

Hernández Urzúa

Microbiología de los alimentos

*Fundamentos y aplicaciones
en Ciencias de la Salud*



EDITORIAL MEDICA
panamericana

Microbiología de los Alimentos

*Fundamentos y Aplicaciones
en Ciencias de la Salud*

D. en C. MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ URZÚA

Químico Farmacobiólogo, egresado de la Universidad de Guadalajara

Maestría y Doctorado en Inmunología, Universidad de Guadalajara

Profesor del Departamento de Ciencias de la Salud, Centro Universitario Tonalá,
Universidad de Guadalajara

Profesor del Área de Ciencias de la Salud, Campus Inglaterra, Universidad
Guadalajara LAMAR

Guadalajara, Jalisco



BUENOS AIRES • BOGOTÁ • CARACAS • MADRID • MÉXICO • PORTO ALEGRE

www.medicapanamericana.com

Titulo de la obra: *Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*
© 2016, Miguel Ángel Hernández Urzúa
© 2016, Editorial Médica Panamericana, S.A. de C.V.

Los editores han hecho todos los esfuerzos para localizar a los poseedores del copyright del material fuente utilizado. Si inadvertidamente hubieran omitido alguno, con gusto harán los arreglos necesarios en la primera oportunidad que se les presente para tal fin.

Gracias por comprar el original. Este libro es producto del esfuerzo de profesionales como usted, o de sus profesores, si usted es estudiante. Tenga en cuenta que fotocopiarlo es una falta de respeto hacia ellos y un robo de sus derechos intelectuales.

Las ciencias de la salud están en permanente cambio. A medida que las nuevas investigaciones y la experiencia clínica amplían nuestro conocimiento, se requieren modificaciones en las modalidades terapéuticas y en los tratamientos farmacológicos. Los autores de esta obra han verificado toda la información con fuentes confiables para asegurarse de que ésta sea completa y acorde con los estándares aceptados en el momento de la publicación. Sin embargo, en vista de la posibilidad de un error humano o de cambios en las ciencias de la salud, ni los autores, ni la editorial o cualquier otra persona implicada en la preparación o la publicación de este trabajo, garantizan que la totalidad de la información aquí contenida sea exacta o completa y no se responsabilizan por errores u omisiones o por los resultados obtenidos del uso de esta información. Se aconseja a los lectores confirmarla con otras fuentes. Por ejemplo, y en particular, se recomienda a los lectores revisar el prospecto de cada fármaco que planean administrar para cerciorarse de que la información contenida en este libro sea correcta y que no se hayan producido cambios en las dosis sugeridas o en las contraindicaciones para su administración. Esta recomendación cobra especial importancia con relación a fármacos nuevos o de uso infrecuente.



Visite nuestra página web:
www.medicapanamericana.com

ARGENTINA

Marcelo T. de Alvear 2145 (1122), Buenos Aires, Argentina.
Tels.: (54-11) 4821-5520 / 2060 / Fax: (54-11) 4821-1214
e-mail: info@medicapanamericana.com

COLOMBIA

Carrera 7a A No. 69-19, Bogotá, Colombia.
Tel.: (57-1) 345-4508 / 314-5014
Fax: (57-1) 314-5015 / 345-0019
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.co

ESPAÑA

Quintanapalla no 8, Planta 4ª (28050) - Madrid, España
Tel.: (34-91) 1317800 / Fax: (34-91) 4570919
e-mail: info@medicapanamericana.es

MÉXICO

Hegel No. 141, 2do. piso, Col. Polanco V Sección,
Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11560 - D.F., México
Tels.: (52-55) 5250-0664 / 5203-0176 /
Fax: (52-55) 2624-2827
e-mail: infomp@medicapanamericana.com.mx

VENEZUELA

Edificio Polar, Torre Oeste, Piso 6, Of. 6-C
Plaza Venezuela, Urbanización Los Caobos
Parroquia El Recreo, Municipio Libertador Caracas
Depto. Capital, Venezuela.
Tels.: (58-212) 793-2857/6906/5985/1666 Fax: (58-212) 793-5885
e-mail: info@medicapanamericana.com.ve

ISBN 978-607-9356-84-2 (versión impresa)
ISBN 978-607-9356-85-9 (versión electrónica)

Hernández Urzúa, Miguel Ángel, autor.

