLYGOS

FSSC 22000

Fe, Ca, Zn

9111 Lumbrales 1800 - Ex Ruta 24 - Párola 13
Parque Industrial Gral. Rodríguez - Buenos Aires - Argentina
Tel.: (+5411) 4861-6603
PNE: 02.034.708 | SENASA: B.I. 05017

www.ingrediente-solutions.com
info@ingrediente-solutions.com

QR code and social media icons (Facebook, Twitter, LinkedIn, YouTube)

determinación estuvo entre 0,322 y 2,132 $\mu\text{g/kg}$. Si bien este resultado puede llamar la atención, ya que el uso de este tipo de compuestos está prohibido en la producción orgánica de miel, se especula que dicho resultado podría estar relacionado con el uso de este acaricida contra la varroasis en la antigüedad y su calidad de compuesto altamente persistente, aún a la temperatura de fusión de la cera, ya que el reciclaje de la cera para favorecer la construcción del panal es una práctica común. Tampoco se descartó un manejo fraudulento de dichos apiarios¹⁰.

En la Argentina, en el trabajo realizado por Villalba *et al.*, se analizaron muestras de miel, cera, panal y tejido de abeja, recolectadas de tres apiarios ubicados en zonas de diferentes condiciones edafoclimáticas y que diferían también en las actividades productivas predominantes. Una de las zonas fue el sureste de la provincia de Buenos Aires, de clima subhúmedo a húmedo y con agricultura y horticultura intensivas, otra zona fue en la provincia de Río Negro, caracterizada por un clima semiárido y la producción de frutas, como la manzana, la pera y el durazno, y la tercera zona fue en la provincia de Córdoba, con clima semiárido y agricultura extensiva como principal actividad. A su vez, las tomas de muestras se realizaron en diferentes estaciones del año: primavera y otoño, y en todos los casos se analizaron pesticidas, PCBs y PBDEs. Los autores de dicho trabajo informan resultados positivos para todas las matrices, zonas y ocasiones de muestreo. Los niveles más altos de contaminación se dieron, en general, durante la primavera, debido posiblemente a la mayor temperatura y consecuente mayor volatilización de los contaminantes desde las superficies vegetales, del suelo o de otras áreas contaminadas. También podría tener relación con la mayor aplicación de pesticidas en esta época. Para las determinaciones en miel, los valores de contaminantes fueron los más bajos en comparación con el resto de las matrices y no tuvieron variación en las distintas zonas ni períodos.

En contraste con lo observado en nuestro trabajo, se obtuvieron resultados positivos para muchos de los contaminantes, aunque los valores determinados fueron tan bajos que estuvieron por debajo de

nuestros LD¹⁷. Sólo para dos de los compuestos analizados en ambos trabajos, los autores informan haber hallado valores superiores a nuestros LD. Uno de ellos es el clorpirifós, que apareció en concentraciones de entre 0,63 y 1,87 $\mu\text{g/kg}$, según la muestra, siendo nuestro LD de 0,69 $\mu\text{g/kg}$. El otro compuesto es el endosulfán sulfato, determinado en dicho trabajo en concentraciones que van de 1,94 a 3,55 $\mu\text{g/kg}$, mientras que nuestro LD es de 3,4 $\mu\text{g/kg}$. Estas diferencias podrían deberse a las distintas maneras en que se conformaron las muestras de miel. En el trabajo analizado, las determinaciones se hicieron sobre muestras de apiarios puntuales, mientras que nuestros análisis se realizaron sobre pools de distintos establecimientos dentro de una zona. En este trabajo investigamos la presencia de varios pesticidas que no fueron analizados en el artículo citado (lindano, mirex, hexaclorobenceno, oxiclordano, clordanos, opDDD, opDDE, opDDT y los heptacloroepóxidos *cis* y *trans*), todas estas determinaciones estuvieron por debajo de los LD del método.

Otro estudio llevado a cabo en la Argentina relevó distintas áreas del país, abarcando en 50 muestras de miel las zonas de mayor actividad agrícola y/o frutihortícola de las provincias de Santa Fe, Córdoba, La Rioja, Formosa, Entre Ríos, Corrientes, Buenos Aires, Neuquén y Río Negro⁸. El 88% de las muestras analizadas tuvo residuos de pesticidas, siendo el endosulfán sulfato el compuesto más frecuente. De los 82 productos testeados, los hallados en las muestras de la provincia de Buenos Aires fueron clorprofam, clorotalonil, clorpirifós, cipermetrina, deltametrina, disulfotón, endosulfán sulfato y lambdacialotrina. De los compuestos investigados en nuestro trabajo, los únicos que estuvieron presentes en la miel analizada en el artículo citado fueron el clorpirifós (12,3 $\mu\text{g/kg}$) y el endosulfán sulfato (13,5 $\mu\text{g/kg}$). Si bien en ambos estudios las muestras corresponden a un pool de distintos apiarios, la zona de la provincia de Buenos Aires analizada en el trabajo de Medici *et al.*, no es exactamente la misma que la relevada en nuestra investigación. La diferencia en los resultados podría deberse a un mayor uso de pesticidas (en la actualidad y/o en el pasado) en

la zona estudiada por Medici *et al.*, por tratarse de una región con actividad frutihortícola más intensiva que la de la cuenca de Mar y Sierras.

En este trabajo, las determinaciones de plaguicidas y metabolitos realizadas en todas y cada una de las muestras recolectadas estuvieron por debajo de los límites de detección metodológicos. Este resultado es interesante en comparación con los datos publicados en la bibliografía y resulta llamativo si se considera, además, que se eligieron para la toma de muestras áreas con distintas actividades productivas principales, incluyendo a la llamada “Zona Núcleo”, caracterizada por su producción agrícola intensiva.

CONCLUSIÓN

Del análisis de la bibliografía se puede concluir que los pesticidas más frecuentemente hallados en miel de la provincia de Buenos Aires son el clorpirifós y el endosulfán sulfato.

En este estudio se analizó la presencia de los principales plaguicidas en muestras de miel de diferentes zonas de la provincia de Buenos Aires. Sobre los 36 residuos de plaguicidas analizados, en ninguna de las muestras se detectaron residuos por encima de los límites de detección de cada método. Al haber trabajado sobre pools de muestras se debería considerar el posible efecto de dilución. Se planea realizar en el futuro mediciones sobre muestras puntuales para evitar dicho efecto.

Este trabajo constituye una contribución para el conocimiento de las características de la miel producida en Buenos Aires, Argentina, tanto para los consumidores locales como para sus importadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bogdanov, S. **Propolis**: Origine, production, composition. The Propolis Book. Chapter 1. Bee Product Science. 2016.
2. Bogdanov, S.; Kilchenmann, V.; Imdorf, A. Acaricide residues in honey, beeswax and propolis. Swiss Bee Research Centre. 1999; 1–11.
3. Chiesa, L.; Labella, G.; Giorgi, A *et al.* The occurrence of pesticides and persistent organic pollutants in Italian organic honeys from different productive areas in relation to potential environmental pollution. *Chemosphere*. 2016. 154: 482-490.
4. Erdoğan Ö., Levels of selected pesticides in honey samples from Kahramanmaraş, Turkey. *Food Control*. 2007; 18: 866–871.

5. Jinjing, X.; Qibao, H.; Qiongqiong L. *et al.* Analysis of honey bee exposure to multiple pesticide residues in the hive environment. *Sci. Total Environ*. 2022; 805, 150292.
6. MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). Presidencia de la Nación. En: https://magyp.gob.ar/apicultura/material_descarga.php
7. MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). Presidencia de la Nación. Código Alimentario Argentino. Ley 18284. Capítulo X: Alimentos azucarados. Actualizado 2023 En: https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/CAA/capitulospdf/Capitulo_X.pdf
8. Medici, S.; Blando, M.; Sarlo, E. *et al.* Pesticide residues used for pest control in honeybee colonies located in agroindustrial areas of Argentina. *Int J Pest Manage*. 2020. ISSN: 0967-0874.
9. Miglioranza, K.; Aizpún de Moreno, J; Moreno, V.; Osterrieth, M.; Escalante, A. Fate of organochlorine pesticides in soils and terrestrial biota of “Los Padres” pond watershed, Argentina. *Environ. Pollut*. 1999; 105: 91-99.
10. Panseri, S.; Bonerba, E.; Nobile, M. *et al.* Pesticides and Environmental Contaminants in Organic Honeys According to Their Different Productive Areas toward Food Safety Protection. *Foods*. 2020; 9: 1863.
11. SAGPyA - Sub Proyecto “Riesgo y Seguros Agropecuarios”. PROSAP ARG 96/006. Documento II: Zonificación Agroeconómica y Sistemas Productivos. Oficina de Riesgo Agrop. En: <http://www.ora.gov.ar/archivos/zonificacion%20y%20sistemas%20productivos.pdf>
12. SENASA. Resolución 0559/2011. Productos veterinarios. Límites de residuos en alimentos de origen animal. En: <https://digesto.senasa.gob.ar/items/show/364>
13. Shaw, J.; Cunningham, C.; Harper S.; Ragazzon-Smith A.; Lythgoe P.; Walker, T. Biomonitoring of honey metal (loid) pollution in Northwest England by citizen scientists. *Environmental Advances*. 2023; 13, 100406.
14. T O’Neal, S.; Anderson, T. D.; Wu-Smart, J. Y. Interactions between pesticides and pathogen susceptibility in honey bees. *Curr. Opin. in Insect Sci*. 2018; 26: 57–62.
15. TradeMap. Trade statistics for international business development. Actualizado 2023. En: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=
16. Vahideh, M.; Zahra, E., Zahra, O.; Hassan, R.; Van Nam, T.; Yadolah, F. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment induced by pesticide residues in honey of Iran based on Monte Carlo simulation. *J. of Food Compos. Anal*. 2022; 109, 104521.
17. Villalba, A.; Cecchetto, F.; Vazquez N. *et al.* Contaminant dynamics in honey bees and hive products of apiaries from environmentally contrasting Argentinean regions. *Environ Res*. 2024; 249, 118306.

FUENTE:

Yoshida, N.; Grassi, D.; Thompson, G.; Ojeda, C. A.; Pérez Carrera, A. Residuos de contaminantes orgánicos en miel de cuatro localidades de la provincia de Buenos Aires. *InVet*, 2025, 27: 1-6. DOI: 10.62168/invet.v27i1.57.

Metales en peces comercializados en la Argentina: evaluación del riesgo por consumo

Griboff, Julieta¹; Cortés, Facundo L.¹; Monferran, Magdalena V.¹; Amé, María V.¹; Wunderlin, Daniel A.².

¹Departamento de Bioquímica Clínica - Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba. CIBICI - CONICET. Córdoba, Argentina.

²Departamento de Química Orgánica - Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba. ICYTAC - CONICET. Córdoba, Argentina.
jgriboff@unc.edu.ar



Cd y Pb, cuyos niveles no variaron significativamente. Entre los elementos esenciales, se destacaron mayores concentraciones de Cu en trucha, de Fe en boga y de Mn en sábalo y trucha. En cuanto a los no esenciales, el As fue más alto en trucha, el Hg en trucha y salmón, la Ag en sábalo, y el Cr en trucha y pacú. Los valores de IDE, CPO y TCPO fueron inferiores a los umbrales de riesgo, siendo el Hg en niños, cercano al límite establecido. Los resultados

evidencian la capacidad de bioacumulación diferencial según la especie y resaltan la importancia de realizar monitoreos sistemáticos de metales en peces de consumo frecuente, a fin de garantizar la seguridad alimentaria y prevenir riesgos para la salud pública.

Palabras clave: Peces comerciales, elementos esenciales, tóxicos, bioacumulación, seguridad alimentaria.

INTRODUCCIÓN

El consumo de pescado es ampliamente recomendado por sus beneficios nutricionales, dado su contenido de proteínas de alta calidad, ácidos grasos omega-3, vitaminas y minerales, los cuales con-

RESUMEN

Se determinaron las concentraciones de elementos esenciales y no esenciales en el músculo de cinco especies de peces comercializados en Argentina (sábalo-*Prochilodus lineatus*, pacú-*Piaractus mesopotamicus*, trucha arcoíris-*Oncorhynchus mykiss*, salmón-*Oncorhynchus kisutch* y boga-*Megaleporinus obtusidens*) y se evaluaron los riesgos potenciales para la salud humana asociados a su consumo. Las muestras fueron sometidas a digestión ácida y analizadas mediante un espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Se calcularon la ingesta diaria estimada (IDE), el cociente de peligro objetivo (CPO) y el cociente de peligro objetivo total (TCPO), diferenciando adultos y niños. Los resultados mostraron diferencias en los perfiles de acumulación entre especies, excepto por Se, V, Zn,

tribuyen al desarrollo neurológico y la salud cardiovascular⁽¹⁾. En línea con estos beneficios, la Agencia de Protección Ambiental y la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos sugieren una ingesta semanal de entre 227 y 340 g de pescado para la población general⁽²⁾. En concordancia, las Guías Alimentarias para la Población Argentina también recomiendan su inclusión en la dieta al menos dos veces por semana como parte de una alimentación saludable. Sin embargo, la calidad nutricional y la inocuidad del pescado pueden verse comprometidas por diversos factores, ya que estos organismos reflejan las condiciones del ecosistema acuático donde se desarrollan.

En las últimas décadas, dichos ambientes se han visto crecientemente afectados por la presencia de metales y metaloides, producto de la urbanización y de diversas actividades agrícolas e industriales⁽³⁾. Estos elementos son motivo de creciente preocupación a nivel global debido a su persistencia en el ambiente, su carácter no biodegradable y su capacidad para ejercer efectos tóxicos.

Según el rol que desempeñan en los sistemas biológicos, los metales y metaloides pueden clasificarse en esenciales y no esenciales. Entre los elementos esenciales se incluyen el calcio (Ca), hierro (Fe), magnesio (Mg) y zinc (Zn), ya que participan en procesos fisiológicos vitales. No obstante, cuando sus concentraciones superan determinados umbrales, estos elementos pueden volverse tóxicos y generar efectos adversos en los organismos⁽⁴⁾. Por otro lado, elementos como el arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) son considerados no esenciales, ya que no desempeñan funciones biológicas conocidas y resultan tóxicos incluso en bajas concentraciones⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

Además, pueden acumularse en distintos organismos y transferirse a lo largo de la cadena trófica, lo que representa un riesgo significativo tanto para la biodiversidad como para la salud humana⁽⁷⁾. Este riesgo se acentúa en peces que ocupan niveles tróficos superiores, ya que pueden actuar como vectores de metales hacia el ser humano⁽⁸⁾. La exposición a estos contaminantes mediante el consumo de pescado ha sido asociada con diversos efectos adversos para la salud, incluyendo daños neurológicos, renales y cardiovasculares⁽⁹⁾.

Frente a este escenario, los peces no sólo constituyen una vía de exposición para los seres humanos, sino que también cumplen un rol clave como bioindicadores de la contaminación por metales y metaloides, debido a su capacidad para acumular estos elementos en órganos como el hígado, las branquias, los riñones y el músculo^(10, 11). Esta capacidad de acumulación depende de múltiples factores ambientales y biológicos, como el pH, la temperatura, la dureza del agua, el comportamiento trófico, el tiempo de exposición y la complejidad del hábitat⁽¹²⁾. Las principales vías de incorporación de metales incluyen el agua, los sedimentos, las partículas en suspensión y los alimentos ingeridos⁽¹³⁾.

En la Argentina, diversos estudios han reportado la presencia de metales y metaloides en cuerpos de agua, lo que representa un riesgo potencial tanto para las especies que habitan estos ecosistemas como para los consumidores^(14, 15, 16). A pesar de ello, la información disponible sobre las concentraciones de estos elementos en peces comercializados en mercados locales, tanto de origen silvestre como de acuicultura o importación, sigue siendo limitada.

Garantizar la inocuidad de los alimentos representa uno de los principales desafíos en el contexto actual, marcado por el cambio climático y el aumento de la contaminación ambiental⁽¹⁷⁾. Este propósito se vincula directamente con el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 2 de las Naciones Unidas, que promueve el hambre cero y el acceso universal a una alimentación segura, nutritiva y suficiente. En este marco, la evaluación de contaminantes en especies de pescado de consumo habitual resulta fundamental para identificar riesgos potenciales y fortalecer las estrategias de control alimentario y protección de la salud pública.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de metales y metaloides en el músculo de cinco especies de peces disponibles en distintos mercados de la Argentina: sábalo (*Prochilodus lineatus*), pacú (*Piaractus mesopotamicus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), salmón (*Oncorhynchus kisutch*) y boga (*Megaleporinus obtusidens*), así como evaluar los riesgos potenciales para la salud humana asociados a su consumo.



MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y preparación de muestras

Se analizaron cinco especies de peces de interés comercial, adquiridas en pescaderías y establecimientos de acuicultura de la provincia de Córdoba, Argentina, durante los años 2017 y 2020. Las especies seleccionadas fueron: sábalo (*P. lineatus*, n=11), pacú (*P. mesopotamicus*, n=12), trucha arcoíris (*O. mykiss*, n=7), salmón del Pacífico (*O. kisutch*, n=10) y boga (*M. obtusidens*, n=2). Las tres primeras corresponden a especies nativas, mientras que las dos últimas son especies introducidas, siendo el salmón importado desde centros de acuicultura ubicados en Chile. De cada ejemplar se extrajo tejido muscular, el cual fue liofilizado y homogeneizado utilizando un mortero de porcelana. Para el análisis multielemental, se pesaron aproximadamente 0,05g de músculo seco. Las muestras fueron sometidas a digestión ácida en tubos de politetrafluoroetileno (PTFA), mediante la adición de 8 mL de ácido nítrico (HNO₃, Merck) y 1 mL de peróxido de hidrógeno (H₂O₂ al 30%, Anedra)⁽¹⁸⁾. Posteriormente, las digestiones fueron filtradas utilizando membranas de nitrocelulosa de 0,45µm (Sartorius, Göttingen, Alemania) y almacenadas a 4°C hasta su análisis.

Análisis multielemental

Las concentraciones de los elementos Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se, V y Zn fueron determinadas mediante un espectrómetro de masas con plasma

acoplado inductivamente (ICP-MS), (Agilent Technology 7500 cx Series, California, EE. UU.) conectado a un autosampler ASX-100 (CETAC Technologies, Omaha, NE, EE. UU.). Las muestras fueron digeridas por triplicado y las concentraciones de los elementos se midieron también en triplicado, con una repetibilidad $\geq 97\%$. El aseguramiento y control de calidad se realizó mediante el uso del material de referencia certificado de proteína de pescado (DORM-4, National Research Council Canadá). La recuperación promedio de los elementos fue del $93 \pm 10\%$. Adicionalmente, se prepararon muestras enriquecidas mediante la adición de soluciones estándar mixtas de los elementos antes de la digestión, siguiendo el mismo protocolo previamente descrito. La recuperación promedio fue del $80 \pm 7\%$.

Evaluación del riesgo por consumo humano

La evaluación del riesgo asociado al consumo de pescado se basó en el cálculo de la ingesta diaria estimada (IDE), el cociente de peligro objetivo (CPO) y el cociente de peligro objetivo total (TCPO). En este caso, las concentraciones empleadas se expresaron en base húmeda, a partir del contenido de humedad promedio determinado por liofilización para cada especie: sábalo 61%, pacú 55%, trucha 72%, salmón 68% y boga 74%. Además, se asume que la dosis ingerida es equivalente a la dosis de contaminante absorbido y que el proceso de cocción no modifica la concentración. La IDE se calculó utilizando la siguiente ecuación⁽¹⁸⁾:

$$IDE = \frac{C \times TCPC}{PC}$$

Donde:

C es la concentración promedio del elemento en el músculo de los peces (µg/g peso húmedo -p.h.); TC es la tasa de consumo, considerando 150 y 75g/día, para adultos y niños, respectivamente; PC corresponde al peso corporal, considerando un promedio de 70kg para adultos y 20kg para niños de siete años⁽¹⁹⁾. Los valores de IDE se compararon con los límites de ingesta diaria aceptable (IDA) recomendados por la Autoridad Europea de Seguridad

Alimentaria⁽²⁰⁾ para Pb y por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos⁽²¹⁾ para los demás elementos. Por otra parte, el CPO se calculó conforme a la ecuación:

$$\text{CPO} = \frac{\text{FE} \times \text{DE} \times \text{TIA} \times \text{CFE} \times \text{DE} \times \text{TIA} \times \text{C}}{\text{DOR} \times \text{PC} \times \text{TPE}} \times 10^3$$

Donde:

FE es la frecuencia de exposición (365 días/año); DE es la duración de la exposición (70 años); TIA es la tasa de ingestión de alimentos (150g/día); C es la concentración del elemento (µg/g); DOR es la dosis oral de referencia (µg/kg día); PC es el peso corporal; TPE es el tiempo promedio de exposición (365 días/año × número de años de exposición). Se consideró que un CPO < 1 no representa riesgo significativo para la salud, mientras que valores ≥ 1 indican un posible riesgo. Para evaluar el riesgo acumulado por exposición a múltiples elementos, se calculó el TCPO como la suma de los CPO individuales. Se consideró riesgo moderado cuando TCPO > 1 y riesgo elevado cuando TCPO > 10⁽²²⁾.

Análisis estadístico

La normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron mediante los test de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre especies ($p < 0,05$), y se empleó la prueba post hoc de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) para comparaciones múltiples. Todos los análisis se realizaron utilizando el software InfoStat versión 2018⁽²³⁾.

RESULTADOS

En general, los peces analizados mostraron capacidad para acumular en su músculo una amplia variedad de elementos, tanto esenciales (**Figura 1A**) como no esenciales (**Figura 1B**). Se observaron patrones de acumulación diferenciados según la especie. No obstante, en el caso del Se (0,51-0,62 µg/g), V (0,04-0,14 µg/g), Zn (39,96-50,36 µg/g), Cd (0,11-0,24 µg/g) y Pb (0,97-1,55 µg/g), no se detectaron diferencias significativas entre especies ($p > 0,05$). Con respecto a los elementos esenciales, los análisis estadísticos indicaron que el Cu presentó su concentración más elevada en trucha (2,2±0,8 µg/g); el Fe alcanzó concentraciones significativamente mayores en boga (53,8±31,8 µg/g), seguido por sábalo (35,2±9,8 µg/g), trucha (31,4±7,8 µg/g) y pacú (28,7±8,5 µg/g), siendo el salmón la especie con la concentración más baja (16,8±2,9 µg/g). En cuanto al Mn, las concentraciones más altas se determinaron en trucha (1,3±0,3 µg/g) y sábalo (1,2±0,3 µg/g), seguidas por pacú (1,0±0,3 µg/g) y boga (0,9±0,2 µg/g), mientras que el salmón presentó nuevamente la concentración más baja (0,5±0,1 µg/g).

Por otro lado, entre los elementos no esenciales, As presentó su concentración más alta en trucha (3,5±1,1 µg/g), mientras que las concentraciones más elevadas de Hg se registraron en trucha (1,7±0,9 µg/g) y salmón (1,6±0,7 µg/g). A su vez, la mayor concentración de Ag se detectó en sábalo (0,11±0,03 µg/g) y el Cr en trucha (0,8±0,3 µg/g) y pacú (0,7±0,3 µg/g), en comparación con las demás especies.

JENCK | LÍDER EN VENTA DE INSTRUMENTAL ANALÍTICO, REACTIVOS Y CONSUMIBLES PARA LABORATORIO.

Medición de Color

CR-5 / CR-400-410 / CM-5

- Alta precisión y repetibilidad
- Resultados confiables para el control de calidad
- Operación simple e intuitiva

Medición precisa del color para un control de calidad superior.

KONICA MINOLTA

IDEAL PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

- GRANOS Y HARINAS
- CAFE
- CARNES
- LÁCTEOS
- PASTES

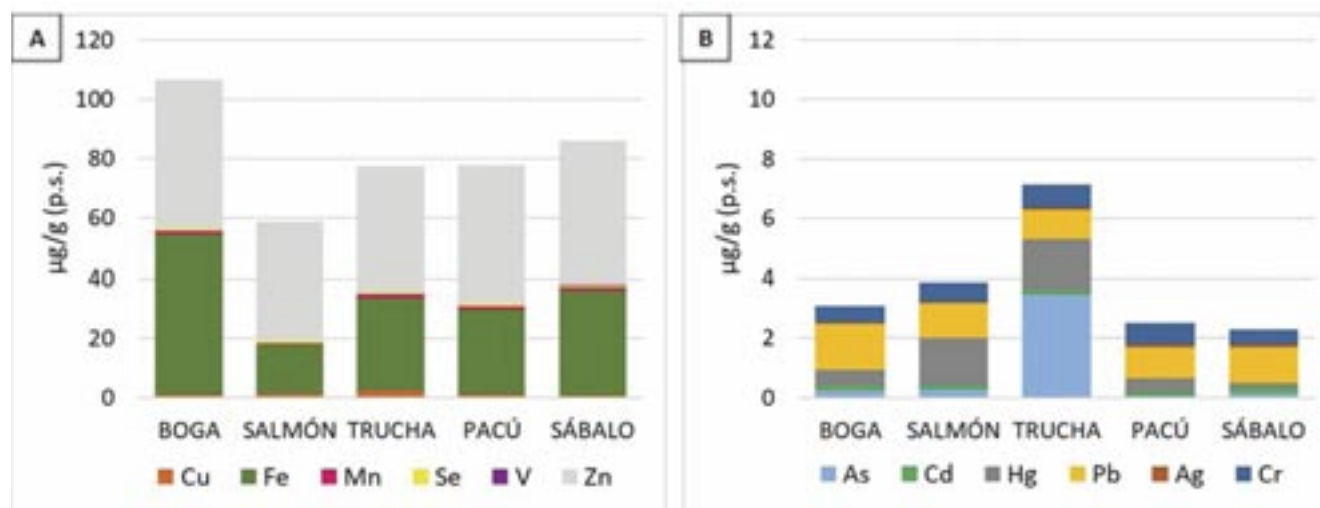
Y MUCHO MÁS PARA TODO TIPO DE ANÁLISIS

Instrumental Analítico · Reactivos · Consumibles

Asesoramiento técnico especializado

[in Jenck SA](#) |
 [@jenck.instrumental](#) |
 [f /JenckSA](#) |
 [www.jenck.com](#) |
 [011] 4014-5300 |
 asesoramiento@jenck.com

Figura 1 - Concentraciones promedio de elementos esenciales (A) y no esenciales (B) determinadas en músculo de pescado en base a peso seco (p.s.).



En relación con la evaluación del riesgo asociado a la ingesta de metales y metaloides a través del consumo de las especies en estudio, los valores de IDE se presentan en la **Tabla 1**, diferenciados para adultos y niños. Considerando un escenario de consumo de 150g de músculo de pescado por día para un adulto de 70kg y 75g diarios para un niño de 20kg, los resultados indican que la exposición a los elementos analizados no representaría un riesgo para la salud. Sin embargo, se detectaron niveles preocupantes de Hg en salmón y trucha, especialmente considerando que la IDE en niños se aproxima a la IDA. Esto resalta la necesidad de prestar particular atención al consumo frecuente de estas especies por parte de poblaciones vulnerables.

A su vez, los valores de CPO estimados para todos los elementos resultaron inferiores a 1 en las especies estudiadas, lo que sugiere que la exposición

humana mediante el consumo de estos peces no implicaría efectos adversos a lo largo de una vida entera de exposición (Figura 2). Asimismo, los valores de TCPO, que consideran el efecto acumulativo de múltiples elementos presentes en el pescado, también se mantuvieron por debajo de 1 (**Figura 2**). El orden decreciente de los valores de TCPO fue: trucha > salmón > pacú > boga > sábalo. Entre los elementos evaluados, el Hg se destacó como el principal contribuyente a los valores de TCPO en todas las especies.

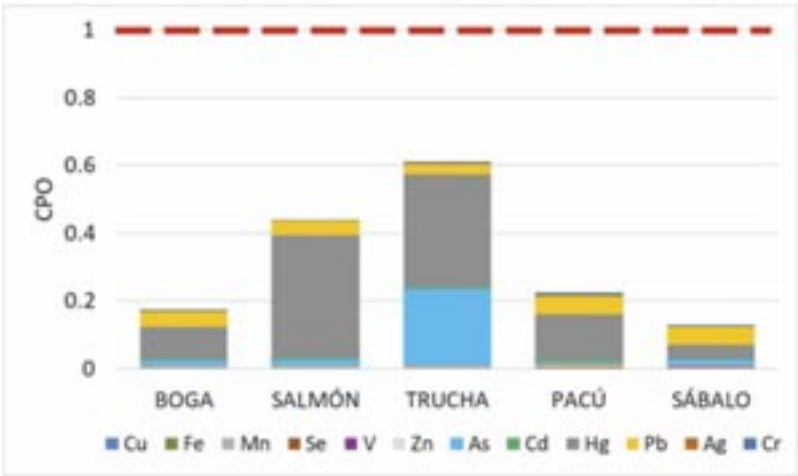
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que las especies de peces comerciales analizadas acumulan elementos esenciales y no esenciales en su músculo, con patrones que varían entre especies. Esta variabilidad podría deberse a una combinación de facto-

Tabla 1 - Ingesta diaria estimada (IDE) de elementos en las especies de peces evaluadas para dos grupos etarios diferentes (adultos y niños).

Elemento	IDE(μg/kg.día)											
	IDA		BOGA		SALMÓN		TRUCHA		PACÚ		SÁBALO	
	Adulto	Niño	Adulto	Niño	Adulto	Niño	Adulto	Niño	Adulto	Niño	Adulto	Niño
Cu	2800	800	0,50	0,88	0,84	1,48	1,30	2,28	0,99	1,73	0,67	1,18
Fe	49000	14000	29,97	52,45	11,58	20,27	18,90	33,08	27,46	48,06	29,30	51,27
Mn	7000	2000	0,50	0,87	0,35	0,60	0,78	1,36	0,93	1,63	1,00	1,75
Se	350	100	0,39	0,68	0,35	0,62	0,37	0,65	0,59	1,04	0,44	0,77
V	350	100	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03	0,05	0,07	0,12	0,12	0,20
Zn	21000	6000	28,06	49,10	27,62	48,33	25,27	44,22	44,72	78,25	40,24	70,43
As	21	6	0,14	0,24	0,18	0,31	2,08	3,65	0,04	0,07	0,13	0,23
Cd	70	20	0,08	0,15	0,10	0,18	0,09	0,16	0,14	0,25	0,14	0,25
Hg	7	2	0,29	0,52	1,11	1,93	1,02	1,78	0,43	0,75	0,13	0,23
Pb	44,1	12,6	0,86	1,51	0,80	1,40	0,58	1,02	1,03	1,79	1,00	1,75
Ag	350	100	0,02	0,04	0,04	0,07	0,04	0,07	0,08	0,13	0,09	0,16
Cr	210	60	0,32	0,57	0,44	0,77	0,48	0,83	0,71	1,24	0,42	0,74

Figura 2 - Cocientes de Peligro Objetivo (CPO) estimados para los elementos analizados en músculo de pescado.



res biológicos, ambientales y ecológicos. Entre los factores biológicos, se destacan la especie, el tamaño, la edad, el sexo y el estado reproductivo, que influyen en la acumulación y distribución tisular de ciertos metales^(24, 25). Por otra parte, variables ambientales como el pH, la dureza del agua, la temperatura y la presencia de materia orgánica disuelta

modifican la biodisponibilidad de los metales en el ambiente acuático⁽²⁶⁾. Además, la forma química de los metales (especiación) y la vía de exposición (agua o alimento) también afectan el nivel de acumulación en los tejidos⁽²⁷⁾. A ello se suma la presencia de contaminantes derivados de fuentes antropogénicas, que pueden incrementar significativamente las concentraciones de elementos tóxicos en el ambiente, reflejándose en los niveles detectados en organismos acuáticos⁽²⁸⁾.

Entre los elementos esenciales, se destaca la alta concentración de Cu en trucha. Este oligoelemento forma parte de enzimas clave y es fundamental para el adecuado funcionamiento de los sistemas hematológico y nervioso, la formación ósea y la absorción y utilización del Fe en la síntesis de hemoglobina⁽²⁹⁾. En cuanto al Fe, registrado en

mayor concentración en la boga, cumple un rol fundamental en el transporte de oxígeno, el crecimiento celular y la síntesis de hemoglobina⁽³⁰⁾. A su vez, el Mn actúa como cofactor enzimático y participa en el metabolismo de la glucosa y los lípidos⁽³¹⁾. Las concentraciones de estos minerales fueron similares a las informadas en peces comercializados en otras regiones del mundo, como el atún en Egipto⁽³²⁾, la carpa en Camerún⁽³³⁾ y el salmón en Noruega⁽³⁴⁾.

Asimismo, el Se cumple funciones esenciales para formar parte de las selenoproteínas, involucradas en el mantenimiento del equilibrio redox celular y enzimático, y su adecuada disponibilidad contribuye al correcto funcionamiento del sistema inmune, endocrino, cardiovascular, nervioso central, así como al de la función muscular y la salud reproductiva masculina⁽³⁵⁾. Las concentraciones determinadas en este estudio son comparables a las encontradas en truchas de lagos patagónicos argentinos⁽³⁶⁾. En cuanto al Zn, otro micronutriente esencial, participa en múltiples procesos celulares, incluyendo la síntesis de proteínas, el metabolismo de los ácidos nucleicos, la transcripción génica y la proliferación y diferenciación celular⁽³⁷⁾. Concentraciones similares fueron reportadas en cinco especies de peces de consumo frecuente en Turquía⁽³⁸⁾.

En relación con el V, aunque en cantidades traza puede tener efectos beneficiosos sobre el crecimiento celular, a concentraciones elevadas puede resultar tóxico⁽³⁹⁾. Los valores hallados en este estudio fueron relativamente bajos en comparación con los reportados en otras especies de pescado, como en lenguado común ($1,2 \pm 0,1$ µg/g) y merluza ($0,8 \pm 0,1$ µg/g) en Galicia, España⁽⁴⁰⁾.

Por otro lado, la exposición a metales no esenciales como As, Hg, Cd y Pb puede representar un riesgo significativo para la salud humana. El As, hallado en mayor concentración en el músculo de trucha, es un metaloide ampliamente distribuido, clasificado como una de las diez sustancias químicas más peligrosas para la salud humana⁽⁴¹⁾. En Sudamérica, su presencia en ambientes acuáticos es mayormente de origen natural, asociada a fenómenos volcánicos y desintegración de rocas, aunque también influida por actividades antrópicas como la industria, la fun-

dición de metales, la producción de pesticidas y el uso de preservantes de madera^(42, 43).

El Hg mostró sus mayores concentraciones en trucha y salmón. Este metal, de distribución global, se caracteriza por su capacidad de bioacumulación y biomagnificación a lo largo de las redes tróficas y puede causar severos daños neurológicos, particularmente en fetos y niños pequeños⁽⁴⁴⁾. Una vez liberado al ambiente, el Hg puede recorrer largas distancias e ingresar a sistemas acuáticos por deposición atmosférica, escorrentía o descarga de fuentes puntuales⁽⁴⁵⁾. Diversos estudios han demostrado la capacidad de los peces pertenecientes a la familia de los salmónidos para acumular Hg en su músculo. En particular, se han reportado concentraciones más bajas en especies de trucha de Estados Unidos⁽⁴⁶⁾, y en salmón de Alaska, Rusia, Dinamarca, Noruega y Chile^(47, 48, 49, 50). Mientras tanto, las concentraciones más elevadas de Hg registradas en este estudio resultaron comparables o incluso inferiores a las encontradas en peces de consumo regular procedentes de zonas fuertemente impactadas por contaminación antropogénica, como en Quito, Ecuador⁽⁵¹⁾ o la Amazonía brasileña⁽⁵²⁾. Evidencia reciente sugiere que los niveles de Hg en suelos sudamericanos son más elevados que en África oriental y el sudeste asiático, siendo el Cinturón Volcánico Andino (que abarca Ecuador, Colombia, Perú, Bolivia, Chile y la Argentina) una fuente geogénica significativa de este metal⁽⁵³⁾.

Respecto al Cd y Pb, su presencia en ambientes acuáticos puede incrementarse por actividades industriales, uso de pesticidas, fertilizantes y otros productos químicos^(54, 55). El Cd es un elemento tóxico y no esencial que, incluso en concentraciones reducidas, ha causado numerosos casos de intoxicación alimentaria⁽⁵⁶⁾. Resultados similares en cuanto a los niveles de Cd se han reportado en atún comercializado en Italia⁽⁵⁷⁾ y Vietnam⁽⁵⁸⁾. El Pb, metal tóxico ubicuo, puede provocar neurotoxicidad, nefrotoxicidad y otros trastornos de salud⁽⁵⁹⁾. En peces del mar del Norte de Irán se determinó una concentración promedio de $1,077$ µg/g de Pb, similar a la observada en el presente estudio, atribuida a residuos industriales y urbanos⁽⁶⁰⁾.

La Ag, registrada en mayor concentración en el músculo de sábalo, es considerada relativamente inocua para los seres humanos⁽⁶¹⁾. Estudios previos con peces recolectados en ambientes naturales muestran que las concentraciones de Ag en los tejidos de peces suelen ser bajas^(18, 28). Finalmente, las concentraciones de Cr encontradas en este estudio fueron similares o inferiores a las encontradas en peces provenientes de zonas con actividad agrícola y forestal intensiva, y receptoras de efluentes industriales⁽⁶²⁾. Cabe señalar que, en su forma trivalente (Cr^{3+}), el Cr es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas⁽⁶³⁾, mientras que en su estado hexavalente (Cr^{6+}) es neurotóxico, genotóxico, carcinogénico y mutagénico en humanos⁽⁶⁴⁾.

La evaluación del riesgo para la salud humana resultante de la exposición a metales a través de la dieta es de gran importancia, ya que en muchos contextos esta constituye la principal vía de ingreso al organismo⁽⁶⁵⁾. Los valores obtenidos de IDE, CPO y TCPO indican que el consumo de sábalo, pacú, trucha, salmón y boga evaluados no implicaría efectos adversos para la salud humana en relación con los elementos evaluados, incluso considerando una ingesta diaria regular. No obstante, la cercanía de los valores de IDE de Hg en trucha y salmón al valor umbral para niños sugiere la necesidad de estrategias preventivas orientadas a este grupo etario.

En conclusión, este estudio aporta información valiosa sobre la presencia de metales y metaloides en peces comercializados en la Argentina, destacando variaciones en la bioacumulación según la especie. Los hallazgos subrayan la importancia de implementar campañas de monitoreo sistemático que incluyan un mayor número de especies y amplíen el alcance geográfico del análisis. Estas acciones resultan esenciales para anticipar riesgos, proteger la salud de los consumidores y fortalecer las políticas de seguridad alimentaria. Asimismo, los resultados obtenidos se alinean con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 2 de Naciones Unidas, al promover el acceso a alimentos inocuos y nutritivos como parte de una dieta saludable y libre de contaminantes.



Ver más

Seguridad Alimentaria

Gracias a una tecnología de medición fiable, los alimentos son seguros
Garantizar la máxima calidad y seguridad de los alimentos, una preocupación esencial. Desde la primera etapa hasta la última, desde el transporte hasta el almacenamiento y la venta

Testo Argentina S.A.
www.testo.com.ar - info@testo.com.ar

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica a través de los proyectos PICT 2020-01866 y PICT 2019-1743 y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Asimismo, se agradece el apoyo institucional de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba y al Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Córdoba, que hizo posible la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- McMullan J.E., Yeates A.J., Allsopp P.J., Mulhern M.S., Strain J.J., van Wijngaarden E., y col. Fish consumption and its lipid modifying effects – A review of intervention studies. *NeuroToxicology* (2023) 99: 82–96.
- 2- EPA- FDA (Environmental Protection Agency-Food and Drug Administration). Advice about Eating Fish and Shellfish. Washington, DC (USA) (2021). Disponible en: <https://www.epa.gov/choose-fish-and-shellfish-wisely/epa-fda-advice-about-eating-fish-and-shellfish>.
- 3- Hajrić D., Smajlović M., Antunović B., Smajlović A., Alagić D., Tahirović D., y col. Risk assessment of heavy metal exposure via consumption of fish and fish products from the retail market in Bosnia and Herzegovina. *Food Control* (2023) 133: 108631.
- 4- Anisha P., Athira P.S., Anagha B., Emmanuel Charles P., Prabakaran K., Rajaram R. First report on occurrence of heavy metals in dried fishes from major fishing villages in Kerala coast, Southwest India. *Hyg. Environ. Health Adv.* (2023) 6: 100051.
- 5- Ghannam H.E. Risk assessment of pollution with heavy metals in water and fish from River Nile, Egypt. *Appl. Water Sci.* (2021) 11(7): 1–10.
- 6- Slobodian M.R., Petahtegoose J.D., Wallis A.L., Levesque D.C., Merritt T.J.S. The effects of essential and non-essential metal toxicity in the *Drosophila melanogaster* insect model: A review. *Toxics* (2021) 9(10): 269.
- 7- Varol M., Kaçar E., Sünbül M.R., Towfiqul Islam A.R.M. Species, tissue and gender-related metal and element accumulation in fish species in a large reservoir (Turkey) and health risks and nutritional benefits for consumers. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* (2022) 94: 103929.
- 8- Kumar M., Singh S., Jain A., Yadav S., Dubey A., Trivedi S.P. A review on heavy metal-induced toxicity in fishes: Bioaccumulation, antioxidant defense system, histopathological manifestations, and transcriptional profiling of genes. *J. Trace Elem. Med. Biol.* (2024) 83: 127377.
- 9- Robles Urgilez M.D. Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *J. Am. Health* (2024) 7(2). Disponible en: <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204>
- 10- Ahmed W., Haque M.R., Siddique M.A.B., Akbor M.A., Hasan M., Rahman M.M. Is Biofloc fish a safe alternative to conventionally cultivated fish regarding metal bioaccumulation in Bangladesh? *Environ. Challenges* (2023) 11: 100704.
- 11- Hamada N.H.S., Ali R.A.S., El-Tabakh M.A.M., Bream A.S. Environmental monitoring: Tobará fish as bioindicators of heavy metal pollution in a coastal ecosystem. *Reg. Stud. Mar. Sci.* (2024) 69: 103335.
- 12- Li J., Sun J., Hu W., Yan M., Kang B. Exposure status, spatial variation, and health risk assessment of selected heavy metal(loid)s in common commercial fish species of the Beibu Gulf. *Mar. Pollut. Bull.* (2023) 195: 115555.
- 13- Alam M., Rohani M.F., Hossain M.S. Heavy metals accumulation in some important fish species cultured in commercial fish farm of Natore, Bangladesh and possible health risk evaluation. *Emerg. Contam.* (2023) 9(4): 100254.
- 14- Garnero P.L., Monferran M.V., González G.A., Griboff J., de Los Ángeles B.M. Assessment of exposure to metals, As and Se in water and sediment of a freshwater reservoir and their bioaccumulation in fish species of different feeding and habitat preferences. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2018) 163: 492–501.

- 15- Griboff J., Horacek M., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Bioaccumulation and trophic transfer of metals, As and Se through a freshwater food web affected by anthropic pollution in Córdoba, Argentina. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2018) 148: 168–179.
- 16- Biolé F.G., Vegh S.L., Bavió M., Tripodi P., Volpedo A.V., Thompson G. Essential and non-essential elements in marine silverside *Odontesthes argentinensis* from southwestern Atlantic coast: Tissues bioaccumulation, biomagnification and public health risk assessment. *Food Chem. Toxicol.* (2024) 185: 114452.
- 17- Carrera-Quintana S.C., Gentile P., Girón-Hernández J. An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges. *Aquaculture* (2022) 561: 738583.
- 18- Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? *Microchem. J.* (2017) 130: 236–244.
- 19- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency). Exposure Factor Handbook: 2011 Edition. Natl. Cent. Environ. Assess. Off. Res. Dev. U.S. Environ. Prot. Agency, Washington, DC (2011). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/efh-chapter08.pdf>
- 20- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (European Food Safety Authority). Scientific opinion on lead in food. *EFSA J.* (2010) 8(4):1570. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- 21- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency). Regional screening level (RSL) summary table (TR=1E-06 THQ=1.0). U.S. Environ. Prot. Agency (2022). <https://semspub.epa.gov/work/HQ/402369.pdf>
- 22- Lei M., Tie B.Q., Song Z.G., Liao B.H., Lepo J.E., Huang Y.Z. Heavy metal pollution and potential health risk assessment of white rice around mine areas in Hunan Province, China. *Food Sec.* (2015) 7(1):45–54. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0414-9>
- 23- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018e. Centro de Transferencia InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (2018). <http://www.infostat.com.ar>
- 24- Adeogun A.O., Ibor O.R., Omiwole R., Chukwuka A.V., Adewale A.H., Kumuyi O., y col. Sex-differences in physiological and oxidative stress responses and heavy metals burden in the black jaw tilapia, *Sarotherodon melanotheron* from a tropical freshwater dam (Nigeria). *Comp. Biochem. Physiol. C* (2020) 229: 108676.
- 25- Brázová T., Syrota Y., Oros M., Uhrovič D. Heavy Metal Accumulation in Freshwater Fish: The Role of Species, Age, Gender, and Parasites. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (2025) 114(6): 92.
- 26- Zahran E., Mamdouh A.Z., Elbahnaswy S., El-Son M.M., Risha E., ElSayed A., y col. The impact of heavy metal pollution: bioaccumulation, oxidative stress, and histopathological alterations in fish across diverse habitats. *Aquac. Int.* (2025) 33(5): 371.
- 27- Khawar M., Masood Z., Ul Hasan H., Khan W., De los Ríos-Escalante P.R., Aldamigh M.A., y col. Trace metals and nutrient analysis of marine fish species from the Gwadar coast. *Sci. Rep.* (2024) 14(1): 6548.
- 28- Fortes, W. M. P. A., da Costa Souza, I., Azevedo, V. C., Griboff, J., Monferran, M. V., Wunderlin, D. A., y col. Metal/metalloid bioconcentration dynamics in fish and the risk to human health due to water contamination with atmospheric particulate matter from a metallurgical industrial area. *Sci. Total Environ.* (2023) 902: 166119.
- 29- Lehel J., Magyar M., Palotás P., Abonyi-Tóth Z., Bartha A., Budai P. To Eat or Not to Eat?—Food Safety Aspects of Essential Metals in Seafood. *Foods* (2023) 12(22):1–16. <https://doi.org/10.3390/foods12224082>.
- 30- Nieder R., Benbi D.K., Reichl F.X. Microelements and Their Role in Human Health. In: Soil Components and Human Health. (2018) Issue Cl. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_7.
- 31- Mehri A. Trace elements in human nutrition (II) – an update. *Int. J. Prev. Med.* (2020) 11(1):232–
- 32- Embaby M.A., Mehaseb H.T., Moniem S.M.A., El-Kady A.A. Risk assessment of trace metals in canned fish commercialized for human consumption in Egypt. *J. Food Compos. Anal.* (2024) 125: 105724.
- 33- Christophe M.K.J., Marlène Y.T., François N.V.J., Merlin N.N., Innocent G., Mathieu N., y col. Assessment of cooking methods and freezing on the nutritional value and health risks of heavy metals in four fish species con-

sumed in Douala, Cameroon. *Heliyon* (2024) 10(7).