Microbiología de los alimentos : fundamentos y aplicaciones en ciencias de la salud. — México, D.F. : Editorial Médica Panamericana, 2016.

xiv, 232 páginas) : ilustraciones ; 27 cm

Incluye índice

978-607-9356-84-2 (versión impresa)

1. Alimentos - Microbiología. 2. Contaminación de los alimentos - Análisis. 3. Contaminación de los alimentos - Aspectos de la salud. 4. Leyes de salud pública - México. I. Título.

664.001579-scdd21

Biblioteca Nacional de México



Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, grabación o por cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin el permiso previo de Editorial Médica Panamericana, S.A. de C.V.

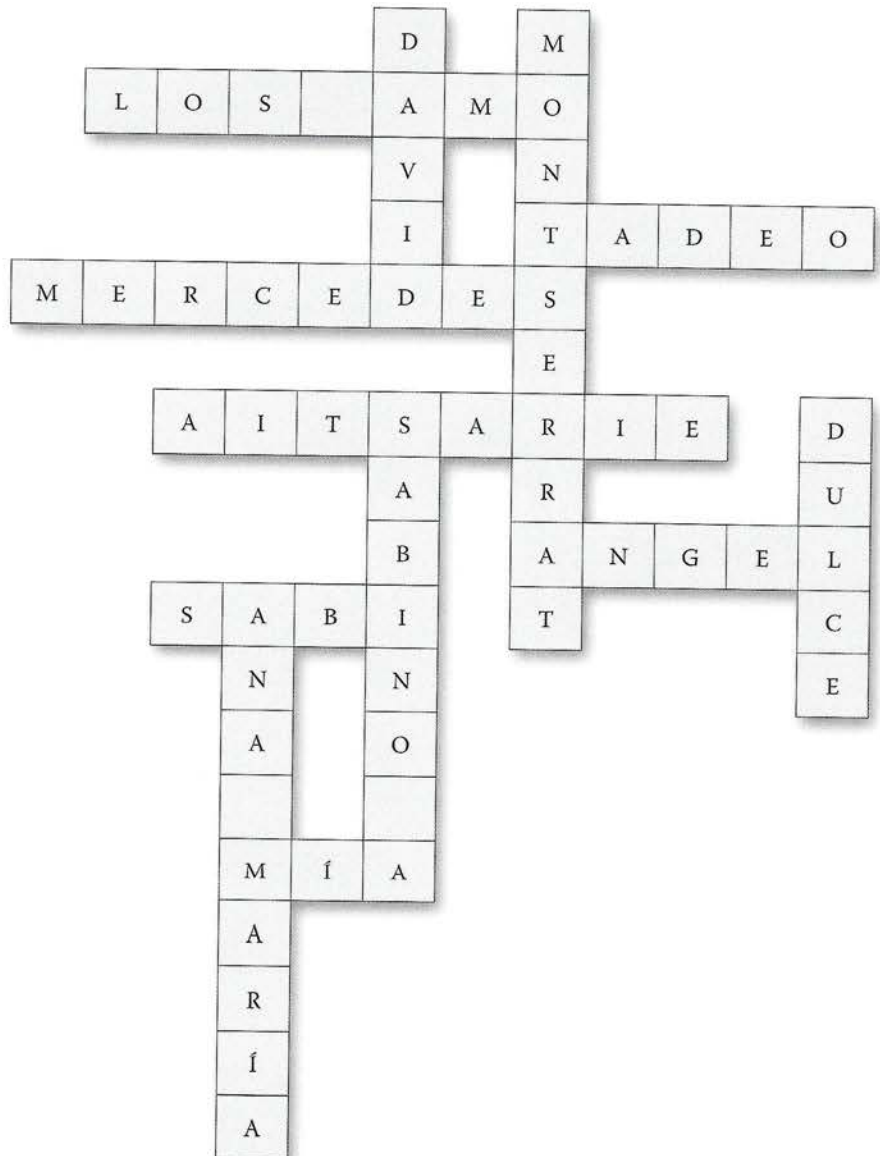
Edición impresa publicada en enero 2016

Edición electrónica publicada en enero 2016

© 2016. EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A. DE C.V.
Hegel No. 141 2do. piso Col. Polanco V Sección,
Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11560, México, D.F.

Dedicatoria

A MI FAMILIA



Prólogo

DRA. ANGÉLICA LUIS JUAN MORALES

Profesor Investigador

Centro Universitario Ciencias Biológicas

y Agropecuarias

Universidad de Guadalajara

Guadalajara, Jalisco

Ante una nueva era de la microbiología de los alimentos, marcada por un avance radical en la disciplina, se deben afrontar los cambios producidos mediante conocimientos, técnicas y experiencias necesarios.

El presente libro “Microbiología de los Alimentos. *Fundamentos y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*” tiene como propósito poner a disposición información actualizada sobre microbiología de alimentos.

La obra consta de tres partes y 15 capítulos. La parte I, Aspectos generales, trata de generalidades de la microbiología de los alimentos, microbiología básica, mecanismos de contaminación de los alimentos y factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos. La parte II, Patógenos involucrados en las enfermedades transmitidas por alimentos, aborda los temas de enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales, bacterias patógenas que causan infecciones intestinales, enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos, virus transmitidos por los alimentos, micotoxinas transmitidas por los alimentos y mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos. La parte III, Detección y control de las enfermedades transmitidas por alimentos, incluye grupos microbianos indicadores de calidad, garantía de calidad microbiológica de los alimentos, detección de la contaminación microbiana en los alimentos, análisis de riesgos y puntos críticos de control, y legislación sanitaria en alimentos.

El libro tiene una secuencia lógica, sistemática y concisa. En cada capítulo se incluyen cuadros, ilustraciones y una síntesis del contenido. Se estimula al lector a ir más allá de la información escrita ya que en versión electrónica se proporcionan preguntas para autoevaluación, actividades que le apoyarán en el estudio, enlaces para el autoaprendizaje y una breve bibliografía actualizada y selecta.

Nuestro agradecimiento al Dr. Miguel Ángel Hernández Urzúa por su preparación, esfuerzo y dedicación en la elaboración de esta obra, que seguramente será de gran utilidad como libro de consulta fundamental para estudiantes de licenciatura, así como para profesionales relacionados con la salud pública y otros interesados en la seguridad alimentaria.

Agradecimiento

A Dios

No cabe duda que “Dios sabe porque hace las cosas”. Esta frase nos cae como anillo al dedo a mí y a esta obra. Enseguida sabrán a lo que me refiero.

Una vez que terminé mi servicio social y quería titularme en la Facultad de Ciencias Químicas, no encontraba un tutor que me diera asesoría sobre bacteriología médica, así que acabé realizando mi tesis en el área de la microbiología de los alimentos. En un laboratorio particular, durante nueve meses, realicé un estudio sobre el control microbiológico de ensaladas crudas en comedores industriales. Presenté mi trabajo de investigación, me fue bastante bien en el examen de grado, y pensé que se cerraría ese capítulo de mi carrera.

Durante unos meses trabajé en la Secretaría de Salud, en el área de microbiología médica, pero por diversas causas no renové contrato y me decidí por ingresar al posgrado en inmunología, en la Universidad de Guadalajara, en donde se llevó a cabo una investigación acerca del efecto de la contaminación ambiental sobre el sistema inmunitario. Un poco antes de que terminara mi beca, una compañera del doctorado me invitó a suplirla como docente en una universidad particular. En ese semestre impartí Bases de Bioquímica en la carrera de nutrición; pero, en la primera oportunidad que tuve, solicité la clase de Microbiología de los Alimentos, ya que era algo conocido para mí.

La directora de la carrera me facilitó el programa de la asignatura y comencé la preparación de mis sesiones. Llevé a cabo una recopilación minuciosa de la información, la redacté de manera sencilla y traté de desarrollar los temas en forma práctica. Así, durante varios años, fui puliendo los datos hasta que se volvieron el principal material de apoyo para la materia. En una ocasión, la misma directora me sugirió someter a revisión ese manual por parte de una casa editorial. La obra fue preaprobada, pero hubo cambio de editor; perdí el contacto y no se publicó. Pensé de nueva cuenta que se cerraría ese capítulo en mi vida.