34- Lundebye A.K., Lock E.J., Rasinger J.D., Nøstbakken O.J., Hannisdal R., Karlsbakk E., y col. Lower levels of persistent organic pollutants, metals and the marine omega 3-fatty acid DHA in farmed compared to wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environ. Res.* (2017) 155: 49–59.

35- Genchi G., Lauria G., Catalano A., Sinicropi M. S., Carocci A. Biological activity of selenium and its impact on human health. *Int. J. Mol. Sci.* (2023) 24(3): 2633.

36- Kristan U., Arribére M.A., Stibilj V. Selenium species and their distribution in freshwater fish from Argentina. *Biol. Trace Elem. Res.* (2013) 151(2):240–246. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9560-0>.

37- Stiles L. I., Ferrao K., Mehta K. J. Role of zinc in health and disease. *Clin. Exp. Med.* (2024) 24(1): 38.

38- Mutlu T. Heavy metal concentrations in the edible tissues of some commercial fishes caught along the Eastern Black Sea coast of Turkey and the health risk assessment. *Spectrosc. Lett.* (2021) 54(6):437–445. <https://doi.org/10.1080/00387010.2021.1939386>.

39- Colina M., Gardiner P.H.E., Rivas Z., Troncone F. Determination of vanadium species in sediment, mussel and fish muscle tissue samples by liquid chromatography-inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* (2005) 538(1–2):107–115. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.044>.

40- Lavilla I., Vilas P., Bendicho C. Fast determination of arsenic, selenium, nickel and vanadium in fish and shellfish by electrothermal atomic absorption spectrometry following ultrasound-assisted extraction. *Food Chem.* (2008) 106(1):403–409.

41- Sevak P., Pushkar B. Arsenic pollution cycle, toxicity and sustainable remediation technologies: A comprehensive review and bibliometric analysis. *J. Environ. Manag.* (2024) 349:119504. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119504>.

42- Litter M.I., Ingallinella A.M., Olmos V., Savio M., Difeo G., Botto L., y col. Arsenic in Argentina: Occurrence, human health, legislation and determination. *Sci. Total Environ.* (2019) 676:756–766. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.262>.

43- Biolé F.G., Llamazares Vegh S., de Carvalho B.M., Bavio M., Tripodi P., Volpedo A.V., Thompson G. Health risk assessment and differential distribution of arsenic and metals in organs of *Urophycis brasiliensis*, a commercial fish from Southwestern Atlantic coast. *Mar. Pollut. Bull.* (2023) 187:114499. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114499>.

44- Fard N.J.H., Ravanbakhsh M., Ramezani Z., Ahmadi M., Angali K.A., Javid A.Z. Determination of mercury and vanadium concentration in *Johnius belangerii* (C) fish in Musa estuary in Persian Gulf. *Mar. Pollut. Bull.* (2015) 97(1–2):499–505. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.036>.

45- Rodushkin I., Engström E., Pontér S., Pennisi M. Elemental stable isotope assessment of groundwater contamination: Recent developments. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* (2022) 26:100330. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100330>.

46- Ikem A., Garth J., Wetzel J., Caldwell G. Concentration dataset of 8 selected trace elements in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and dietary exposure risks in the Missouri adult population. *Data Brief* (2021) 39:107502. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107502>.

47- Nagorski S.A., Engstrom D.R., Hudson J.P., Krabbenhoft D.P., Hood E., Dewild J.F., Aiken G.R. Spatial distribution of mercury in southeastern Alaskan streams influenced by glaciers, wetlands, and salmon. *Environ. Pollut.* (2014) 184:62–72. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.040>.

48- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Y., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. Concentrations of trace elements in Pacific and Atlantic salmon. *Oceanology* (2015) 55(5):679–685. <https://doi.org/10.1134/S0001437015050057>.

49- Jensen I.J., Eilertsen K.E., Otnæs C.H.A., Mæhre H.K., Elvevoll E.O. An update on the content of fatty acids, dioxins, PCBs and heavy metals in farmed, escaped and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods* (2020) 9(12):1–17. <https://doi.org/10.3390/FOODS9121901>.

50- Nong Q., Dong H., Liu Y., Liu L., He B., Huang Y., y col. Characterization of the mercury-binding proteins in tuna and salmon *sashimi*: Implications for health risk of mercury in food. *Chemosphere* (2021); 263:128110. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128110>.

51- Yáñez-Jácome G.S., Romero-Estévez D., Vélez-Terreros P.Y., Navarrete H. Total mercury and fatty acids content in selected fish marketed in Quito – Ecuador. A benefit-risk assessment. *Toxicol. Rep.* (2023) 10:647–658. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2023.05.009>.

52- Hacon S.S., Oliveira-Da-Costa M., Gama C.S., Ferreira R., Basta P.C., Schramm A., Yokota D. Mercury exposure through fish consumption in traditional communities in the Brazilian Northern Amazon. *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2020) 17(15):1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155269>.

53- Schneider L., Fisher J.A., Diéguez M.C., Fostier A.H., Guimaraes J.R., Leaner J.J., Mason R. A synthesis of mercury research in the Southern Hemisphere, part 1: Natural processes. *Ambio* (2023) 52(5):897–917.

54- Bezerra V., Risso W.E., Martinez C.B.R., Simonato J.D. Can Lemna minor mitigate the effects of cadmium and nickel exposure in a Neotropical fish? *Environ. Toxicol. Pharmacol.* (2022) 92:103862. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103862>.

55- Das Pinkey P., Nesha M., Bhattacharjee S., Chowdhury M.A.Z., Fardous Z., Bari L., Koley N.J. Toxicity risks associated with heavy metals to fish species in the Transboundary River – Linked Ramsar Conservation Site of Tanguar Haor, Bangladesh. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2024) 269:115736. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115736>.

56- Lajçi N., Sadiku M., Lajçi X., Baruti B., Nikshiq S. Assessment of major and trace elements of fresh water springs in village. *J. Int. Environ. Appl. Sci.* (2017) 12(2):112–120.

57- Miedico O., Pompa C., Moscatelli S., Chiappinelli A., Carosielli L., Chiaravalle A.E. Lead, cadmium and mercury in canned and unprocessed tuna: six-years monitoring survey, comparison with previous studies and recommended tolerable limits. *J. Food Compos. Anal.* (2020) 94:103638. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103638>.

58- Ikem A., Garth J. Dietary exposure assessment of selected trace elements in eleven commercial fish species from the Missouri market. *Heliyon* (2022) 8(9):e10458. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10458>.

59- Mutlu T. Distribution of toxic and trace metals in fish from the Black Sea: Implications for human health risks. *Emerg. Contam.* (2024) 10(2):100295. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100295>.

60- Hashempour-Baltork F., Jannat B., Tajdar-Oranj B., Aminzare M., Sahebi H., Mirza Alizadeh A., Hosseini H. A comprehensive systematic review and health risk assessment of potentially toxic element intakes via fish consumption in Iran. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2023) 249:114349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114349>.

61- Fabrega J., Luoma S.N., Tyler C.R., Galloway T.S., Lead J.R. Silver nanoparticles: Behaviour and effects in the aquatic environment. *Environ. Int.* (2011) 37(2):517–531. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.10.012>.

62- Waichman A.V., Nunes G.S.S., Oliveira R., López-Heras I., Rico A. Human health risks associated to trace elements and metals in commercial fish from the Brazilian Amazon. *J. Environ. Sci. (China)* (2025) 148:230–242. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.12.029>.

63- Yin J., Wang L., Wang L., Huang T., Zhang X. Pretreatment with selenium prevented the accumulation of hexavalent chromium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and reduced the potential health risk of fish consumption. *Food Control* (2021) 122:107817. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107817>.

64- Kumar N., Bhushan S., Patole P.B., Gite A. Multi-biomarker approach to assess chromium, pH and temperature toxicity in fish. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* (2022) 254:109264. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109264>.

65- Viana L.F., Cardoso C.A.L., Oliveira M.S.B., Lima-Junior S.E., Kummrow F., Florentino A.C. Metals bioaccumulation in fish captured from Araguari River upper section (Amazon biome), and risk assessment to human health resulting from their consumption. *J. Trace Elem. Miner.* (2024) 7:100111. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100111>.

FUENTE:

Griboff, Julieta; Cortés, Facundo L; Monferran, Magdalena V; Amé, María V; Wunderlin, Daniel A (2025) "Metales en peces comercializados en Argentina: evaluación del riesgo por consumo", en *Revista Bitácora Digital Volumen 12. N° 16. Pp. 27-38.* (FCQ-UNC) Córdoba, Argentina.



Exposición a micotoxinas en un clima cambiante

Se espera un mayor riesgo de contaminación por micotoxinas por el cambio climático

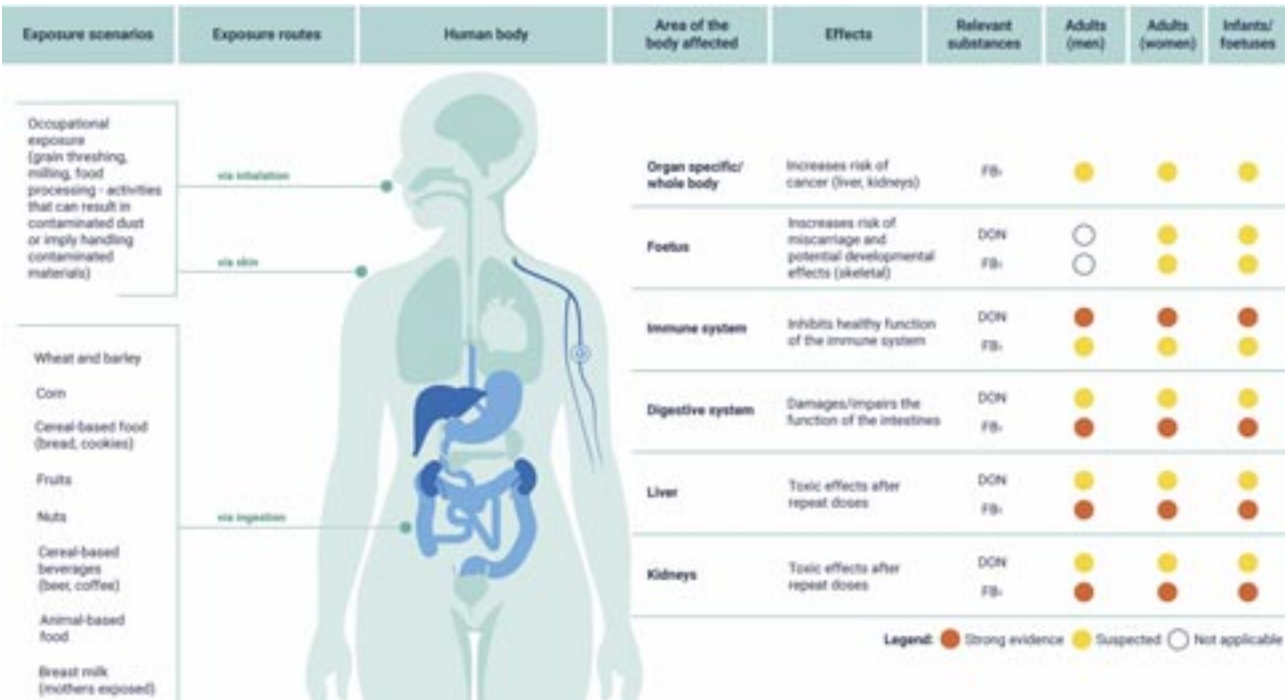
Las micotoxinas son compuestos químicos producidos por hongos que contaminan los cultivos, los alimentos y los forrajes. El cambio climático altera el comportamiento y la distribución de los hongos, aumentando el riesgo de exposición a estas toxinas. Un informe de la Agencia Ambiental Europea analiza los problemas de salud asociados y cómo un enfoque de Una Salud puede prevenir la contaminación.

Las micotoxinas son compuestos tóxicos producidos naturalmente por especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Claviceps*. Son subproductos metabólicos y aparecen como contaminantes en productos agrícolas de todo el mundo. Determinados hongos son responsables de las principales clases de micotoxinas vinculadas con problemas de salud, en particular la aflatoxina B1 (AFB1), deoxinivalenol (DON), fumonisina B1 (FB1), zearaleona (ZEN) y ocratoxina A (OTA). El DON, un tricoteno, se encuentra con frecuencia en trigo, maíz y

cebada en regiones templadas. La FB1 aparece principalmente en maíz, trigo y otros cereales.

En la **Figura 1** se presenta una visión general de los efectos sobre la salud asociados con la exposición a dos de las principales micotoxinas, DON y FB1, y de la solidez de la evidencia para cada uno de ellos, desglosada según diferentes sexos y edades, así como de las vías de exposición pertinentes. Las micotoxinas son motivo de preocupación para la población general y para los trabajadores de explotaciones agrícolas, depósitos y fábricas de alimentos

Figura 1 - Visión general de los efectos sobre la salud asociados con la exposición a DON y FB1 y posibles vías de exposición según los distintos escenarios de exposición.



y forrajes. Algunas se asocian con efectos carcinogénicos, mutagénicos, tóxicos para la reproducción e inmunotóxicos, así como con toxicidad renal y hepática en seres humanos; también se sospecha que algunas alteran el sistema endocrino. Estos efectos están asociados con micotoxinas específicas y gran parte de la evidencia actualmente disponible procede de estudios en animales.

El DON y la ZEN son motivo de preocupación para la salud humana y la seguridad ambiental. La ZEN es un posible disruptor endocrino, ya que imita al estrógeno y causa problemas reproductivos en seres humanos y animales. La OTA, considerada una micotoxina de poscosecha, se ha relacionado con daño renal y cáncer, especialmente en poblaciones expuestas a ella a través del agua de bebida. La poscosecha comprende lo que sigue a la producción del cultivo después de la recolección e incluye etapas de enfriamiento, limpieza, clasificación y envasado para evitar el deterioro. Sin embargo, se necesita más investigación para evaluar plenamente su persistencia y bioactividad en ambientes acuáticos.

La evidencia sugiere que determinados grupos etarios pueden presentar un mayor riesgo por la exposición a micotoxinas. Los niños pequeños (1-3

años) y los lactantes (menores de 12 meses) son especialmente vulnerables debido a su mayor ingesta de alimentos en relación con el peso corporal. Las micotoxinas se pueden encontrar en alimentos infantiles a base de cereales y en productos de tomate y, por lo tanto, la exposición alimentaria de este grupo se considera un problema de salud pública. Como los bebés tienen menor tamaño corporal, una exposición no deseada tiene consecuencias mayores y presentan un riesgo más elevado de sufrir daños. El posible daño renal (por OTA) y hepático (en particular por AFB₁) es motivo de preocupación en los niños de muy corta edad, cuyos sistemas renal y hepático aún están en desarrollo. Las mujeres embarazadas también son vulnerables: la exposición fetal también puede tener efectos negativos sobre la salud, ya que algunas micotoxinas atraviesan la placenta y la barrera hematoencefálica.

Los trabajadores de los sectores agrícola, alimentario y de forrajes para animales constituyen otro grupo vulnerable. Pueden estar expuestos a micotoxinas presentes en polvo contaminado, tanto por inhalación como a través de la piel, lo que da lugar a una exposición aguda.

EXPOSICIÓN HUMANA A MICOTOXINAS EN EUROPA

La principal fuente de exposición a micotoxinas es la dieta, principalmente por el consumo de alimentos contaminados (en particular granos y cereales y sus derivados). Estudios recientes sugieren que, si bien aproximadamente el 25% de los cultivos supera los límites reglamentarios de la UE para micotoxinas, la contaminación puede presentarse en niveles superiores a los límites de detección en hasta el 60-80% de los cultivos. Las micotoxinas son absorbidas por las plantas durante el crecimiento o después de la cosecha y pueden permanecer en los alimentos incluso después del lavado, la cocción o el procesamiento. Esto se debe a que algunas son resistentes al calor y a los métodos habituales de preparación de alimentos. Aunque las personas suelen desechar los alimentos visiblemente enmohecidos, los hongos que producen micotoxinas no siempre son visibles, lo que dificulta eliminarlas una vez que se ha producido la contaminación. Como además son inodoras e insípidas, la contaminación es difícil de detectar sin realizar análisis. La inhalación y la absorción a través de la piel también son posibles vías de exposición, especialmente en entornos laborales. La **Figura 2** ilustra las principales fuentes de exposición. Otra fuente de exposición a micotoxinas es el ambiente.

Las investigaciones han identificado cada vez más a las micotoxinas como contaminantes emergentes en aguas superficiales y de bebida, lo que ha llevado a investigar con mayor profundidad cómo ingresan en estos sistemas hídricos. Las micotoxinas pueden ingresar en los sistemas hídricos mediante la escorrentía agrícola (procedente de cultivos contaminados), las aguas residuales o la eliminación inadecuada de productos contaminados. En las aguas residuales, algunas micotoxinas (por ejemplo, OTA) no son eliminadas por los procesos de tratamiento y pueden persistir. Esto tiene implicancias para la seguridad del agua de bebida. Aunque su estabilidad en el agua varía, algunas micotoxinas, entre ellas DON y ZEN, pueden persistir en el ambiente y representar un riesgo potencial para fuentes de agua como lagos, ríos y aguas subterráneas.

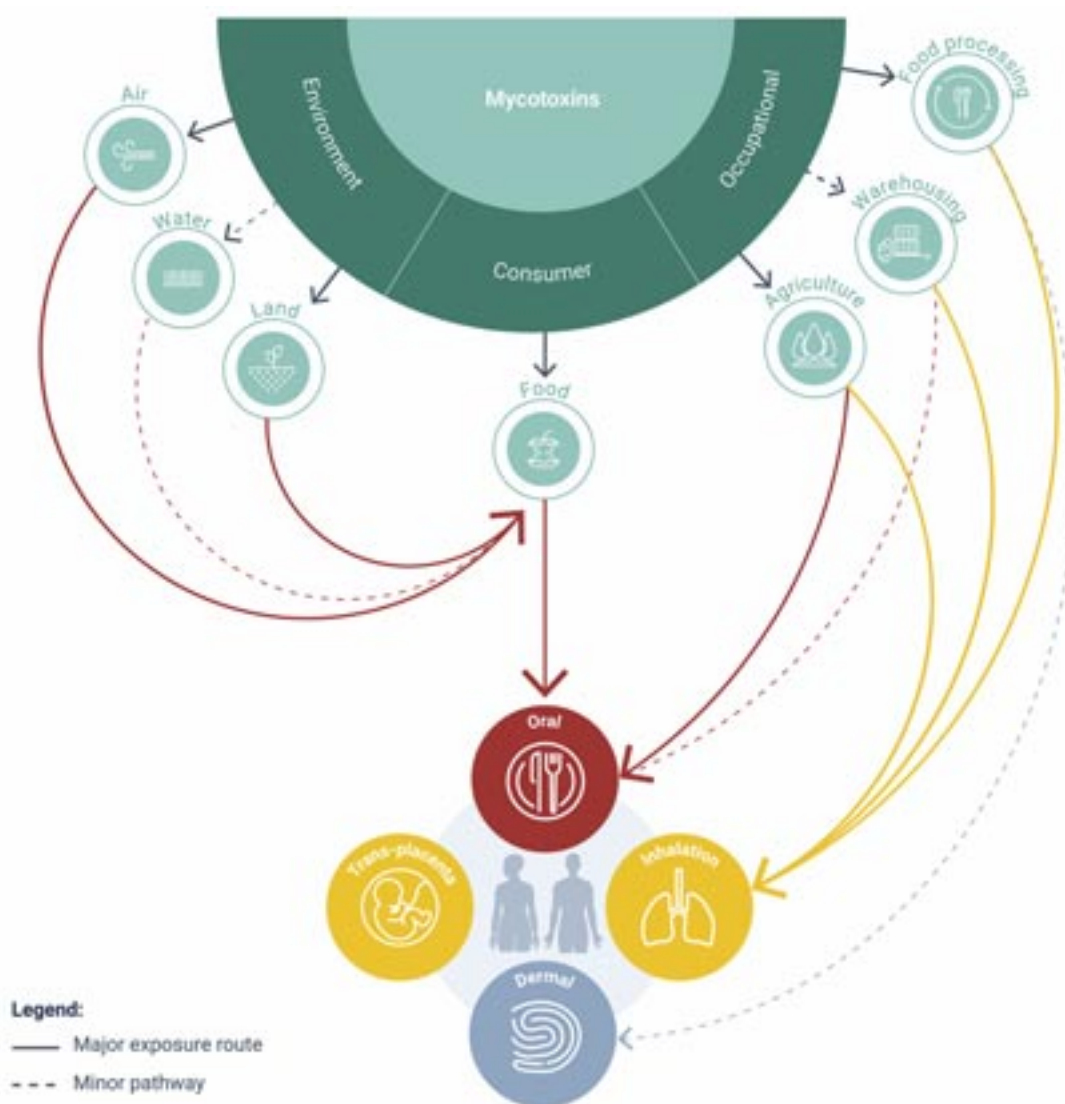
La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) realizó una evaluación de la exposición humana al DON y estableció una ingesta diaria tolerable (IDT) de 1 µg/kg de peso corporal por día para la suma de un grupo de tres tipos de DON. La EFSA estimó que la exposición alimentaria crónica media se encontraba por encima de la IDT en lactantes (menores de 12 meses), niños pequeños (1-3 años) y otros niños (3-10 años), y que en escenarios de alta exposición también la superaban los adolescentes (10-18 años) y los adultos (18-65 años), lo que indica un posible problema para la salud (EFSA, 2017).

MICOTOXINAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Desde la década de 1980, Europa se ha calentado dos veces más rápido que el promedio mundial, lo que la convierte en el continente que se calienta con mayor rapidez del planeta. Todas las regiones de Europa han experimentado calentamiento y se prevé que esta tendencia continúe. Para finales de siglo, se proyecta que Europa en su conjunto experimente un calentamiento adicional de entre 1,5°C (escenario de bajas emisiones) y 4,5°C (escenario de altas emisiones). Desde una perspectiva geográfica, se espera que el mayor riesgo de contaminación por micotoxinas inducida por el cambio climático se produzca en países desarrollados con climas moderados. Se prevé que determinadas micotoxinas, como AF, DON, ZEN y OTA, sean más prevalentes a temperaturas más altas en condiciones de humedad. Esto se debe a que la humedad favorece el crecimiento de los hongos responsables de producir estos compuestos.

Se han realizado estudios para predecir el impacto del cambio climático sobre la contaminación por AF en maíz, trigo y arroz, tomando como base el escenario meteorológico actual y aumentos de +2 °C y +5°C. En un escenario de aumento de temperatura de +2°C, el estudio predice que la contaminación por AF en maíz aumentará, especialmente en el sur de Europa (España, Italia y los Balcanes). En un escenario de +5°C, el riesgo de contaminación podría disminuir en las regiones meridionales debido al calor extremo, pero los riesgos se ampliarían geográficamente e incluirían más países del norte de Europa.

Figura 2 – Principales fuentes de exposición humana a micotoxinas



En el trigo también se registran aumentos de la contaminación por AF, pero son mayores en un escenario de aumento de +2°C que en uno de +5°C (aunque en este último siguen siendo superiores a los del escenario meteorológico actual). En el arroz, el riesgo de contaminación en el momento de la cosecha es insignificante en todos los escenarios.

Este cambio en la distribución de las especies fúngicas en Europa modificará los patrones de exposición, haciendo que las personas estén expuestas a diferentes micotoxinas con distintos efectos sobre la salud. Se espera que aumente en los cultivos la contaminación por múltiples micotoxinas, incluidas mezclas de AF, fumonisinas, DON y ZEN, incrementando la exposición alimentaria humana. Los tipos de hongos *Fusarium* presentes en el trigo en Europa cambian constantemente en el norte, centro y sur

del continente, y preocupa especialmente la creciente presencia de *F. graminearum* en Europa central y septentrional. La EFSA prevé que los efectos del cambio climático sobre la aparición de micotoxinas variarán según la región; anticipa posibles aumentos pequeños en cuanto a los impactos y aumentos moderados en la probabilidad de que las micotoxinas aparezcan en nuevas áreas. Para DON y ZEN, predice un impacto moderado en el escenario de futuro cercano, que abarca 2021-2050 según distintos modelos climáticos. Sin embargo, sigue siendo difícil predecir con precisión los efectos debido a las complejas interacciones de múltiples factores.

El aumento de las precipitaciones, las inundaciones y la erosión del suelo también podría transferir estas toxinas del suelo a los ríos y las aguas subterráneas. Esto aumentaría la probabilidad de contami-

nación de alimentos y piensos y amplificaría el riesgo de que las micotoxinas lleguen al sistema de agua de bebida. Cuando aumentan las temperaturas medias y se producen fenómenos meteorológicos más extremos, como lluvias intensas o sequías prolongadas, aumenta el estrés de las plantas, haciendo que los cereales, especialmente el maíz, sean más vulnerables a las infecciones fúngicas y a la contaminación por micotoxinas. También se espera que el cambio climático provoque posibles aumentos en la prevalencia y la distribución geográfica de las poblaciones de insectos. Los insectos desempeñan un papel en la propagación de mohos toxigénicos, aumentando así la probabilidad de infecciones y contaminación de los cultivos.

Los posibles impactos del cambio climático sobre las micotoxinas también pueden tener consecuencias desde una perspectiva económica y de seguridad alimentaria. El aumento de la contaminación de los cultivos dará lugar a menores rendimientos, con las consiguientes pérdidas económicas. Estas pueden incluir mayores costos de muestreo, análisis y retiros de productos, lo que alterará los patrones de seguridad de alimentos y piensos y el comercio tanto a nivel de la UE como mundial. El cambio climático también puede afectar los patrones de cultivo, haciendo que los productores siembren cultivos diferentes, mejor adaptados a las cambiantes condiciones agroambientales. Esto puede tener consecuencias aún no exploradas para el ambiente y la inocuidad de los alimentos.

Según una declaración de la FAO (anterior a 1985), el 25% de los cultivos del mundo se veía afectado anualmente por micotoxinas, con pérdidas calculadas en 1.000 millones de tn de productos alimenticios y forrajes. Sin embargo, estudios recientes indican que la cifra probablemente sea mayor, ya que hasta el 60-80% de las muestras de cultivos alimentarios presentan niveles detectables de micotoxinas. Existe además una amenaza mundial más amplia: las micotoxinas representan un riesgo significativo en regiones como África subsahariana, una zona húmeda donde la seguridad alimentaria ya constituye un problema importante. Allí, el aumento de la contaminación por AF podría ocasionar pérdi-

das agrícolas considerables. En el caso del maíz, la contaminación por AF inducida por el clima se ha relacionado con importantes problemas de inocuidad alimentaria, que también podrían afectar el comercio internacional.

Por último, un riesgo creciente de infecciones fúngicas podría desencadenar un mayor uso de fungicidas, lo que exigiría un monitoreo más intenso de sus residuos y una reevaluación de los riesgos que representan para la población. Entre esos riesgos podrían encontrarse la resistencia a los antifúngicos y, por consiguiente, un aumento mundial de las enfermedades fúngicas humanas, junto con pérdidas significativas de cultivos alimentarios y ganado causadas por patógenos fúngicos.

MICOTOXINAS Y UNA SALUD

Recientemente se ha aplicado una perspectiva de Una Salud para mitigar el impacto del uso de fungicidas azólicos (distintos de los utilizados como medicamentos humanos) sobre el desarrollo de especies de *Aspergillus* resistentes a los azoles. *Aspergillus* son hongos presentes habitualmente en el ambiente que pueden causar enfermedades respiratorias graves en seres humanos. Estas enfermedades se tratan con medicamentos azólicos. Sin embargo, los azoles también se utilizan en la protección de cultivos, con alrededor de 10.000 toneladas utilizadas por año en la UE entre 2010 y 2021. Un informe de la EFSA (2025) formula recomendaciones relativas a la agricultura, la medicina y los procesos de aprobación de biocidas y fungicidas para limitar la propagación de la resistencia a los azoles. El caso de las micotoxinas es un claro ejemplo de un problema con consecuencias para la salud animal, humana y de los ecosistemas, en el que el ambiente también desempeña un papel clave como vía de propagación de la contaminación. Por lo tanto, las soluciones para abordar los riesgos derivados de las micotoxinas deben integrarse en todos los ámbitos. Por ejemplo, la vigilancia que ya se realiza en el ambiente (por ejemplo, precipitaciones, horas de luz solar y registros de temperatura) también debería realizarse para monitorear alimentos, forrajes, animales y seres humanos. Otras posibles medidas para contra-

restar la contaminación por micotoxinas podrían incluir el desarrollo de cultivos resistentes a las infecciones fúngicas, la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), el uso de controles biológicos y de modelos predictivos.

El desarrollo de cultivos resistentes a los hongos es fundamental para manejar la contaminación. La mayor parte de la investigación sobre el desarrollo de cultivos ya se basa en enfoques genéticos y biotecnológicos diseñados para afrontar los estreses ambientales causados por el cambio climático. Esto incluye, por ejemplo, trabajos sobre cultivos resistentes a la sequía. En este contexto, es importante continuar desarrollando cultivos robustos y resistentes a los patógenos. Las BPA, como la adaptación de las prácticas agrícolas a las nuevas condiciones ambientales, son de máxima importancia. Entre ellas se incluyen cambios como ajustar los períodos de cosecha, modificar las necesidades de riego y utilizar adecuadamente plaguicidas y fertilizantes. También se han propuesto estrategias de cultivo como la asociación de cultivos y la rotación como enfoques eficaces para controlar los patógenos fúngicos. El control biológico de las micotoxinas se centra en el uso de cepas no tóxicas de hongos que compiten con los hongos aflatoxigénicos por los recursos y el espacio, reduciendo así la contaminación. El uso de agentes de biocontrol ha demostrado ser exitoso en Estados Unidos, África, Italia y Serbia.

Los modelos predictivos también son una herramienta útil para manejar el impacto del cambio climático sobre la contaminación por micotoxinas, ya que evalúan las interacciones planta-patógeno bajo condiciones de cambio climático. Por ejemplo, el

modelo DONcast predice el riesgo de contaminación por DON a partir de datos meteorológicos locales. Del mismo modo, otro estudio encargado por la EFSA desarrolló un modelo para predecir el riesgo de contaminación por AFB1 en maíz al momento de la cosecha; posteriormente fue adaptado para trigo y arroz. Estos modelos permiten intervenciones agrícolas más oportunas, como la aplicación de fungicidas. A medida que avance el cambio climático, estos modelos ayudarán a agricultores y responsables de políticas a anticipar los futuros riesgos de micotoxinas y adaptarse en consecuencia.

Todas estas acciones respaldan el desarrollo de estrategias de mitigación más integradas para evitar la contaminación por micotoxinas y mantener la seguridad alimentaria y la seguridad del agua en el contexto del cambio climático. Favorecen la adopción de un enfoque de Una Salud para abordar los efectos interrelacionados de las micotoxinas sobre la salud humana, animal y ambiental. También debería promoverse un enfoque preventivo que incluya campañas de concientización de los consumidores, así como de otras partes interesadas, como agricultores e industria. Este tipo de esfuerzo requiere un enfoque colaborativo entre distintos actores e iniciativas políticas conjuntas. Dicha colaboración podría ayudar tanto a los agricultores como a los responsables de políticas a anticipar los riesgos y adoptar medidas para proteger la salud humana y animal y el ambiente.

EXTRAÍDO DE:

Mycotoxin exposure in a changing European climate Briefing. European Environment Agency. 2025.

DELANTALES
CHAQUETAS
GORROS
LÍNEA CLÁSICA
LÍNEA URBAN
PANTALONES
ACCESORIOS

UNIFORMES PARA TU NEGOCIO -
PERSONALIZÁ TUS PRENDAS

+54 11 691 36050
FULLCOMPLEMENTS.ORG
INFO.FULLCOMPLEMENTS@GMAIL.COM

FULL COMPLEMENTS
INDUMENTARIA GASTRONÓMICA

SOLICITÁ NUESTRO CATÁLOGO
www.fullcomplements.com.ar

Inactivación bacteriana mediante sanitizantes de uso común en la industria alimentaria

Vinicius do Amaral Flores¹; Angélica Olivier Bernardi¹; Bruna Lago Tagliapietra²; Maximiliano Escalona¹; Maritiele Naissinger da Silva²; Juliana Copetti Fracari¹; Marina Venturini Copetti^{1*} y Neila Silvia Pereira dos Santos Richards¹

¹Centro de Ciencias Rurales - Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos - Universidad Federal de Santa Maria (UFSM). RS, Brasil.

²Departamento de Alimentos y Nutrición - Universidad Federal de Santa Maria (UFSM). RS, Brasil.

*marina.copetti@ufsm.br



RESUMEN

Se evaluó la eficacia del ácido peracético (0,05%, 0,5% y 1%), el hipoclorito de sodio (0,2%, 0,6% y 1%) y el cloruro de benzalconio (0,3%, 1,15% y 2%) frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* (ATCC 14028), *Enterococcus hirae* (ATCC 8043), *Pseudomonas aeru-*

ginosa (ATCC 9027), *Escherichia coli* (ATCC 8739) y *Listeria monocytogenes* (ATCC 35152), utilizando discos de acero inoxidable y siguiendo las directrices del Comité Europeo de Normalización (CEN). Según el CEN, para que un sanitizante sea considerado eficaz debe lograr una reducción de al menos 5 Log₁₀ UFC. El ácido peracético al 1% demostró la mayor

capacidad de inactivación, reduciendo todas las cepas evaluadas en más de 7 Log₁₀ UFC/mL. *P. aeruginosa* (ATCC 9027) mostró una elevada tolerancia al hipoclorito de sodio y al cloruro de benzalconio, con reducciones inferiores a 2 Log₁₀ UFC/mL incluso a las concentraciones máximas. Tanto el hipoclorito de sodio como el cloruro de benzalconio, en las concentraciones máximas evaluadas, inactivaron eficazmente *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *E. hirae*, *L. monocytogenes* y *E. coli*, alcanzando reducciones superiores a 7 Log₁₀ UFC/mL. En general, los sanitizantes sólo fueron eficaces en las concentraciones intermedias o máximas recomendadas por los fabricantes, lo que sugiere que deberían evitarse las concentraciones mínimas indicadas en las etiquetas para garantizar el control microbiológico.

Palabras clave: desinfectante; ácido peracético; hipoclorito de sodio; compuesto de amonio cuaternario; cloruro de benzalconio.

INTRODUCCIÓN

Según el Codex Alimentarius, la inocuidad de los alimentos se refiere a la garantía de que los alimentos no representan un riesgo para los consumidores. Esto significa que los alimentos no deberían causar efectos adversos para la salud cuando se preparan y consumen de acuerdo con el uso previsto. Por lo tanto, es esencial que los productos alimenticios estén libres de peligros que puedan comprometer la salud de los consumidores^[1], incluida la contaminación microbiana.

Las bacterias patógenas y alterantes pueden propagarse por los ambientes de procesamiento de alimentos a través de diversas superficies de contacto, como tablas de cortar, cuchillos y equipos de procesamiento, que pueden actuar como reservorios o vectores de estos microorganismos^[2]. Además, ciertos microorganismos patógenos, como *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes*, poseen la capacidad de formar biofilms. Esta característica aumenta su resistencia a los procedimientos de limpieza y sani-

RQS
REFRIGERATION
QUALITY SERVICE S.A.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
PARA LAS INDUSTRIAS MÁS EXIGENTES

GEA GRAM Howden MYCOM FRIORAF thermofin VILTER STAL 1924S Frick

Rafaela (Santa Fe) | Buenos Aires 0800-444-FRÍO (3746) www.rqs-sa.com info@rqs-sa.com

zación, incrementando la probabilidad de que persistan en los ambientes de procesamiento de alimentos. Como resultado, estos sitios pueden convertirse en fuentes continuas de contaminación de los productos alimenticios^[3,4]. Las industrias alimentarias deben implementar medidas continuas y obligatorias para minimizar los riesgos de contaminación a lo largo de todo el proceso de producción, especialmente en las áreas y superficies donde se manipulan materias primas. La eficacia de estas medidas está estrechamente relacionada con la calidad de los programas de sanitización, incluidos los métodos y productos utilizados. Esto es fundamental porque los residuos generados durante el procesamiento constituyen importantes fuentes de nutrientes para el crecimiento bacteriano^[2-5]. La desinfección de superficies y equipos se realiza normalmente mediante sanitizantes químicos, que pueden clasificarse según su modo de acción en agentes oxidantes, surfactantes y yodóforos. Por ejemplo, el ácido peracético y los compuestos halogenados se clasifican como agentes oxidantes, mientras que el cloruro de benzalconio, un compuesto de amonio cuaternario, es un tipo de surfactante^[6].

Al seleccionar agentes sanitizantes para su uso en superficies en contacto con alimentos, es esencial evaluar su eficacia para reducir la contaminación microbiana en condiciones operativas específicas. Otros factores críticos incluyen la relación costo-eficacia, la facilidad de aplicación, la persistencia de residuos, los requisitos de enjuague, el potencial de irritación o toxicidad y la compatibilidad con la disponibilidad de agua en el lugar^[7]. Además, está bien establecido que la sensibilidad microbiana varía significativamente entre diferentes especies y cepas, dependiendo de la clase y la concentración del sanitizante utilizado^[8,9]. El uso indiscriminado o inadecuado de agentes sanitizantes en la producción de alimentos también puede ejercer una presión selectiva, promoviendo la aparición y persistencia de especies bacterianas resistentes.

Para abordar este problema, es fundamental un monitoreo continuo, que incluya la identificación de las poblaciones bacterianas a lo largo de la cadena de producción y la evaluación de sus perfiles de

resistencia. Estos esfuerzos son cruciales para detectar y controlar la propagación de aislamientos multi-resistentes^[10]. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de sanitizantes de uso común en la industria alimentaria (ácido peracético, hipoclorito de sodio y cloruro de benzalconio), en diferentes concentraciones, frente a bacterias patógenas y/o alterantes de relevancia para este sector. Los microorganismos evaluados fueron *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), *Escherichia coli* (ATCC 8739), *Enterococcus hirae* (ATCC 8043), *Salmonella enterica* serovar Typhimurium (ATCC 14028) y *Listeria monocytogenes* (ATCC 35152).

MATERIALES Y MÉTODOS

Eficacia de diferentes sanitizantes utilizados en la industria alimentaria

Se seleccionaron por conveniencia tres sanitizantes químicos diferentes entre los principios sanitizantes autorizados para su uso en la industria alimentaria^[11] y disponibles comercialmente en Brasil (**Tabla 1**). Se evaluaron como valores mínimo y máximo los recomendados por los fabricantes en las etiquetas de los desinfectantes. Además, se calculó una concentración intermedia a partir del promedio de estos valores (**Tabla 1**). Para garantizar que el efecto de cada sanitizante no se prolongara durante más tiempo del recomendado, se llevó a cabo una etapa de neutralización. En este trabajo se evaluaron previamente y se utilizaron neutralizantes específicos para cada principio activo, según lo recomendado por Jaenisch *et al.*^[12].

Cepas bacterianas y mantenimiento de los microorganismos de referencia

En este trabajo se utilizaron seis cepas: *S. aureus* (ATCC 6538), *P. aeruginosa* (ATCC 9027), *E. coli* (ATCC 8739), *Enterococcus hirae* (ATCC 8043), *Salmonella* Typhimurium (ATCC 14028) y *Listeria monocytogenes* (ATCC 35152), todas proporcionadas por la Fundación Fiocruz. Las ampollas que contenían los microorganismos liofilizados se reconstituyeron con 1,0 mL de caldo de soja tripticaseína (TSB). Esta suspensión se diluyó en 5,0 mL del mismo caldo y se

Tabla 1 - Sanitizantes autorizados para su uso en la industria alimentaria, concentraciones recomendadas y respectivos neutralizantes.

Sanitizante	Principio activo	Concentración recomendada	Neutralizante
Ácido peracético	Ácido peracético 14%; peróxido de hidrógeno 23%; ácido acético glacial	0,05–1%	Caldo nutritivo con 0,6% de tiosulfato de sodio
Hipoclorito de sodio	Hipoclorito de sodio, 8% de cloro activo	0,2–1%	Caldo nutritivo con 0,5% de Tween
Cloruro de benzalconio	Cloruro de alquildimetilbencilamonio 22%	0,3–2%	Caldo nutritivo con 0,6% de tiosulfato de sodio

agitó hasta obtener una suspensión homogénea. En forma resumida, se inocularon 0,5 mL de la suspensión bacteriana en placas de Petri que contenían medio agar de soja tripticaseína (TSA), generando un crecimiento confluyente sobre la superficie del medio. Las placas se incubaron durante 24 h a $36\pm 1^\circ\text{C}$. Al medio con crecimiento confluyente se agregaron 10 mL de solución crioprotectora (extracto de carne, digerido pancreático de caseína y glicerol), raspando la superficie para obtener una suspensión celular. Esta suspensión bacteriana se dividió en alícuotas y se congeló. El cultivo de trabajo se obtuvo a partir de la suspensión conservada.

Suspensión bacteriana de trabajo

Utilizando un asa descartable de 10 μL , se transfirieron ocho ansadas de la suspensión bacteriana conservada a cada tubo con medio TSA inclinado y se incubaron durante 24 h a 37°C . Después del crecimiento, se agregó agua peptonada al 0,1% hasta obtener una suspensión bacteriana con una concentración de 10^9 UFC/mL, estimada visualmente mediante una escala estándar de McFarland.

Evaluación de la actividad bactericida de los sanitizantes comerciales

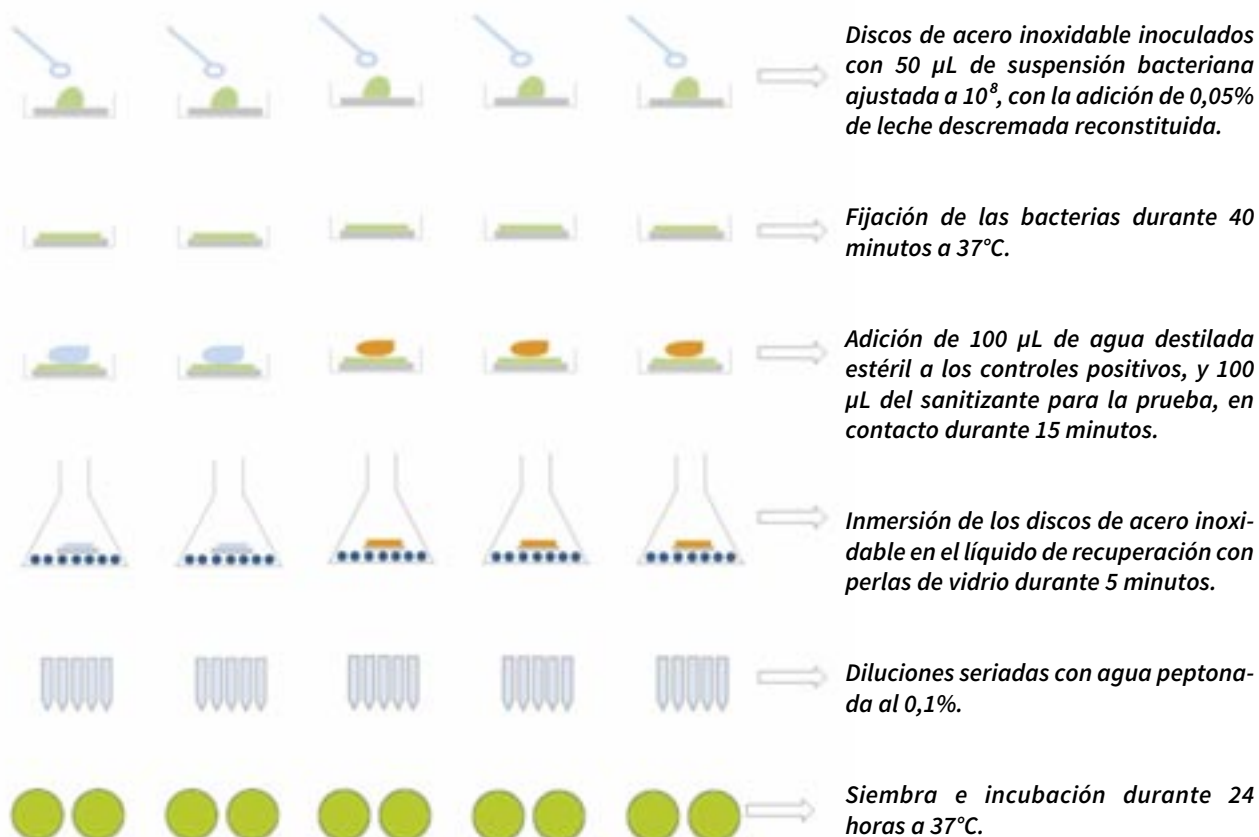
Como soporte para los microorganismos se utilizaron discos de acero inoxidable 304 de 2 cm de diámetro (TSM laser®, Santa Maria, Brasil). Los ensayos se realizaron de acuerdo con la metodología recomendada por el Comité Europeo de Normalización (CEN)^[13] para ensayos sobre superficies no porosas destinados a evaluar la actividad bactericida y/o

fungicida de desinfectantes químicos utilizados en ámbitos alimentarios, industriales, domésticos e institucionales, con adaptaciones respecto de las cepas de microorganismos recomendadas, debido a limitaciones de disponibilidad. El diagrama de flujo se presenta en la **Figura 1**.