Tuvieron que pasar algunos años para que retomara el proyecto; actualicé la información, rediseñé imágenes, volví a redactar y reenvié el trabajo a otra casa editorial. Pasados unos meses, me llamaron para una entrevista con el editor. Recuerdo que me comentó que tenía otros trabajos sobre el área y me preguntó “por qué consideraba que mi libro sería la mejor opción”. Entonces le contesté “en el mercado hay más obras, pero están dedicadas a profesionales que ya tienen dominio sobre el tema. No hay un texto que sea útil para un estudiante. Para qué quiero un libro especializado, del cual sólo aprovecho un 30%, cuando puedo utilizar una obra menos extensa, más práctica y sencilla, y cuya utilidad es del 100%. Parece que ese argumento me valió. Luego de un tiempo, iniciamos la etapa del proceso de edición y, finalmente, contamos con la publicación que tienes en tus manos. Pero esta vez, espero que no se cierre el capítulo.

Las cosas se aclararon, la guía de Dios me permitió enfrentar las situaciones y obstáculos que se cruzaron en la elaboración de esta obra. Es difícil poder vislumbrar el bosque completo cuando estamos debajo de un gran árbol que crece por encima de nuestra cabeza, pero todo llega...tarde o temprano.

D. en C. Miguel Ángel Hernández Urzúa

Reconocimiento por asesoría

CAPÍTULO 1

Q.F.B. ANA MARÍA SOTO MORALES

Laboratorio Clínico, Centro de Salud No. 4,
Secretaría de Salud de Jalisco
Guadalajara, Jalisco

CAPÍTULO 5

DR. JORGE ADRIÁN CHUCK SEPÚLVEDA

Médico Pediatra y Bioeticista
Universidad Autónoma de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco

CAPÍTULO 10

D. EN C. AURELIO FLORES GARCÍA

Unidad Académica de Medicina, Universidad Autónoma
de Nayarit
Tepic, Nayarit

CAPÍTULO 11

M. EN C. GUADALUPE MUÑOZ ANDRADE

Laboratorio de Microbiología de Alimentos, Centro Estatal
de Laboratorios, Secretaría de Salud de Jalisco
Guadalajara, Jalisco

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Hydrochloric acid

Índice

VII **PRÓLOGO**

IX **AGRADECIMIENTO**

PARTE I **ASPECTOS GENERALES**

3 **CAPÍTULO 1**
GENERALIDADES DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

9 **CAPÍTULO 2**
MICROBIOLOGÍA BÁSICA

33 **CAPÍTULO 3**
MECANISMOS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

43 **CAPÍTULO 4**
FACTORES ECOLÓGICOS QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO MICROBIANO
EN LOS ALIMENTOS

PARTE II **PATÓGENOS INVOLUCRADOS EN LAS ENFERMEDADES** **TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS**

55 **CAPÍTULO 5**
ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS Y BACTERIAS PATÓGENAS
QUE CAUSAN INTOXICACIONES INTESTINALES

71 **CAPÍTULO 6**
BACTERIAS PATÓGENAS QUE CAUSAN INFECCIONES INTESTINALES

93	CAPÍTULO 7 ENFERMEDADES PARASITARIAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS
111	CAPÍTULO 8 VIRUS TRANSMITIDOS POR LOS ALIMENTOS
119	CAPÍTULO 9 MICOTOXINAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS
129	CAPÍTULO 10 MECANISMOS INMUNITARIOS FRENTE A LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS
 PARTE III DETECCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS	
139	CAPÍTULO 11 GRUPOS MICROBIANOS INDICADORES DE CALIDAD
153	CAPÍTULO 12 GARANTÍA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS ALIMENTOS
169	CAPÍTULO 13 DETECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA EN LOS ALIMENTOS
181	CAPÍTULO 14 ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL
193	CAPÍTULO 15 LEGISLACIÓN SANITARIA EN ALIMENTOS
201	GLOSARIO
207	ÍNDICE ANALÍTICO