Según la norma CEN, la actividad antimicrobiana se define por la diferencia en los recuentos bacterianos, expresados en unidades logarítmicas (Log_{10} UFC), entre un control positivo (población no expuesta) y la población expuesta al desinfectante. Este valor refleja el número de células bacterianas inactivadas durante el tiempo de contacto especificado de 15 min. Para ser considerado eficaz, un sanitizante debe alcanzar una reducción de al menos 5 Log_{10} UFC en la población bacteriana^[13]. En este estudio, la eficacia de los sanitizantes se evaluó mediante el recuento de colonias en placas de Petri que contenían TSA, después de una incubación de 24 h a 37°C . Como soportes se utilizaron discos de acero inoxidable 304 de 2 cm de diámetro, previamente tratados y sanitizados de acuerdo con las recomendaciones de la norma^[13].

Brevemente, la evaluación de la eficacia de los sanitizantes se llevó a cabo mediante la contaminación de cinco discos con 50 μL de la suspensión bacteriana ajustada a 10^9 UFC/mL, de acuerdo con una escala estándar de McFarland, seguida de la adición de 0,05% de leche descremada en polvo reconstituida (Elegê®, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil), que se utilizó como sustancia interferente en la acción del producto sanitizante, simulando la presencia de materia orgánica en el

Figura 1 - Esquema para evaluar la eficacia bactericida de los sanitizantes de acuerdo con la norma establecida por el Comité Europeo de Normalización (CEN)[13].



ambiente de elaboración. Para cada cepa bacteriana evaluada, se utilizaron tres discos para determinar la actividad bactericida del desinfectante, mientras que otros dos discos se utilizaron como controles positivos (no expuestos al desinfectante). Después de la inoculación, todos los discos, tanto los correspondientes al tratamiento como los controles, se incubaron en estufa bacteriológica a 37°C durante 40 min para facilitar el secado y la fijación de las células bacterianas, deteniendo así la multiplicación bacteriana. Posteriormente, los discos se dejaron a temperatura ambiente durante otros 20 min para permitir la equilibración de la temperatura.

Para realizar el ensayo propiamente dicho, se agregaron 100 µL del producto evaluado en tres concentraciones diferentes [ácido peracético (0,05%, 0,5% y 1%); hipoclorito de sodio (0,2%, 0,6% y 1%);

cloruro de benzalconio (0,3%, 1,15% y 2%)] a los discos contaminados y secos. Para evaluar el control positivo, el sanitizante se reemplazó por 100 µL de agua estéril.

Después de 15 min de contacto del producto con la superficie contaminada de los discos, éstos se sumergieron en 10 mL de la solución neutralizante específica para cada sanitizante y 5 g de perlas de vidrio. Después de 5 min de neutralización, se retiró una alícuota de 1 mL y se realizaron diluciones seriadas[13].

Siembra y recuento de bacterias

La siembra se realizó por triplicado mediante el método de vertido en placa con medio TSA, con incubación a 37°C durante 24h. La eficacia de cada sanitizante se evaluó mediante la diferencia entre el número de unidades formadoras de colonias de bac-

terias recuperadas de los controles positivos y el de los discos expuestos al sanitizante. A partir del crecimiento en las placas con medio TSA se realizó el recuento y los resultados se expresaron en Log₁₀ UFC/mL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, este estudio reveló variaciones en la eficacia de las diferentes concentraciones de un mismo sanitizante, diferencias en la eficacia de distintos sanitizantes frente a un mismo microorganismo y variabilidad en la sensibilidad de las cepas evaluadas frente a los sanitizantes ensayados (Figuras 2 a 4).

Figura 2 - Eficacia del ácido peracético en la reducción de los recuentos bacterianos de relevancia alimentaria (control) después de la exposición a diferentes concentraciones de este sanitizante durante 15 min.

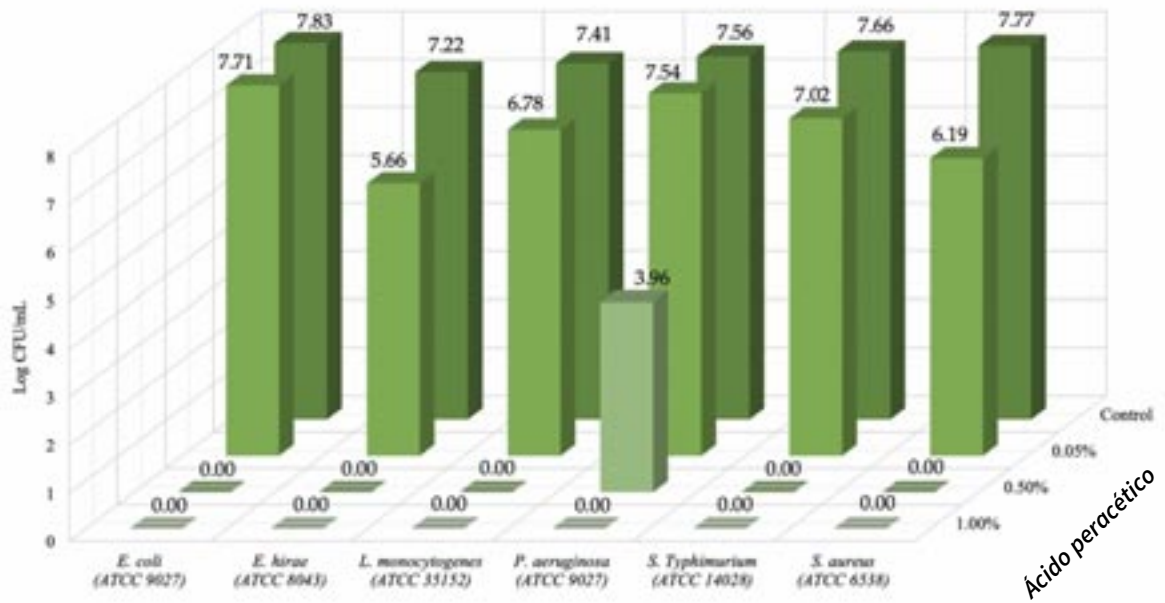


Figura 3 - Eficacia del hipoclorito de sodio en la reducción de los recuentos bacterianos de relevancia alimentaria (control) después de la exposición a diferentes concentraciones de este sanitizante durante 15 min.

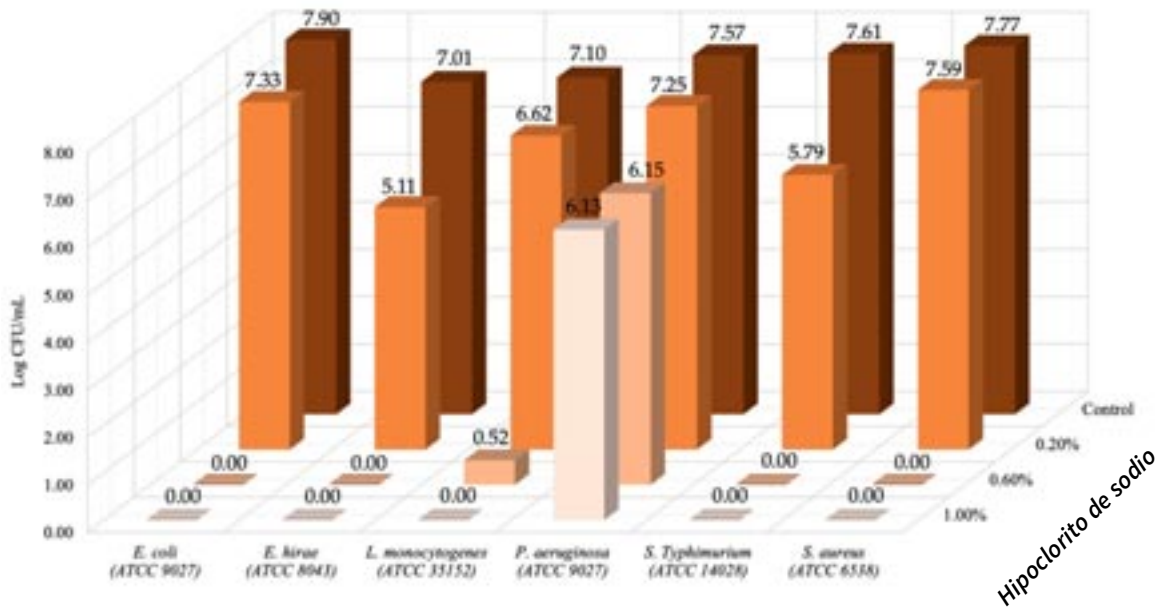
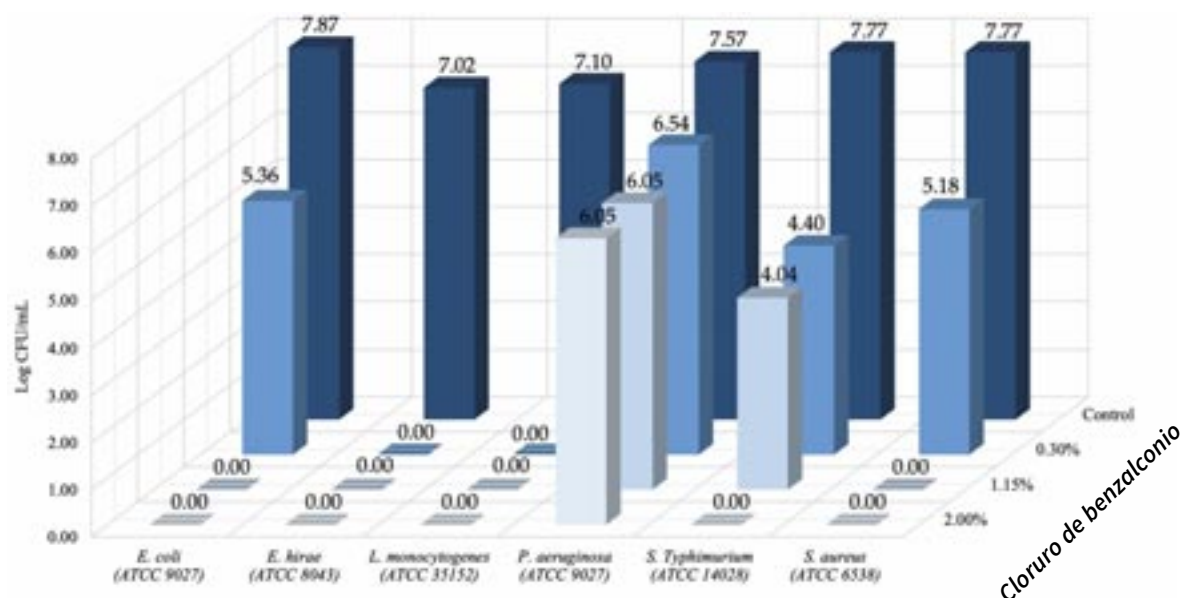


Figura 4 - Eficacia del cloruro de benzalconio en la reducción de los recuentos bacterianos de relevancia alimentaria (control) después de la exposición a diferentes concentraciones de este sanitizante durante 15 min.



La **Figura 2** presenta los resultados de la inactivación de la población bacteriana después de 15 min de exposición al ácido peracético en las concentraciones recomendadas por el fabricante. Aunque se esperaba que el estándar de McFarland proporcionara una concentración microbiana inicial de aproximadamente 9 Log₁₀ UFC, los recuentos reales observados en las muestras control variaron entre 7,22 y 7,83 Log₁₀ UFC. Estos valores observados se utilizaron como línea de base para calcular la eficacia de los agentes sanitizantes. Puede inferirse que el ácido peracético fue ineficaz para eliminar las bacterias evaluadas cuando se aplicó en la concentración mínima recomendada (0,05%). Sin embargo, la concentración intermedia resultó eficaz frente a todas las bacterias excepto *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), mientras que la concentración más alta inactivó completamente todas las bacterias evaluadas. Cabe destacar que el ácido peracético fue el único sanitizante entre los evaluados que resultó eficaz frente a *P. aeruginosa*, aunque únicamente en la concentración máxima recomendada. Se considera que el ácido peracético actúa de manera similar a otros agentes oxidantes, reaccionando con proteínas y enzimas celulares^[6], y que su activi-

dad antimicrobiana aumenta a temperaturas elevadas (40°C)^[14]. Se ha informado una elevada tolerancia de *P. aeruginosa* a los sanitizantes de amonio cuaternario, especialmente cuando forma biofilms^[15], lo que sugiere que el ácido peracético puede ser una alternativa viable para el control de esta especie en ambientes de procesamiento de alimentos. De manera similar, Lee *et al.*^[16] demostraron que el ácido peracético al 2% redujo en 7 Log₁₀ UFC las poblaciones bacterianas de *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *P. aeruginosa* y *E. hirae* en un ensayo en suspensión después de 5 min de exposición. En estudios que evaluaron el efecto del ácido peracético sobre biofilms de *Salmonella* spp. y *S. aureus* en superficies de acero inoxidable, la concentración más baja evaluada (0,001%) inactivó 3,3 Log₁₀ UFC de *S. aureus* y redujo *Salmonella* spp. en 5,88 Log₁₀ UFC^[17]. Barbosa *et al.*^[18] informaron una reducción de 3,57 Log₁₀ UFC en cepas de *E. coli* sobre cuchillos de acero inoxidable después de 10 min de exposición a ácido peracético al 0,2%. Además, los biofilms formados por tres aislamientos de *Listeria monocytogenes* sobre acero inoxidable fueron inactivados casi por completo (~100%) después de 3 min de exposición a ácido peracético al 0,5%^[19].

La **Figura 3** muestra la sensibilidad bacteriana al hipoclorito de sodio después de 15 min de exposición a concentraciones de 0,2%, 0,6% y 1%. Al igual que con el ácido peracético, la concentración mínima recomendada resultó ineficaz frente a las cepas evaluadas. El hipoclorito de sodio fue eficaz en las concentraciones intermedia y máxima frente a todas las especies, excepto *P. aeruginosa* (ATCC 9027). El cloro ejerce efectos antimicrobianos mediante múltiples mecanismos, entre ellos la alteración de la permeabilidad de la membrana, la reducción del tamaño de las células bacterianas y la oxidación de las proteínas de superficie. Además, el ácido hipocloroso, la forma activa del hipoclorito de sodio, es más eficaz en ambientes ligeramente ácidos^[6]. Asimismo, Riazi y Matthews^[20] analizaron la reducción de microorganismos en discos de acero inoxidable y encontraron que la concentración más alta de hipoclorito de sodio evaluada (0,05%) fue eficaz frente a *S. aureus*, *S. Enteritidis* y *L. monocytogenes*, excepto frente a *P. aeruginosa*, cuya reducción fue de sólo 2 Log₁₀ UFC. Rosado *et al.*^[21] demostraron la eficacia del hipoclorito de sodio al 0,01%, durante 10 min de exposición, frente a biofilms de *Enterococcus*

faecalis y *Enterococcus faecium*, con reducciones de 1,40 y 2,74 Log₁₀ UFC, respectivamente. A pesar de la ineficacia del hipoclorito de sodio en todas las concentraciones evaluadas frente a *P. aeruginosa* (ATCC 9027), otros estudios han demostrado reducciones significativas de la población de esta especie mediante este agente. Kohler *et al.*^[22] verificaron una reducción de 5 Log₁₀ UFC de *P. aeruginosa* utilizando hipoclorito de sodio al 0,04% durante 15 min en ensayos de superficie con soportes de acero inoxidable en presencia de carga orgánica (albúmina sérica bovina). Discos de acero inoxidable que contenían *P. aeruginosa* fueron desinfectados con hipoclorito de sodio (1,31%) durante 4 min y se observó una reducción promedio de 8,75 Log₁₀ UFC^[23].

El cloruro de benzalconio, un compuesto de amonio cuaternario, presentó la mayor variación en la eficacia entre los sanitizantes evaluados (**Figura 4**). Cabe destacar que *Enterococcus hirae* (ATCC 8043) y *Listeria monocytogenes* (ATCC 35152) fueron los microorganismos más sensibles, ya que fueron completamente inactivados con la concentración más baja recomendada en la etiqueta del producto



**Representante Exclusivo
de Mercotac® en Argentina**

**Mercotac:
La Solución Definitiva
en Conectividad
Rotativa.**

Tecnología sin escobillas para una
transmisión de señal superior.

- Sin Mantenimiento
- Ruido Eléctrico Ultrabajo < 1mΩ
- Diseño Robusto y Larga Vida Útil
- Ideal para Packaging y Automatización Industrial

GIVOT SRL
Web: www.givot.com.ar
E-mail: info@givot.com.ar
Tel.: +54 911 2175-7419




(0,3%). Por el contrario, *Salmonella* Typhimurium (ATCC 14028) mostró tolerancia a este sanitizante tanto en la concentración intermedia como en la mínima, mientras que *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027) toleró incluso la concentración más alta de cloruro de benzalconio evaluada. A esta concentración máxima, todos los demás microorganismos evaluados fueron completamente inactivados.

Los compuestos de amonio cuaternario son surfactantes con carga positiva que se unen fácilmente a las superficies de carga negativa de la mayoría de los microorganismos, alterando las paredes y membranas celulares después de un contacto prolongado^[6]. Además, su actividad antimicrobiana aumenta a temperaturas más bajas (alrededor de 10°C)^[14], lo que hace que su uso sea práctico y económico, especialmente cuando se utiliza agua de pozo. Poimenidou *et al.*^[24] analizaron la resistencia de biofilms de *Listeria monocytogenes* sobre superficies de acero inoxidable a compuestos de amonio cuaternario e informaron una reducción promedio de 3,9 Log₁₀ UFC. De manera similar, Du *et al.*^[25] demostraron que un desinfectante a base de alcohol isopropílico/amonio cuaternario (0,02%) podía lograr una reducción de 4 Log de *Salmonella* después de 10–15 min, incluso en presencia de una cantidad considerable de carga orgánica.

La eficacia de los desinfectantes está influenciada por el tipo y la cantidad de material orgánico presente. Por ejemplo, Iñiguez-Moreno *et al.*^[17] encontraron que los sanitizantes a base de amonio cuaternario (400 mg/mL) fueron más eficaces en presencia de 10% de extracto de carne, mientras que los sanitizantes a base de ácido peracético (200 mg/mL) mostraron una mayor actividad en presencia de 10% de yema de huevo y leche entera. En el mismo estudio, se observaron reducciones de 1,21 Log₁₀ UFC para *Pseudomonas aeruginosa* sobre superficies de acero inoxidable después de 30 min, mientras que *L. monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* Enteritidis y *S. Typhimurium* presentaron reducciones de hasta 6 Log₁₀ UFC.

Aunque los compuestos de amonio cuaternario presentan un amplio espectro de actividad, por lo

general son menos eficaces frente a bacterias Gram negativas^[26], lo que podría explicar la menor eficacia del sanitizante frente a *S. Typhimurium* (ATCC 14028) y *P. aeruginosa* (ATCC 9027) en nuestros experimentos.

Entre los aislamientos evaluados, *P. aeruginosa* (ATCC 9027) demostró una tolerancia notablemente elevada a diversos agentes sanitizantes en las condiciones evaluadas. Este fenómeno ha sido documentado en otros estudios^[27,28], incluidos informes sobre la supervivencia de *P. aeruginosa* y *Pseudomonas cepacia* en soluciones a base de yodo y compuestos de amonio cuaternario^[28]. Las diferencias en la composición de los lipopolisacáridos (LPS) y un mayor contenido de iones Mg²⁺ en *P. aeruginosa* fortalecen las interacciones entre los LPS, aumentando la integridad de la membrana externa bacteriana. Además, la presencia de porinas de baja eficiencia limita la difusión molecular hacia el interior de la célula^[27], factores que probablemente contribuyen a las variaciones observadas en la susceptibilidad a los sanitizantes.

La definición de resistencia en el contexto de los agentes sanitizantes difiere de la utilizada para agentes antimicrobianos como los antibióticos. El término resistencia adquirida es más apropiado en este caso y, por lo general, se refiere a adaptaciones no mediadas por plásmidos que surgen cuando las poblaciones bacterianas son expuestas a concentraciones gradualmente crecientes de compuestos biocidas. Esta forma de resistencia suele estar relacionada con una tolerancia aparente resultante de la exposición a concentraciones subletales o ineficaces de sanitizantes, más que con verdaderas adaptaciones genéticas o fisiológicas de los microorganismos^[29].

El estudio realizado por Bernardi *et al.*^[30], en el que se evaluaron sanitizantes frente a hongos alterantes aislados de productos cárnicos y lácteos, reveló una discrepancia entre las concentraciones recomendadas por los fabricantes y las realmente utilizadas en la industria alimentaria. El ácido peracético fue el agente utilizado con mayor frecuencia (45%), seguido por los compuestos de biguanida

(25%), y se observaron patrones de uso similares tanto en la industria quesera como en la cárnica. Sin embargo, las concentraciones aplicadas se encontraban a menudo próximas a los niveles mínimos indicados en las etiquetas de los productos, lo que podría comprometer la eficacia microbiológica. En consecuencia, el uso recurrente de dosis subletales, junto con un conocimiento limitado de las concentraciones eficaces, puede favorecer la persistencia de microorganismos en los ambientes industriales. Esta tolerancia observada pone de manifiesto la necesidad de reevaluar también las concentraciones de los sanitizantes para el control bacteriano. Asimismo, la eficacia de los sanitizantes puede variar ampliamente entre especies y cepas, lo que destaca la importancia de aislar microorganismos directamente de los ambientes industriales y evaluar su susceptibilidad a los desinfectantes.

CONCLUSIONES

El ácido peracético, en las concentraciones recomendadas en la etiqueta del producto, fue el único sanitizante eficaz frente a todas las cepas bacterianas evaluadas (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterococcus hirae*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium y *Listeria monocytogenes*). Este agente representa la mejor alternativa para la industria alimentaria, especialmente en ambientes con una elevada diversidad microbiológica o en procesos que requieren una actividad antimicrobiana de amplio espectro.

El hipoclorito de sodio demostró una eficacia satisfactoria frente a la mayoría de los microorganismos evaluados, excepto frente a la bacteria alterante *P. aeruginosa*. Por lo tanto, puede ser una opción viable cuando los principales microorganismos objetivo son patógenos como *Salmonella* spp., *E. coli* o *S. aureus*, siempre que *P. aeruginosa* no constituya una preocupación significativa.

El amonio cuaternario, en forma de cloruro de benzalconio, mostró una elevada eficacia frente a *E. hirae* y *L. monocytogenes* incluso en la concentración mínima recomendada, lo que lo hace adecuado para ambientes en los que se prioriza el control de estos patógenos y donde se desea una menor agresividad química sobre las superficies.

En general, los datos sugieren que las concentraciones mínimas recomendadas por los fabricantes pueden ser insuficientes para garantizar un control microbiológico eficaz en los ambientes de la industria alimentaria. Por lo tanto, se recomienda un enfoque microbiológico basado en el riesgo, teniendo en cuenta la microbiota residente, las propiedades del sanitizante y las condiciones de aplicación, con el fin de optimizar la eficacia de la sanitización.

REFERENCIAS

1. **FAO; WHO.** Codex Alimentarius: Princípios Gerais de Higiene dos Alimentos – CXC 1-1969. FAO: Rome, Italy; WHO: Geneva, Switzerland, 2020.2.
2. **Falco, I.; Verdeguer, M.; Aznar, R.; Sanchez, G.; Randazzo, W.** Sanitizing food contact surfaces by the use of essential oils. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2019, 51, 220–228.
3. **Ziech, R.E.; Perin, A.P.; Lampugnani, C.; Sereno, M.J.; Viana, C.; Soares, V.M.; Pereira, J.G.; Pinto, J.P.A.N.; Bersot, L.S.** Biofilm producing ability and tolerance to industrial sanitizers in *Salmonella* spp. isolated from Brazilian poultry processing plants. *LWT-Food Sci. Technol.* 2016, 68, 85–90.
4. **Olszewska, M.A.; Zhao, T.; Doyle, M.P.** Inactivation and induction of sublethal injury of *Listeria monocytogenes* in biofilm treated with various sanitizers. *Food Control* 2016, 70, 371–379.
5. **Silva, S.; Stefanello, A.; Santos, B.; Fracari, J.; Le, G.; Copetti, M.V.** Factors that interfere in the action of sanitizers against ochratoxigenic fungi deteriorating dry-cured meat products. *Fermentation* 2023, 9, 83.
6. **Chauret, C.P. Sanitization.** In *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2nd ed.; Carl, A.B., Tortorello, M.L., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2014; pp. 360–364.
7. **Fong, D.; Gaulin, C.; Le, M.L.; Shum, M.** Disinfectants and Sanitizers for Use on Food Contact Surfaces: Evidence Review. 2011. Available online: https://nccch.ca/sites/default/files/Food_Contact_Surface_Sanitizers_Aug_2011.pdf (accessed on 13 August 2025).
8. **Wang, R.; Schmidt, J.W.; Harhay, D.M.; Bosilevac, J.M.; King, D.A.; Arthur, T.M.** Biofilm Formation, Antimicrobial Resistance, and Sanitizer Tolerance of *Salmonella enterica* Strains Isolated from Beef Trim. *Foodborne Pathog. Dis.* 2017, 14, 102–109.
9. **Ortega Morente, E.; Fernandez-Fuentes, M.A.; Grande Burgos, M.J.; Abriouel, H.; Perez Pulido, R.; Galvez, A.** Biocide Resistance in Bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2013, 162, 13–25.
10. **Andreoletti, O.; Budka, H.; Buncic, S.; Colin, P.; Collins, J.; De Koeijer, A.; Griffin, J.; Havelaar, A.; Hope, G.; Klein, G.; et al.** Foodborne antimicrobial resistance as a biological hazard. *EFSA J.* 2008, 6, 2. Available online: <https://www.bez->

pecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/EFSA_BIO-HAZ_rezistence.pdf (accessed on 1 July 2025).

11. Brasil. Resolução—RDC Nº 774. Diário Oficial da Uni.o, De 15 De Fevereiro De 2023. Available online: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-774-de-15-de-fevereiro-de-2023-465487847> (accessed on 1 July 2025).

12. Jaenisch, F.R.F.; Kuchiishi, S.S.; Coldebella, A. Atividade antibacteriana de desinfetantes para uso na produção orgânica de aves. *Cienc. Rural* 2010, 40, 384–388.

13. EN 13697:2023; Chemical Disinfectants and Antiseptics—Quantitative Non-Porous Surface Test for the Evaluation of Bactericidal and/or Fungicidal Activity. European Standard: Brussels, Belgium, 2023.

14. Stefanello, A.; Fracari, J.C.; Silva, M.; Lemos, J.G.; Garcia, M.V.; Santos, B.A.D.; Copetti, M.V. Influence of type, concentration, exposure time, temperature, and presence of organic load on the antifungal efficacy of industrial sanitizers against *Aspergillus brasiliensis* (ATCC 16404). *Food Microbiol.* 2021, 97, 103740.

15. Watson, S.C.; Neujahr, A.C.; Chaves, B.D.; Fernando, S.C.; Sullivan, G.A. Environmental monitoring of Nebraska ready-to-eat meat processing establishments resulted in the isolation of *Listeria* alongside *Pseudomonas* highly resistant to quaternary ammonia sanitizer. *J. Food Prot.* 2024, 87, 100391.

16. Lee, M.J.; Kim, Y.-S.; Cho, Y.H.; Park, H.-K.; Park, B.-K.; Lee, K.-H.; Kang, K.-J.; Jeon, D.-H.; Park, K.-H.; Ha, S.-D. Evaluation of efficacy of sanitizers and disinfectants marketed in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 2005, 37, 671–677.

17. Iniguez-Moreno, M.; Avila-Novoa, M.G.; Gutierrez-Lomeli, M. Resistance of pathogenic and spoilage microorganisms to disinfectants in the presence of organic matter and their residual effect on stainless steel and polypropylene. *J. Glob. Antimicrob. Resist.* 2018, 14, 197–201.

18. Barbosa, J.; Cuppini, M.; Flach, J.; Steffens, C. Removal of *Escherichia coli* in boning knives with different sanitizers. *LWT-Food Sci. Technol.* 2016, 71, 309–315.

19. Lee, S.H.; Barancelli, G.V.; de Camargo, T.M.; Corassin, C.H.; Rosim, R.E.; da Cruz, A.G.; Cappato, L.P.; de Oliveira, C.A.F. Biofilm-producing ability of *Listeria monocytogenes* isolates from Brazilian cheese processing plants. *Food Res. Int.* 2017, 91, 88–91.

20. Riaz, S.; Matthews, K.R. Failure of foodborne pathogens to develop resistance to sanitizers following repeated exposure to common sanitizers. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 2011, 65, 374–378.

21. Rosado, M.; Castro, D.; Fernandes, S.; Yorika, D.; Yoshiteru, A. Biofilm formation on stainless steel as a function of time and temperature and control through sanitizers. *Int. Dairy J.* 2017, 68, 9–16.

22. Kohler, A.T.; Rodloff, A.C.; Labahn, M.; Reinhardt, M.; Truyen, U.; Speck, S. Efficacy of sodium hypochlorite against multidrug resistant Gram-negative bacteria. *J. Hosp. Infect.* 2018, 100, 40–46.

23. Lineback, C.B.; Nkemngong, C.A.; Wu, S.T.; Li, X.; Teska, P.J.; Oliver, H.F. Hydrogen peroxide and sodium hypochlorite disinfectants are more effective against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms than quaternary ammonium compounds. *Antimicrob. Resist. Infect. Control* 2018, 7, 154.

24. Poimenidou, V.; Chrysadaku, M.; Tzakoniati, A.; Bikouli, V.C.; Nychas, G.; Skandamis, P.N. Variability of *Listeria monocytogenes* strains in biofilm formation on stainless steel and polystyrene materials and resistance to peracetic acid and quaternary ammonium compounds. *Int. J. Food Microbiol.* 2016, 237, 164–171.

25. Du, W.X.; Danyluk, M.D.; Harris, L.J. Efficacy of aqueous and alcohol-based quaternary ammonium sanitizers for reducing *Salmonella* in dusts generated in almond hulling and shelling facilities. *J. Food Sci.* 2010, 75, 7–13.

26. Nascimento, H.M.; Delgado, D.A.; Filomena, I. Avaliação da aplicação de agentes sanitizantes como controladores do crescimento microbiano na indústria alimentícia. *Rev. Ceciliansa* 2010, 2, 11–13.

27. McDonnell, G.; Russell, A.D. Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance. Available online: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9880479/> (accessed on 1 July 2025).

28. Berkelman, R.L.; Godley, J.; Weber, J.A.; Anderson, R.L.; Lerner, A.M.; Paterson, N.J.; Allen, J.R. *Pseudomonas cepacia* peritonitis associated with contamination of automatic peritoneal dialysis machines. *Ann. Intern. Med.* 1982, 94, 456–458.

29. van Dijk, H.F.G.; Verbrugh, H.A.; Abee, T.; Andriessen, J.W.; ter Kuile, B.H.; Mevius, D.J.; Montforts, M.H.M.; van Schaik, W.; Schmitt, H.; Smidt, H.; et al. Resisting disinfectants. *Commun. Med.* 2022, 2, 6.

30. Bernardi, A.O.; Stefanello, A.; Garcia, M.V.; Copetti, M.V. The control of cheese and meat product spoilage fungi by sanitizers: In vitro testing and food industry usage. *LWT* 2021, 144, 111204.

FUENTE:

Flores, V. do A.; Bernardi, A. O.; Tagliapietra, B. L.; Escalona, M.; da Silva, M. N.; Fracari, J. C.; Copetti, M. V.; Richards, N. S. P. dos S. Bacterial Inactivation by Common Food Industry Sanitizers. *Hygiene*, 2025, 5, 36. DOI: 10.3390/hygiene5030036. Artículo de acceso abierto distribuido bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



**PROVEEDOR, DESDE 1973, DE LAS
EMPRESAS LÍDERES DEL MERCADO.**

- **SISTEMA DE PANELERÍA MODULAR**
- **NAVES Y CÁMARAS FRIGORÍFICAS**
- **PUERTAS FRIGORÍFICAS**
- **FREEZER Y HELADERAS A ABSORCIÓN**
- **FREEZER Y HELADERAS A 12 VOLTIOS**
- **CONSERVADORAS DE HIELO**
- **HELADERAS CARNICERAS**
- **EXPOSITORAS VERTICALES**



+54 (0343) 495-1490



www.mthsrl.com.ar



[mthsrl.argentina](https://www.instagram.com/mthsrl.argentina)



[mthsrl.argentina](https://www.facebook.com/mthsrl.argentina)

Biofilms en el procesamiento de alimentos: repensando las estrategias de desinfección en la era de la resistencia

Ana Magdalena, Seila Agún, Judith Álvarez, Lucía Fernández y Pilar García*

Instituto de Productos Lácteos de Asturias. Oviedo, Asturias, España.

*pgarcia@ipla.csic.es

Las industrias de alimentos siguen enfrentándose al reto de combatir los biofilms microbianos, es decir, comunidades estructuradas complejas, ancladas a superficies o flotantes, que proliferan en diversos entornos, desde las líneas de producción hasta las instalaciones de almacenamiento. Si bien el saneamiento ha sido durante mucho tiempo fundamental para el control de la contaminación, la resiliencia de los biofilms socava continuamente las prácticas de limpieza convencionales, lo que provoca daños en los equipos, un aumento de los costos operativos, el deterioro de los alimentos y brotes recurrentes de enfermedades transmitidas por los alimentos. La adaptabilidad y diversidad de los microorganismos formadores de biofilms, marcadas por la evolución de sus mecanismos de resistencia, revelan las deficiencias de las prácticas de saneamiento convencionales y la gestión de la higiene actual, y resaltan la necesidad de soluciones integradas y sostenibles que cumplan con los marcos regulatorios y antimicrobianos vigentes. Además, las opciones contra los biofilms se ven limitadas por la grave amenaza de la resistencia a antimicrobianos a lo largo de la cadena de producción de alimentos y, posteriormente, en la comunidad de consumidores. Esta revisión sintetiza los avances sobre biofilms bacterianos y sus mecanismos de resistencia a las medidas de desinfección en entornos de procesamiento de alimentos. Evaluamos críticamente las limitaciones de los métodos de descontaminación estándar y analizamos las soluciones emergentes, especialmente su potencial para mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos, así como su viabilidad en términos de costo y sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

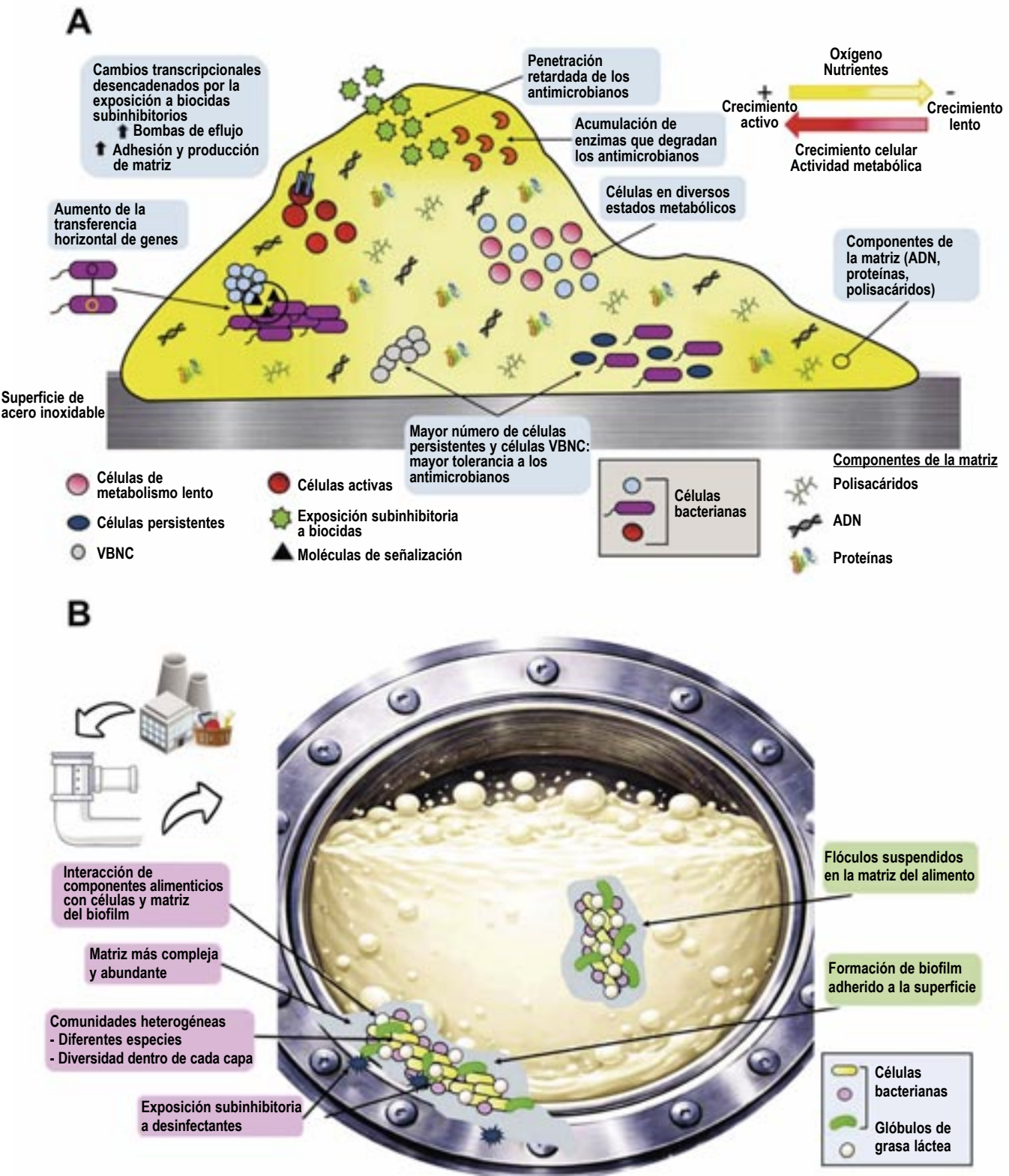
Una desinfección eficaz es fundamental para garantizar la calidad de los alimentos, la inocuidad del consumidor y la salud de los trabajadores en los sistemas de producción de alimentos. Sin embargo, su compleja infraestructura, los nichos húmedos y los residuos de nutrientes actúan como reservorios de bacterias patógenas y de deterioro debido a la presencia de comunidades complejas conocidas como biofilms. De hecho, el último informe de la EFSA^[29] confirma que la persistencia mediada por biofilms es un problema importante aún sin resolver en la higiene alimentaria. Estas estructuras presentan una mayor tolerancia a los desinfectantes, antibióticos y condiciones de estrés gracias a mecanismos estructurales, fisiológicos y adaptativos coordinados (**Figura 1a**). Los biofilms también participan en la propagación de la resistencia antimicrobiana, especialmente al facilitar la transferencia horizontal de genes, y actualmente se reconocen como actores centrales en la contaminación microbiana en la industria procesadora de alimentos^[4].

Tradicionalmente, la descontaminación de superficies consiste en el uso de desinfectantes, pero estos productos pueden, en ocasiones, promover resistencia cruzada con los antibióticos, ya que la exposición bacteriana puede impulsar la evolución mediante la selección de mutaciones o, a concentraciones subletales, modular la expresión de sistemas de eflujo de múltiples fármacos, porinas o genes implicados en la formación de biofilms^[45]. En este contexto, la Unión Europea (Reglamento (UE) n.º 528/2012) ha reducido los límites máximos de

residuos para desinfectantes, mientras que las normas internacionales del Codex Alimentarius promueven el uso responsable de biocidas y programas de higiene integrados^[6]. Estos marcos tienen como objetivo frenar la aparición de cepas resistentes y fomentar la innovación, pero su implementación en

la industria alimentaria sigue siendo un proceso complejo y continuo. Por lo tanto, es evidente que necesitamos identificar nuevos agentes y desarrollar protocolos novedosos para abordar la eliminación de biofilms que no contribuyan a la crisis de resistencia.

Figura 1



Características y desafíos específicos de los biofilms asociados a los alimentos

La composición y el comportamiento de los biofilms formados en entornos alimentarios están fuertemente condicionados por su contexto (**Figura 1b**). Por ejemplo, las superficies de acero inoxidable soportan biofilms más delgados y que se desprenden con mayor facilidad que los materiales plásticos y de caucho [25]. Además, las matrices ricas en nutrientes crean ambientes químicos complejos que influyen en la composición de la matriz extracelular, las interacciones microbianas y los rasgos de resistencia[1,21]. Asimismo, las comunidades microbianas industriales pueden formarse como biofilms superficiales secos en condiciones de baja humedad[3], o como agregados o flóculos suspendidos en la interfaz aire-líquido, que pueden sobrevivir en circuitos líquidos y volver a adherirse aguas abajo[35]. Además de liberar agregados microbianos, el esfuerzo cortante parece promover la formación de biofilms in situ[42]. Todos estos factores afectan la composición, la estructura y la fisiología del biofilm, lo que hace necesario diseñar modelos in vitro que reflejen fielmente las condiciones de escenarios reales. Este es, sin duda, un desafío clave para comprender mejor estas estructuras y combatirlas.

Los biofilms de entornos alimentarios son altamente heterogéneos y abarcan una amplia gama de bacterias, virus, levaduras y hongos. De hecho, el microbioma del procesamiento de alimentos está demostrando ser aún más complejo y diverso de lo esperado[4,9]. Asimismo, el estilo de vida del biofilm promueve la diversidad genotípica y fenotípica en células derivadas de la misma cepa[30]. Una característica distintiva de los biofilms de especies mixtas es su mayor resistencia a los antimicrobianos, incluidos los desinfectantes, y su tolerancia al estrés ambiental. Esta característica a veces se relaciona con la presencia de una matriz extracelular más compleja y abundante o con interacciones sinérgicas entre especies. Por ejemplo, los biofilms duales de *Escherichia coli* y *Salmonella enterica* mostraron una mayor resistencia al cloro, mientras que los biofilms mixtos de *Vibrio parahaemolyticus* y

Shewanella putrefaciens mostraron una mayor tolerancia a la inactivación fotodinámica[20,39]. Esta naturaleza polimicrobiana de los biofilms debe considerarse en el diseño de modelos in vitro para probar estrategias antimicrobianas y de eliminación. De lo contrario, los resultados obtenidos podrían no predecir con precisión su éxito a nivel de la industria alimentaria.

Métodos de desinfección convencionales: ventajas y limitaciones.

Los desinfectantes químicos siguen siendo ampliamente utilizados por su amplia actividad antimicrobiana y bajo costo. Sin embargo, su eficacia en ciertas condiciones propias de los entornos industriales se ve reducida debido a la inactivación por materia orgánica y a la limitada penetración a través de biofilms, situación que se agrava en condiciones de baja humedad[12]. Otros factores, como el material de la superficie, la cobertura irregular del desinfectante, la dilución y los residuos orgánicos derivados de una limpieza insuficiente, pueden dificultar aún más su rendimiento. Estas condiciones pueden generar gradientes de concentración que favorecen la adaptación o la adquisición de genes de resistencia en cepas susceptibles, problemas que pueden mitigarse mediante el uso rotacional de desinfectantes y una evaluación integral de riesgos[15]. En este contexto, la exposición repetida a residuos de desinfectante subletales, frecuente en la desinfección industrial, resulta especialmente preocupante. Este fenómeno puede inducir tolerancia cruzada y promover la transferencia horizontal de determinantes de resistencia en patógenos como *Salmonella enterica*[47]. Además, los desinfectantes modulan la evolución de los biofilms al inducir cambios composicionales (taxones más abundantes) y estructurales (arquitectura y composición de la matriz)[48]. Cabe destacar que, en algunos casos, la adquisición de tolerancia puede implicar costos de aptitud en términos de tasa de crecimiento o competitividad[28].

La toxicidad ambiental (especialmente para los organismos acuáticos) de múltiples desinfectantes químicos es otro problema potencial. En este senti-

do, el ozono y el agua electrolizada (AE) son opciones más adecuadas debido a su mínimo impacto ambiental. El ozono se utiliza para la desinfección de agua, superficies y productos frescos, pero su corta vida media y su eficacia reducida en presencia de materia orgánica limitan sus aplicaciones. El AE se utiliza para la desinfección de vegetales y superficies, aunque su actividad se ve influenciada por el pH, las especies de cloro y la carga orgánica, lo que requiere un control cuidadoso para un rendimiento constante^[26].

En cuanto a las estrategias de desinfección física, se pueden utilizar pulverizadores electrostáticos para mejorar la unión de las partículas desinfectantes a las superficies al conferirles una carga eléctrica. Esto mejora la cobertura de la superficie y favorece la eficacia. El tratamiento térmico es otro método común debido a su rapidez y rentabilidad, pero puede dañar materiales sensibles al calor, aumentar los costos energéticos y permitir la supervivencia de bacterias termorresistentes. Además, componentes alimentarios como la grasa de la leche pueden proteger las células bacterianas de la exposición a altas temperaturas^[21]. Estudios recientes han explorado la desinfección mediante ultrasonido, que induce cavitación y altera la estructura de la matriz del biofilm. Su eficacia puede mejorarse combinándolo con agentes antimicrobianos o tensioactivos^[27]. Sin embargo, los biofilms pueden adaptarse al ultrasonido transformando sus polisacáridos extracelulares de un estado sólido débil a un gel cohesivo y resistente^[46].

Aunque algunos desinfectantes pueden inhibir la formación de biofilm en la etapa de adhesión, los biocidas, incluso combinados con métodos físicos, suelen ser más eficaces contra las células planctónicas que contra los biofilms maduros. No obstante, la erradicación completa del biofilm sigue siendo esencial, ya que las células muertas residuales, así como las persistentes y las células viables pero no cultivables (VBNC), pueden promover el rebrote bacteriano durante los ciclos de procesamiento posteriores^[3,5]. Esto se debe principalmente a que los componentes celulares liberados durante la lisis (p. ej., ADN o proteínas) contribuyen a estabilizar la matriz y sirven como nutrientes para las células supervivientes. Las bacterias muertas también pueden facilitar la adhe-

sión de células planctónicas vivas^[5]. Esto pone de relieve el riesgo de depender únicamente de los métodos de eliminación de biofilms y la importancia de implementar estrategias preventivas.

Estrategias emergentes en el control de biofilms

La optimización de los sistemas de higiene requerirá el uso de estrategias multifacéticas, limitando así el desarrollo de resistencia a los biocidas y minimizando la generación de residuos potencialmente tóxicos. Las innovaciones recientes en este campo buscan complementar los protocolos actuales aprovechando los últimos avances científicos y tecnológicos. A lo largo de esta sección, analizaremos algunas de las opciones más prometedoras para reducir el riesgo de contaminación microbiana en la industria alimentaria (**Tabla 1**).

Inhibidores de quorum sensing

La formación de biofilms está estrechamente relacionada con el quorum sensing (QS), que regula la adhesión, la producción de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) y la virulencia. La inhibición del QS busca interrumpir la comunicación en lugar de matar las células, previniendo la maduración de la biopelícula y reduciendo la presión selectiva para la resistencia^[14]. Los compuestos naturales, como los fenoles vegetales, pueden actuar como inhibidores de QS^[34]. Las enzimas AHL-lactonasa/acilasa y las bacterias con actividad de extinción de quórum (QQ) (por ejemplo, *Bacillus* spp. productoras de lactonasa) también son candidatas viables. Si bien ambas son seguras, los compuestos derivados de plantas representan una opción más sostenible y asequible, especialmente si provienen de subproductos de la industria alimentaria.

Dado que estas moléculas actúan sobre dianas diferentes a las de los antibióticos, es improbable que se produzca resistencia cruzada. Algunos compuestos QQ incluso aumentan la susceptibilidad bacteriana al modular la expresión de las bombas de eflujo^[18]. Sin embargo, las cascadas regulatorias son complejas y, bajo la presión de los antibióticos, la resistencia podría surgir por mutaciones en los receptores QS^[10]. Aunque esto no se ha observado en entornos alimentarios, el impacto de los biocidas justifica un estudio más profundo.

Tabla 1 - Estudios representativos recientes sobre superficies antimicrobianas y antibiofilm diseñadas [19,21,41,44]

Material de la superficie	Estrategia de ingeniería	Microorganismo objetivo	Acción antimicrobiana/ antibiofilm
Titanio (Ti)	Fabricación hidrotermal de superficies micro/	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>	Reducción de la adhesión bacteriana mediante estrés mecánico nanoestructuradas de TiO ₂
Polímero	Microreplicación biomimética (pétalo de rosa, piel de tiburón y hoja de planta)	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i>	Reducción de la adhesión bacteriana
Polímero	Topografía de microrrelieves que imita los denticulos dérmicos	<i>S. aureus</i> , biofilms mixtos	Acción antiincrustante mediante la alteración de la adhesión bacteriana
Acero inoxidable	Micro/nanotexturizado inducido por láser que imita superficies antimicrobianas naturales	<i>E. coli</i>	Alteración física de la adhesión bacteriana e inhibición del desarrollo
Superficies nanopatronadas	Matrices de nanopilares	Bacterias Gram positivas y Gram negativas	Deformación y ruptura de la membrana celular
Superficies nanoestructuradas	Nanoestructuras que imitan alas de insectos	Múltiples bacterias	Obstrucción física de las membranas bacterianas
Superficies nanoestructuradas basadas en MOF	Crecimiento epitaxial de estructuras de armazones metal-orgánicos de nanopilares	<i>E. coli</i>	Efecto bactericida
Membranas compuestas de arcilla con zwitteriones	Recubrimiento híbrido funcional con liberación de iones antimicrobianos	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Candida albicans</i>	Fuerte actividad antibacteriana y antifúngica
Películas de fibroína de quitosano/seda modificadas por plasma	Modificación superficial por plasma que altera la química y la topografía a nanoescala	Biofilms bacterianos	Reducción de la formación de biofilm

Un desafío importante es la complejidad de los biofilms multiespecie, ya que los sistemas QS varían entre especies y los inhibidores pueden no ser ampliamente efectivos. Se necesita una comprensión más profunda de las interacciones interespecíficas y metabólicas para mejorar la especificidad. Además, la estabilidad de la enzima QQ en condiciones de limpieza (pH, temperatura, detergentes) puede ser limitante^[17], aunque los avances en ingeniería enzimática, modelado molecular y enfoques combinatorios están mejorando su rendimiento.

Finalmente, es esencial evaluar la compatibilidad de los inhibidores QS con los procesos y regulaciones alimentarias. Dado que estos compuestos no matan directamente a los microorganismos, quedan fuera de las definiciones antimicrobianas convencionales,

lo que genera incertidumbre en la evaluación de riesgos, el etiquetado y la evaluación de residuos, y retrasa su adopción industrial. No obstante, los inhibidores de QS derivados de subproductos de la industria alimentaria podrían enfrentar menos obstáculos regulatorios. Si bien existen evidencias prometedoras provenientes de modelos y estudios in vitro/in situ a escala piloto, aún se requieren ensayos a escala industrial, evaluación de durabilidad y costos, y análisis regulatorios antes de su implementación generalizada en plantas de procesamiento de alimentos.

Terapia con fagos y aplicaciones probióticas

Los bacteriófagos y las enzimas líticas derivadas de fagos han mostrado resultados prometedores contra biofilms formados por patógenos importantes,

como *L. monocytogenes* y *S. aureus*^[7,22,49]. Su alta especificidad de diana los convierte en buenos candidatos en términos de falta de toxicidad e inocuidad para bacterias no diana, preservando así los microorganismos beneficiosos. Sin embargo, su eficacia en matrices alimentarias puede depender de factores ambientales, incluida la temperatura^[22]. Las despolimerasas de exopolisacáridos derivadas de fagos también son candidatas interesantes para la disrupción de biofilms mediante la degradación de EPS y la facilitación del acceso posterior de antimicrobianos a las células ubicadas en las capas profundas de la biopelícula^[11]. Cabe destacar que las proteínas líticas no seleccionan fácilmente células resistentes. Además, los mutantes resistentes a fagos generalmente no son resistentes a los antibióticos y, en algunos casos, incluso recuperan la susceptibilidad a los antibióticos. Por ejemplo, las cepas de SARM (*Staphylococcus aureus* resistente a meticilina) resistentes a algunos fagos estafilocócicos mostraron una mayor susceptibilidad a los antibióticos y una virulencia atenuada^[40]. Al igual que otros antimicrobianos, los fagos deben aplicarse en condiciones definidas (p. ej., dosis y momento de aplicación eficaces) para evitar efectos indeseados.

Un estudio reciente informó que la depredación por fagos podría contribuir a la propagación de plásmidos que codifican determinantes de resistencia a los antibióticos al alterar la organización espacial de las poblaciones bacterianas adheridas, facilitando así la conjugación^[32]. Quizás este riesgo pueda reducirse controlando la dosis y el momento de aplicación para evitar que queden microcolonias dispersas propensas a la conjugación. Además, a pesar del desarrollo continuo de marcos regulatorios^[43], ya existen en el mercado productos basados en fagos para aplicaciones de inocuidad alimentaria, como Phageguard L y Phageguard S, contra *Listeria* y *Salmonella*, respectivamente (Mircos Food Safety B.V.). Sin embargo, el elevado costo de producción y los desafíos de escalabilidad limitan el desarrollo de productos basados en enzimas líticas de fagos destinados a la descontaminación de superficies.

Las cepas probióticas y los postbióticos (microorganismos inactivados y/o sus componentes estructurales) representan otra frontera prometedora^[33]. Al colonizar superficies y competir con las bacterias

patógenas por espacio y recursos, pueden ayudar a restablecer comunidades microbianas benignas, al tiempo que suprimen indirectamente la formación de biofilms de microorganismos no deseados. Por ejemplo, las bacterias lácticas pueden colonizar nichos en entornos de procesamiento, limitando el establecimiento de *Listeria*^[16]. Se están realizando investigaciones para determinar las cepas óptimas y los modos de aplicación, ya sea como enjuagues de superficies, recubrimientos o integrados en ciclos de limpieza. Los postbióticos han demostrado una inhibición y disrupción efectivas de los biofilms de *L. monocytogenes* en acero inoxidable, cloruro de polivinilo y superficies de alimentos^[23]. Considerando la aceptación que tienen los probióticos en la industria alimentaria, la aplicación de estas bacterias o sus productos derivados como desinfectantes tiene una alta probabilidad de implementarse relativamente rápido. Ya existen varios productos de limpieza que contienen bacterias probióticas que son adecuados para aplicaciones en la industria alimentaria^[38]. Sin embargo, cabe destacar que tanto los productos derivados de fagos como los probióticos presentan un mayor riesgo de inactivación que los desinfectantes debido a su naturaleza biológica.

Ingeniería de superficies y tecnologías antiadherentes

Una estrategia novedosa y prometedora para mitigar la contaminación por biofilms se centra en prevenir la adhesión inicial de bacterias a las superficies mediante el desarrollo de técnicas avanzadas de ingeniería de superficies y tecnologías antiadherentes. Sin embargo, aún es necesario demostrar que estas superficies modificadas mantienen su eficacia bajo el desgaste industrial, los ciclos de limpieza repetidos y la exposición a condiciones adversas. Asimismo, existen desafíos como la aprobación regulatoria de los materiales de contacto y la garantía de su rentabilidad para la implementación a gran escala. De hecho, en entornos alimentarios, la mayoría de los prototipos se encuentran en etapas piloto o preindustriales. Las propiedades de la superficie, como la rugosidad, la hidrofobicidad y la carga, influyen notablemente en la adhesión microbiana. Los avances en nanotecnología y ciencia de los materiales han permitido el desarrollo de superficies

antiadherentes, autolimpiantes o bactericidas para aplicaciones en contacto con alimentos. Por ejemplo, el acero inoxidable nanoestructurado producido mediante plasma o grabado electroquímico reduce significativamente la colonización bacteriana al modificar la energía superficial y la topografía a nanoescala^[19]. A su vez, los recubrimientos de polímeros hidrofóbicos y los compuestos sol-gel pueden optimizarse para limitar la retención de residuos orgánicos y películas de agua que favorecen el crecimiento de biofilms^[41]. Los sistemas más sofisticados emplean recubrimientos funcionalizados o biomiméticos capaces de liberar agentes antimicrobianos o enzimas ante estímulos ambientales, proporcionando propiedades antiadherentes y control activo^[44]. Las superficies inspiradas en la microtopografía de la piel de tiburón o las alas de insectos han demostrado reducciones de hasta el 80% en la adhesión bacteriana en pruebas recientes a escala de laboratorio. El progreso futuro probablemente dependerá del desarrollo de superficies híbridas duraderas que combinen propiedades pasivas (antiadherentes) y activas (antimicrobianas reactivas), integradas con tecnologías de monitorización en tiempo real para evaluar la higiene de la superficie de forma dinámica. Los avances en este campo reducirían drásticamente la necesidad de agentes de eliminación potencialmente tóxicos y sistemas de detección sofisticados.

Monitoreo en tiempo real y gestión de la higiene basada en datos

Tecnologías de detección y monitoreo

La detección temprana de la formación de biofilms es esencial para optimizar la frecuencia y la eficacia de la limpieza. Los avances recientes incluyen métodos ópticos como la imagen hiperespectral y de infrarrojo cercano, capaces de detectar el crecimiento de biofilms de forma no invasiva en superficies de acero inoxidable y polímeros en contextos de contacto con alimentos^[2]. Paralelamente, los biosensores electroquímicos, en particular los sistemas microfabricados basados en impedancia, pueden proporcionar un monitoreo continuo y en tiempo real del desarrollo de biofilms y su respuesta a la lim-

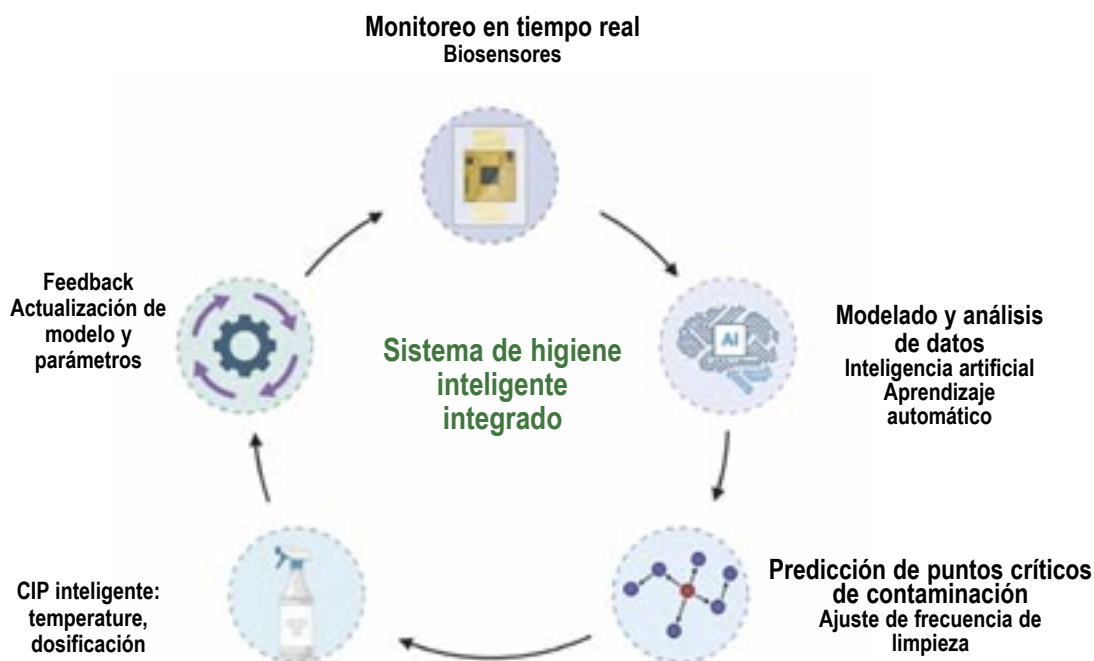
pieza o a los tratamientos antimicrobianos^[24]. La investigación actual avanza hacia plataformas de detección miniaturizadas, portátiles y basadas en biofilms que combinan capacidades de autolimpieza e inalámbricas, ofreciendo el potencial para el monitoreo continuo de la higiene in situ en entornos industriales^[36].

Un avance importante sería la implementación de enfoques de Internet de las Cosas (IoT) en el procesamiento de alimentos. Estos métodos permiten el monitoreo en tiempo real, mediante sensores y dispositivos interconectados, de variables relevantes para la higiene alimentaria: temperatura, humedad, tránsito peatonal, tránsito superficial y posible contaminación. En forma simultánea, estos sistemas permiten optimizar el uso de agua, energía y agentes de limpieza. Además, los sistemas digitales que recopilan, almacenan y analizan datos de higiene, y muestran mapas de calor de áreas de riesgo, pueden ayudar a dirigir mejor los recursos de limpieza^[8]. Todas estas herramientas permitirían una intervención más rápida que los métodos convencionales y se están adaptando para su integración en sistemas automatizados de limpieza in situ.

Modelado predictivo e inteligencia artificial

Más allá de las intervenciones puntuales, el control de biofilms requiere enfoques integrados a nivel de sistema que combinen prevención, detección y eliminación selectiva (**Figura 2**). Aprovechando los avances recientes en el monitoreo en tiempo real, la investigación actual se orienta hacia sistemas de higiene basados en datos que combinan sensores, análisis y limpieza adaptativa. En estos sistemas, los datos de los biosensores se procesan mediante aprendizaje automático o modelos basados en el riesgo para predecir puntos críticos de contaminación y optimizar la frecuencia de desinfección^[37]. La retroalimentación continua también se puede utilizar para ajustar automáticamente parámetros en sistemas inteligentes de limpieza in situ, como el caudal, la temperatura o la dosificación de productos químicos, minimizando el uso de recursos y manteniendo la eficiencia. Más allá de la integración de sensores, la inteligencia artificial (IA) se está aplican-

Figura 2 - Representación esquemática de un Sistema Integrado Inteligente de Higiene. La monitorización en tiempo real mediante biosensores proporciona datos continuos que se analizan y modelan utilizando inteligencia artificial y algoritmos de aprendizaje automático. Estos análisis permiten predecir puntos críticos de contaminación y optimizar los parámetros de limpieza (por ejemplo, temperatura, dosificación y frecuencia). La retroalimentación del rendimiento del sistema actualiza los modelos y parámetros, creando un ciclo de gestión de la higiene auto-adaptativo.



do cada vez más a otras áreas de optimización de la higiene. Por ejemplo, los modelos de aprendizaje automático entrenados con datos del genoma completo de *L. monocytogenes* predijeron con precisión la tolerancia a desinfectantes comunes, proporcionando una base cuantitativa para decisiones de limpieza basadas en el riesgo^[13].

Sistemas de gestión integrados

También cabe mencionar la aparición de marcos conceptuales más amplios que integran IA y blockchain para mejorar la trazabilidad, la gestión predictiva de la higiene y el intercambio seguro de datos entre sistemas de procesamiento^[31]. De manera similar, se implementan sistemas de trazabilidad basados en blockchain en plantas de procesamiento para monitorear las cargas microbianas a lo largo de las operaciones de la cadena de frío. El objetivo final es un sistema de higiene donde el monitoreo continuo y el análisis de datos guíen las intervenciones proactivas, reduciendo la persistencia de biofilms y la dependencia de desinfectantes. Las principales

innovaciones en la gestión de la higiene incluyen la digitalización del cumplimiento normativo, respaldada por herramientas móviles y basadas en la nube. Por ejemplo, las plataformas novedosas permiten reemplazar el papel en la gestión del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC); los paneles centralizados pueden proporcionar una visión del estado de limpieza y saneamiento en todos los turnos, plantas y establecimientos, facilitando una gestión más proactiva; y el análisis de datos históricos de higiene puede ayudar a identificar patrones y áreas problemáticas recurrentes, optimizar los recursos de limpieza y reducir el tiempo de inactividad y los costos. Otra posibilidad es el desarrollo de herramientas para la anticipación de riesgos (por ejemplo, predecir cuándo una superficie necesitará limpieza antes de convertirse en una fuente de contaminación). Finalmente, el uso de realidad aumentada o ayudas digitales puede emplearse para capacitar al personal de limpieza, guiarlo con instrucciones en tiempo real y resaltar los puntos críticos de riesgo.

Retos y limitaciones

Si bien las perspectivas son prometedoras, algunos aspectos requieren un estudio más profundo. La eficacia de algunas tecnologías de detección y monitoreo a escala industrial aún no se ha demostrado, y su implementación enfrenta ciertos obstáculos. Cabe destacar que, en muchos casos, algunos de los instrumentos mencionados implicarían una inversión significativa y requerirían personal especializado. Es fundamental que estos sistemas se validen en las condiciones cambiantes de una planta de procesamiento real. En cuanto al modelado predictivo, estos modelos requieren mayor validación y perfeccionamiento antes de su implementación industrial. Una desventaja importante radica en la necesidad de incorporar datos sobre la expresión génica diferencial bajo diferentes condiciones ambientales y composiciones de la comunidad microbiana.

Finalmente, el siguiente gran desafío de los sistemas de gestión integrados radica en la interoperabilidad: conectar biosensores, equipos de limpieza y plataformas de datos en un marco digital unificado capaz de adaptarse a la variabilidad real del procesamiento. Cabe señalar, sin embargo, que la automatización y digitalización generalizadas del procesamiento de alimentos requerirían importantes costos de implementación y mantenimiento. La dependencia total de estas tecnologías también podría aumentar el riesgo de amenazas a la ciberseguridad y limitar la autonomía de los pequeños productores.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

A pesar de la rápida expansión de las estrategias de control de biofilms propuestas para la industria alimentaria, una evaluación crítica de la literatura revela que la mayoría de los enfoques siguen validados principalmente en condiciones de laboratorio simplificadas. Muchos estudios se basan en biofilms de una sola especie y en sistemas experimentales estáticos que reflejan de forma deficiente la estructura multispecie y las condiciones dinámicas típicas de los entornos de procesamiento de alimentos. Esta discrepancia sigue limitando la aplicación de tecnologías antibiofilms prometedoras en la práctica industrial. La evidencia actual sugiere que las

estrategias dirigidas a un solo mecanismo rara vez proporcionan un control sostenido de comunidades de biofilms complejas. En cambio, se está prestando cada vez más atención a enfoques integrados que combinan la ingeniería preventiva de superficies, la disrupción selectiva de biofilms y estrategias ecológicas capaces de modular la dinámica de la comunidad microbiana. Por lo tanto, la investigación futura debería centrarse en el desarrollo de modelos de biofilms estandarizados y relevantes para la industria, así como en la evaluación de la escalabilidad, la viabilidad económica y la compatibilidad normativa. El avance en la gestión eficaz de biofilms requerirá, en última instancia, la colaboración interdisciplinaria para conectar la innovación experimental con las limitaciones operativas de los sistemas reales de procesamiento de alimentos.

REFERENCIAS

1. Agún S, Fernández L, Rodríguez A, García P: Milk promotes the development of complex, protein-rich biofilms in *Staphylococcus aureus* and limits the efficacy of phage-based eradication strategies. *LWT* 2025, 228:118056, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118056>
2. Allende-Prieto C, Fernández L, Rodríguez-González P, García P, Rodríguez A, Recondo C, Martínez B: Advances in the detection and identification of bacterial biofilms through NIR spectroscopy. *Foods* 2025, 14:913, <https://doi.org/10.3390/foods14060913>
3. Alonso VPP, Gonçalves MPMBB, de Brito FAE, Barboza GR, Rocha LO, Silva NCC: Dry surface biofilms in the food processing industry: an overview on surface characteristics, adhesion and biofilm formation, detection of biofilms, and dry sanitization methods. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2023, 22:688-713, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13089>
4. Barcenilla C, Cobo-Díaz JF, Puente A, Valentino V, De Filippis F, Ercolini D, Carlino N, Pinto F, Segata N, Prieto M, López M, Álvarez-Ordóñez A: In-depth characterization of food and environmental microbiomes across different meat processing plants. *Microbiome* 2024, 15:199, <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01856-3>
5. Barros AC, Narciso DAC, Melo LF, Pereira A: Influence of dead cells killed by industrial biocides (BAC and DBNPA) on biofilm formation. *Antibiotics* 2024, 13:140, <https://doi.org/10.3390/antibiotics13020140>. In this paper, the authors showed the importance of the efficiency and the type of chemical compound for the result of the disinfection process, as the percentage of dead cells is a key factor for the structure of the newly formed biofilm.
6. Codex Alimentarius Com.: General Principles of Food Hygiene (CXG 1-1969). FAO/WHO, Rome; 2023.
7. Cucić S, Ells T, Guri A, Kropinski AM, Khursigara CM, Anany H: Degradation of *Listeria monocytogenes* biofilm by phages belonging to the genus *Pecentumvirus*. *Appl Environ Microbiol* 2024, 90:e0106223, <https://doi.org/10.1128/aem.01062-23>

8. **Dadhaneeya H, Nema PK, Kumar Arora VK:** Internet of Things in food processing and its potential in Industry 4.0 era: a review. *Trends Food Sci Technol* 2023, 139:104109, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.006>. This review discusses how the IoT is transforming food processing within the Industry 4.0 era. It highlights key applications such as real-time monitoring, energy optimization, food safety, and traceability, contributing to the development of smart factories. The paper also addresses major implementation challenges and outlines future research directions for effective technological integration.
9. **De Filippis F, Valentino V, Yap M, Cabrera-Rubio R, Barcenilla C, Carlino N, Cobo-Díaz JF, Quijada NM, Calvete-Torre I, Ruas-Madiedo P, Sabater C, Sequino G, Pasolli E, Wagner M, Margolles A, Segata N, Álvarez-Ordóñez A, Cotter PD, Ercolini D:** Microbiome mapping in dairy industry reveals new species and genes for probiotic and bioprotective activities. *NPJ Biofilms Microbiomes* 2024, 10:67, <https://doi.org/10.1038/s41522-024-00541-5>
10. **Ding F, Han L, Xue Y, Yang IT, Fan X, Tang R, Zhang C, Zhu M, Tian X, Shao P, Zhang M:** Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* is predisposed to lasR mutation through up-regulated activity of efflux pumps in non-cystic fibrosis bronchiectasis patients. *Front Cell Infect Microbiol* 2022, 12:934439, <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.934439>
11. **Duarte AC, Fernández L, Jurado A, Campelo AB, Shen Y, Rodríguez A, García P:** Synergistic removal of *Staphylococcus aureus* biofilms by using a combination of phage Kayvirus rodi with the exopolysaccharide depolymerase Dpo7. *Front Microbiol* 2024, 15:1438022, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1438022>
12. **Duggan K, Shepherd M, Maillard J:** Susceptibility of *Salmonella enterica* Typhimurium dry surface biofilms to disinfection. *J Food Saf* 2024, 44:e13117, <https://doi.org/10.1111/jfs.13117>
13. **Gmeiner A, Ivanova M, Njage PMK, Hansen LT, Chindelevitch L, Leekitcharoenphon P:** Quantitative prediction of disinfectant tolerance in *Listeria monocytogenes* using whole genome sequencing and machine learning. *Sci Rep* 2025, 15:10382, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94321-6>
14. **Halim B, Waturangi DE, Yulandi A:** Control of biofilm from single and multispecies bacteria associated with food spoilage using metabolite of *Streptomyces* sp. KP110 and *Pseudomonas fluorescens* JB 3B. *Sci Rep* 2025, 15:23956, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-09259-6>
15. **He Y, Xu T, Li S, Mann DA, Britton B, Oliver HF, Bakker HCD, Deng X:** Integrative assessment of reduced *Listeria monocytogenes*. Susceptibility to benzalkonium chloride in produce processing environments. *Appl Environ Microbiol* 2022, 88:e0126922, <https://doi.org/10.1128/aem.01269-22>
16. **Hossain MI, Mizan MFR, Ashrafudoulla M, Nahar S, Joo H-J, Jahid IK, Park SH, Kim K-S, Ha S-D:** Inhibitory effects of probiotic potential lactic acid bacteria isolated from kimchi against *Listeria monocytogenes* biofilm on lettuce, stainless-steel surfaces, and MBEC™ biofilm device. *LWT* 2020, 118:108864, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108864>
17. **Jacobson R, Castonguay C, Elias MH:** Durable formulations of quorum quenching enzymes. *Sci Rep* 2025, 15:27435, <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12623-1>
18. **Junsheng L, Zhennan W, Yuexiang Z, Wei W, Shi T, Aiqun J:** 1H-Pyrrole-2,5-dicarboxylic acid, a quorum sensing inhibitor from one endophytic fungus in *Areca catechu* L., acts as antibiotic accelerant against *Pseudomonas aeruginosa*. *Front Cell Infect Microbiol* 2024, 14:1413728, <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1413728>
19. **Krawczynska AT, Michalicha A, Suchecki P, Budniak K, Roguska A, Kerber M, Setman D, Spychalski M, Adamczyk-Cieslak B, Liedke MO, Butterling M, Hirschmann E, Wagner A, Lewandowska M, Belcarz A:** Enhancing anti-adhesion properties by designing microstructure – the microscopy and spectroscopy study of the intercellular bacterial response. *Sci Rep* 2024, 14:24549, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75045-5>
20. **Lin Z, Wang G, Li S, Zhou L, Yang H:** Dual-species biofilms formed by *Escherichia coli* and *Salmonella* enhance chlorine tolerance. *Appl Environ Microbiol* 2022, 88:e0148222, <https://doi.org/10.1128/aem.01482-22>
21. **Liu Z, Liu Y, He J, Pei X, Lin Y, Magnani M, Liu D, Ding T, Feng J:** Milkfat influences thermal tolerance and biofilm formation of *Salmonella* Typhimurium during pasteurization. *Food Res Int* 2025, 221:117538, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117538>
22. **Magdalena A, Braz M, Ruffo V, Agún S, Calvo R, García P, Fernández L:** Isolation of a new myovirus, phiPLA-LAVI, with potential for biocontrol application in the dairy industry. *Food Res Int* 2022, 222:117666, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117666>
23. **Masebe RD, Thantsha MS:** Anti-biofilm activity of cell free supernatants of selected lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes* isolated from avocado and cucumber fruits, and from an avocado processing plant. *Foods* 2022, 11:2872, <https://doi.org/10.3390/foods11182872>
24. **McGlennen M, Dieser M, Foreman CM, Warnat S:** Monitoring biofilm growth and dispersal in real-time with impedance biosensors. *J Ind Microbiol Biotechnol* 2023, 50:kuad022, <https://doi.org/10.1093/jimb/kuad022>
25. **Medina C, Manriquez D, Gonzalez-Córdova BA, Pacha PA, Vidal JM, Oliva R, Latorre AA:** Biofilm-forming ability of *Staphylococcus aureus* on materials commonly found in milking equipment surfaces. *J Dairy Sci* 2025, 108:3382-3389, <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25416>
26. **Mendoza IC, Luna EO, Pozo MD, Vásquez MV, Montoya DC, Moran GC, Romero LG, Yépez X, Salazar R, Romero-Peña M, León JC:** Conventional and non-conventional disinfection methods to prevent microbial contamination in minimally processed fruits and vegetables. *LWT* 2022, 165:113714, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113714>
27. **Niu B, Sun Y, Niu Y, Qiao S:** Ultrasound treatment combined with rhamnolipids for eliminating the biofilm of *Bacillus cereus*. *Microorganisms* 2024, 12:2478, <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122478>
28. **Nordholt N, Kanaris O, Schmidt SBI, Schreiber F:** Persistence against benzalkonium chloride promotes rapid evolution of tolerance during periodic disinfection. *Nat Commun* 2021, 12:6792, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27019-8>
29. **Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) EFSA, Koutsoumanis K, Allende A, Bolton D, Bover-Cid S, Chemaly M, De Cesare A, Herman L, Hilbert F, Lindqvist R, Nauta M, Nonno R, Peixe L, Ru G, Simmons M, Skandamis P, Suffredini E, Fox E, Gosling RB, Gil BM, Alvarez-Ordóñez A:** Persistence of microbiological hazards in food and feed production and processing environments. *EFSA J Eur Food Saf Auth* 2024, 22:e8521, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8521>
30. **Penesyan A, Paulsen IT, Kjelleberg S, Gillings MR:** Three faces of biofilms: a microbial lifestyle, a nascent multicellular organism, and an incubator for diversity. *NPJ Biofilms Microbiomes* 2021, 7:80, <https://doi.org/10.1038/s41522-021-00251-2>

31.Reem CSA, Chowdhury MAH, Ashrafudoulla M, Ha SD: Leveraging blockchain and AI for biofilm control in food processing environments. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2025, 24:e70261, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70261>

32. Ruan C, Ramoneda J, Kan A, Rudge TJ, Wang G, Johnson DR: Phage predation accelerates the spread of plasmid-encoded antibiotic resistance. *Nat Commun* 2024, 15:5397, <https://doi.org/10.1038/s41467-024-49840-7>. This article is a very disruptive work about the influence of phage infection on the spatial distribution of cells inside the biofilm and how this has a crucial influence on the intercommunication and on the transfer of genetic material.

33.Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EMM, Sanders ME, Shamir R, Swann JR, Szajewska H, Vinderola G: Author Correction: the International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2022, 19:551, <https://doi.org/10.1038/s41575-022-00628-4>

34.Santos CA, Lima EMF, Franco BDGM, Pinto UM: Exploring phenolic compounds as quorum sensing inhibitors in foodborne bacteria. *Front Microbiol* 2021, 12:735931, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.735931>

35. Sauer K, Stoodley P, Goeres DM, Hall-Stoodley L, Burmølle M, Stewart PS, Bjarnsholt T: The biofilm life cycle: expanding the conceptual model of biofilm formation. *Nat Rev Microbiol* 2022, 20:608-620, <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00767-0>. This review presents evidence for a different concept of the biofilm development cycle, showing that these structures can be formed without attaching to a solid surface. This broadens our vision of bacterial communities and provides new solutions for biofilm understanding and removal.

36.Shafaat A, Gonzalez-Martinez JF, Silva WO, Lesch A, Nagar B, Lopes da Silva Z, Neilands J, Sotres J, Björklund S, Girault H, Ruzgas T: A rapidly responsive sensor for wireless detection of early and mature microbial biofilms. *Angew Chem* 2023, 62:e202308181, <https://doi.org/10.1002/anie.202308181>

37.Simeone A, Woolley E, Escrig J, Watson NJ: Intelligent industrial cleaning: a multi-sensor approach utilising machine learning- based regression. *Sensors* 2020, 20:3642, <https://doi.org/10.3390/s20133642>

38.Stone W, Tolmay J, Tucker K, Wolfaardt GM: Disinfectant, soap or probiotic cleaning? Surface microbiome diversity and biofilm competitive exclusion. *Microorganisms* 2020, 8:1726, <https://doi.org/10.3390/microorganisms8111726>

39.Tan L, Li H, Chen B, Huang J, Li Y, Zheng H, Liu H, Zhao Y, Wang JJ: Dual-species biofilms formation of *Vibrio parahaemolyticus* and *Shewanella putrefaciens* and their tolerance to photodynamic inactivation. *Food Control* 2021, 125:107983, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107983>

40. Tran M, Hernandez Viera AJ, Tran Q, Nilsen P, Tran ED, Y L, Mo C: Bacteriophage infection drives loss of β -lactam resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *eLife* 2025, 13:RP102743, <https://doi.org/10.7554/eLife.102743.3>. This is a very interesting study showing that phage selective pressure alters gene expression, leading to a decrease in the virulence and antibiotic resistance of *S. aureus* cells.

41.Tripathi A, Park J, Pho T, Champion JA: Dual antibacterial properties of copper-coated nanotextured stainless steel. *Small* 2024, 20:e2311546, <https://doi.org/10.1002/sml.202311546>

42.Tsagkari E, Connelly S, Liu Z, McBride A, Sloan WT: The role of shear dynamics in biofilm formation. *NPJ Biofilms Microbiomes* 2022, 8:33, <https://doi.org/10.1038/s41522-022-00300-4>

43.Wang X, Abdullahi Mahmoud A, Elafify M, Zhang S, Liao X, Ding T, Ahn J: Regulatory challenges and industrial applications of phages and phage-encoded enzymes for food safety. *Food Control* 2026, 181:111788, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111788>

44.Wu X, Zou X, Wang D, Li M, Zhao B, Xia Y, Wang H, Liang C: Revealing the mechanical impact of biomimetic nanostructures on bacterial behavior. *Coatings* 2024, 14:860, <https://doi.org/10.3390/coatings14070860>

45.Wu-Chen RA, Feng J, Elhadidy M, Nambiar RB, Liao X, Yue M, Ding T: Long-term exposure to food-grade disinfectants causes cross-resistance to antibiotics in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium strains with different antibiograms and sequence types. *Antimicrob Resist Infect Control* 2023, 12:145, <https://doi.org/10.1186/s13756-023-01333-w>

46.Xia W, Cai Q, Wu H, Li J, Zhou Z, Huang C, Cheng B: Improve antibiofilm efficacy of ultrasound by modulating the phase transition of exopolysaccharides. *Ultrason Sonochem* 2024, 112:107100, <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107100>

47.Zarei M, Paknejad M, Eskandari MH: Sublethal chlorine stress promotes the biofilm-forming ability of *Salmonella enterica* serovars enteritidis and expression of the related genes. *Food Microbiol* 2023, 112:104232, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104232>

48.Zhang T, Li K, Liu X: DBP-FP change of biofilm in drinking water distribution system induced by sequential UV and chlorine disinfection: effect of UV dose and influencing mechanism. *Environ Pollut* 2023, 338:122716, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122716>

49.Zhang K, Zhao X, Cao Q, Chong Q, Fan Z, Zhi J, He J, Wang J, Wang Z, Cheng M, Xiao M, Wang Z, Xue H, Gou H: Antibacterial activity of endolysin LysP70 from *Listeria monocytogenes* phage. *Front Microbiol* 2025, 16:1566041, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1566041>

FUENTE:

Traducido y adaptado de Magdalena A, Agún S, Álvarez J, Fernández L, García P. Biofilms in food processing: Rethinking disinfection strategies in the resistance era. *Current Opinion in Food Science*. 2026;70:101416. DOI: 10.1016/j.cofs.2026.101416. Publicado originalmente por Elsevier bajo licencia Creative Commons CC BY 4.0.



GUÍA DE PROVEEDORES ANUNCIANTES

INDICE ALFABÉTICO

ASEMA S.A.

Ruta Provincial N°2 al 3900 (Km 13)
(3014) Monte Vera -
Santa Fe - Arg.
Tel.: (54 342) 490-4600 Líneas rot. Fax: (54 342) 490-4600
asema@asema.com.ar
www.asema.com.ar
Asesoramiento, diseño y fabricación de equipos para la industria alimentaria, transportes sala de despostes y empaque. Tanques sanitarios. Intercambiadores de calor. Tecnología en concentración y secado. Túneles de congelado I.Q.F.

BACIGALUPO

9 de Julio 2189 (1702)
Ciudadela - Bs. A. - Argentina
Tel.: (54 11) 6009-9696
wApp: +549 11 6994 4830
alimentos@bacigalupo.com.ar
www.bacigalupo.com.ar
Fábrica de caramelo líquido natural, colorante caramelo líquido natural. Salsas de frutilla, caramelo, chocolate, durazno y maracuyá. Productos elaborados con azúcar de primera calidad. Asesoramiento y desarrollo de productos en laboratorio propio.

DEIMAN ARGENTINA

Madariaga 1187
(B1852AHI) Burzaco
Prov. Buenos Aires - Arg.
Tel.: 7503-0988
info@deiman.com.ar
www.deiman.com.ar
Empresa dedicada a la elaboración de esencias para la industria alimentaria. Sabores de calidad con innovación, tecnología y compromiso. Amplia variedad de dulces, salados, cítricos, picantes y panificados.

FRIO RAF SA

Lisando de la Torre 958
(S2300DAT) Rafaela - Santa Fe - Arg.
Tel.: (54 3492) 43 2174
info@frioraf.com
www.frioraf.com
Experiencia, tecnología, servicio y calidad en refrigeración industrial.

FULL COMPLEMENTS INDUMENTARIA

Av. Alberdi 2145
(1406) CABA, Argentina
Tel.: +54 9 11 6913-6050
WhatsApp: +54 9 11 6913-6050
info.fullcomplements@gmail.com
www.fullcomplements.com.ar
Indumentaria para el sector gastronómico y la industria alimentaria. Uniformes para elaboración y salón. Vestimos tu negocio.

GIVOT SRL

Diag. Salta 1074
(B1640) Martínez,
Prov. Buenos Aires - Arg.
Tel.: 54 11 2175-7419
info@givot.com.ar
www.givot.com.ar
GIVOT es el distribuidor exclusivo de Mercotac para Argentina, Chile y Uruguay.

INGREDIENTS SOLUTIONS S.A.

J.A.CABRERA 3568, 1°PISO
(C1186AAP) CABA - ARGENTINA
Tel.: (54 11) 4861-6603
info@ingredients-solutions.com
www.ingredients-solutions.com
Soluciones integrales en agentes de batido. Estabilizantes y agentes de textura Tailor Made. Deshidratados naturales. Enzimas, preservantes y antioxidantes naturales. Ingredientes nutricionales. Colorantes naturales. Edulcorantes. Aromas.

IONICS

José Ingenieros 2475 (B1610ESC)
B° Ricardo Rojas - Tigre - Arg.
Tel.: (54 11) 2150-6670 al 74
comercial@ionics.com.ar
www.ionics.com.ar
Ionización gamma de: Alimentos - Agronómicos - Nutracéuticos - Farmacéuticos - Cosméticos - Dispositivos médicos - Veterinarios - Domisanitarios.

IP INSUMOS PATAGONIA SRL

Av. Argentina 6625 (C1439HEG)
CABA - Arg.
Tel.: (54 11) 2104-8523 / 3055
(54 11) 2105-6473 / 9812
(54 11) 4686-5299
info@insumospatagonia.com.ar
www.insumospatagonia.com.ar
Proteínas, Carrageninas, Fosfatos, Conservantes y Sistemas Funcionales para la Industria Alimentaria.

MEDIGLOVE

Pedro Mendoza 1883 (B1686)
Hurlingham - Bs. As. - Argentina
Tel. y wApp: (54 911) 3199 0590
Skype: leonardo.menconi
115301-5394
ventas@mediglove.com.ar
www.mediglove.com.ar
Especialistas en guantes descartables de látex, nitrilo, vinilo, polietileno y domésticos.

MERCOFRÍO SA

Av. Roque Sáenz Peña 719
(S2300) Rafaela
Santa Fe - Argentina
Tel.: (54 3492) 452191/433162/ 503162
http://www.mercofrío.com.ar
Servicio Post Venta, mantenimiento, puesta en servicio, ingeniería y supervisión de obras de equipos frigoríficos

NOVA S.A.U.

RN9 Km 373,9, S2500.
Cañada de Gómez, Santa Fe
Teléfono: +54 9 03471 422312
info@laboratoriosnova.com
www.laboratoriosnova.com
Desarrollo y producción de enzimas

REFRIGERATION QUALITY SERVICE S.A.

Lisandro de la Torre 931
(2300) Rafaela –
Prov. Santa Fe – Arg.
Tel.: 0800-444-3746
www.rqs-sa.com
Nos enfocamos en la ejecución de servicios técnicos como reparación de compresores recíprocos y de tornillos, intercambiadores de calor a placas, automatización y monitoreo de componentes/ sistemas y estudios predictivos como análisis de vibraciones y termografías.

SIMES S.A.

Ruta Provincial N°2 altura 3800
(3014) MONTE VERA – SANTA FE
Tel.: (54 342) 412-5308 / 412-6073
ventas@simes-sa.com.ar
info@simes-sa.com.ar
Calidad y tecnología argentina para la industria de proceso.
Equipos de mezclado. Bombas inox sanitarias.

TESTO

Yerbal 5266 4° Piso
(C1407EBN) CABA - Argentina
Tel.: (54 11) 4683 -5050
Fax: (54 11) 4683-2020
info@testo.com.ar / www.testo.com.ar
Instrumentos de medición para la verificación y monitoreo de calidad de los alimentos.

VMC REFRIGERACIÓN

Av. Roque Sáenz Peña 729
(S2300) Rafaela
Prov. Santa Fe – Arg.
Tel.: (54 3492) 432277/87
ventas@vmc.com.ar;
www.vmc.com.ar
Producción, instalación y puesta en marcha de sistemas de frío industrial.

ÍNDICE DE ANUNCIANTES

ARGENTINA ALIMENTA	R.T.	INGREDIENTS SOLUTIONS	29
ALACCTA	19	JENCK	35
BACIGALUPO	23	MEDITECNA	9
FITHEP LATAM 2026	R.C.T.	MTH	59
FLOSAMA	15	RQS	49
FRIIO RAF	25	SIMES	25
FULL COMPLEMENTS	47	TECNOALIMENTARIA	C.T.
GIVOT	55	TESTO	39
IONICS	T-1	TWINS	13

STAFF

AGOSTO 2026

PRESIDENTE

Néstor E. Galibert

DIRECTORA GENERAL:

Prof. Ana María Galibert

DIRECCIÓN EDITORIAL:

M.V. Néstor Galibert (h)

RELAC. INTERNAC.:

M. Cristina Galibert

DIRECCIÓN, REDACCIÓN Y ADM.

Av. Honorio Pueyrredón 550 - Piso 1
(1405) CABA - ARGENTINA
Tel.: 54-11-6009-3067
info@publitec.com.ar
http://www.publitec.com.ar
C.U.I.T. N° 30-51955403-4
ESTA REVISTA ES PROPIEDAD DE
PUBLITEC S.A.E.C.Y.M.

PROPIEDAD INTELECTUAL: 82776227

IMPRESIÓN

BUSCHI EXPRESS
Uruguay 235 - Villa Martelli
Buenos Aires - Argentina
(+54 11) 4709-7452
www.buschiexpress.com.ar

VISITE NUESTRAS REVISTAS ONLINE:

WWW.PUBLITEC.COM.AR

PUBLITEC ES MIEMBRO DE:



Próxima Edición

24^a
FITHEP 20
EXPOALIMENTARIA 27
LATINOAMERICANA

Del 30 de mayo al 2 de junio

 **Pabellón Azul | La Rural**
Buenos Aires | Argentina

Organiza



Publitech S.A.
EDITORA

Y sus revistas

Heladería • Panadería
LATINOAMERICANA

Tecnología Láctea
LATINOAMERICANA

La Alimentación
LATINOAMERICANA

La Industria Cárnica
LATINOAMERICANA

info@publitech.com

www.publitech.com | www.fithep-expoalimentaria.com



I Máster Feria Córdoba TecnoAlimentaria

14, 15 y 16 de OCTUBRE DE 2026

CENTRO DE CONVENCIONES CÓRDOBA
CÓRDOBA | ARGENTINA

Organiza



Aliados estratégicos



info@publitec.com.ar

WhatsApp +54-9-11-4055-4640

Teléfono: +54-11-6009-3067

www.publitec.com

Instagram Feria TecnoAlimentaria

X FeriaTecnoAlim

LinkedIn feriatecnoalimentaria



Auspicios