PARTE I

ASPECTOS GENERALES

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

Generalidades de la microbiología de los alimentos

CAPÍTULO 2

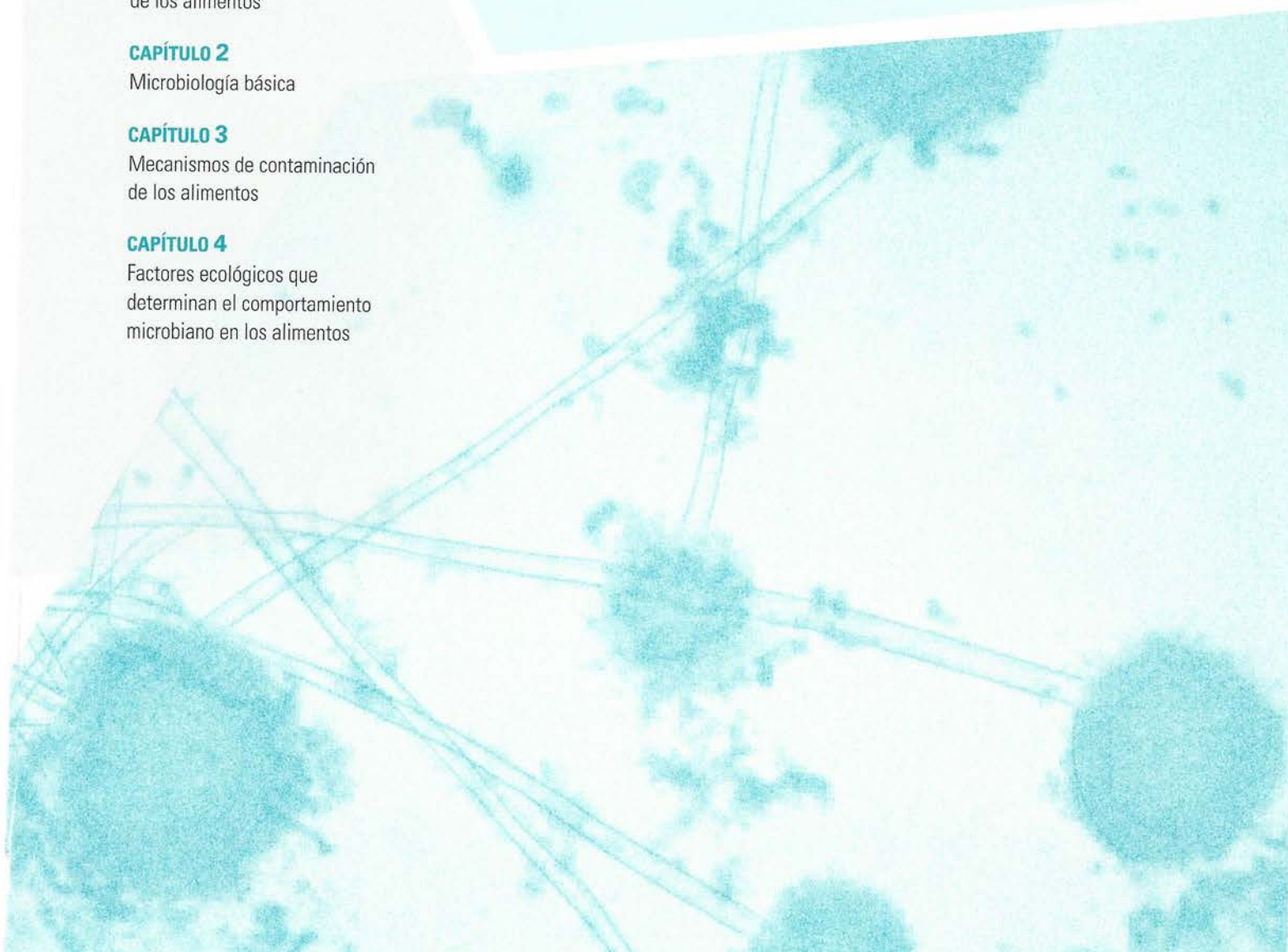
Microbiología básica

CAPÍTULO 3

Mecanismos de contaminación de los alimentos

CAPÍTULO 4

Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos



CAPÍTULO

1

GENERALIDADES DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Conocer la definición, historia y campos de acción de la microbiología de los alimentos.
- Comprender su importancia en la industria alimentaria y el hogar.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual más de tres millones de personas mueren anualmente por enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y cientos de millones padecen episodios frecuentes de diarrea. En los Estados Unidos, los expertos en salud calculan que el costo al año originado por las ETA es de USD \$ 5 a 6 mil millones en gastos médicos directos y en productividad perdida. Por otro lado, el desarrollo de microorganismos altera las características de los alimentos, lo cual repercute en cuantiosas pérdidas económicas para la industria alimentaria. Un informe del *National Research Council (NRC)* estimó que solamente a través de la actividad microbiana se pierde una cuarta parte del suministro mundial de alimentos. En este marco, la *microbiología de los alimentos* es una herramienta de gran utilidad, destinada a solucionar los problemas sanitarios mediante metodologías cada vez más avanzadas y eficaces.

1. Concepto	4
2. Disciplinas relacionadas	4
3. Historia de la microbiología de los alimentos ...	5
4. Clasificación de los microorganismos	6
5. Campo de acción	7
6. Síntesis conceptual	7

1. CONCEPTO

La microbiología de los alimentos es una rama de la microbiología que estudia a los microorganismos que afectan la calidad higiénica del agua y de los alimentos. Se encarga de promover las medidas necesarias para asegurar la inocuidad, salubridad y buen estado de los productos alimentarios. Además, mantiene una vigilancia estricta de las condiciones y prácticas para preservar la calidad de los alimentos, con la finalidad de evitar su contaminación y las enfermedades resultantes.

La microbiología de los alimentos investiga las siguientes características de los microbios:

- **Estructura.** Aspectos como forma, tamaño y agrupación, entre otros.
- **Resistencia.** Aptitud del germen para sobrevivir en su entorno.
- **Ecología.** Relación del microorganismo con el medio ambiente.
- **Secuelas.** Consecuencias del desarrollo microbiano en el producto.
- **Crecimiento.** Capacidad para crecer y desarrollarse en los propios alimentos.
- **Agentes.** Factores que influyen en el crecimiento de los microbios en el alimento.

Esta información es esencial para conocer las fuentes y mecanismos de contaminación de los alimentos, así como el destino que pueden tener los microorganismos en un producto sometido a una variedad de condiciones y efectos adversos.



IMPORTANTE:

Microbiología de los alimentos. Estudia los microorganismos que alteran la higiene del agua y de los alimentos.



RECUERDA:

La microbiología de los alimentos, también conocida como *microbiología sanitaria*, estudia a los microorganismos de interés en el agua y alimentos, así como los factores causales que determinan su supervivencia, crecimiento e inactivación.

2. DISCIPLINAS RELACIONADAS

Las ciencias que apoyan a la microbiología de los alimentos, proporcionan las herramientas necesarias para que el microbiólogo ejerza el control sanitario de los alimentos (sin dañar el capital del fabricante) y garantizar productos carentes de riesgos para la salud de la población consumidora. La microbiología de los alimentos se relaciona con diversas áreas, a saber (figura 1-1):

- **Microbiología médica.** Investiga los diferentes agentes patógenos para el ser humano, sus factores de virulencia y la patogenicidad de la enfermedad.
- **Microbiología industrial.** Estudia los microbios y su importancia para la obtención de productos útiles para el hombre.
- **Inmunología.** Investiga todos los mecanismos de defensa del organismo frente a agentes patógenos (p. ej., bacterias, virus, hongos y parásitos).
- **Bioquímica microbiana.** Estudia las actividades vitales de los microorganismos para crear procesos de manera diseñada.
- **Genética microbiana.** Investiga la función de los genes, su expresión y regulación.
- **Toxicología alimentaria.** Observa la naturaleza, fuentes y formación de sustancias tóxicas en los alimentos.
- **Epidemiología.** Estudia la distribución de las enfermedades en las poblaciones.

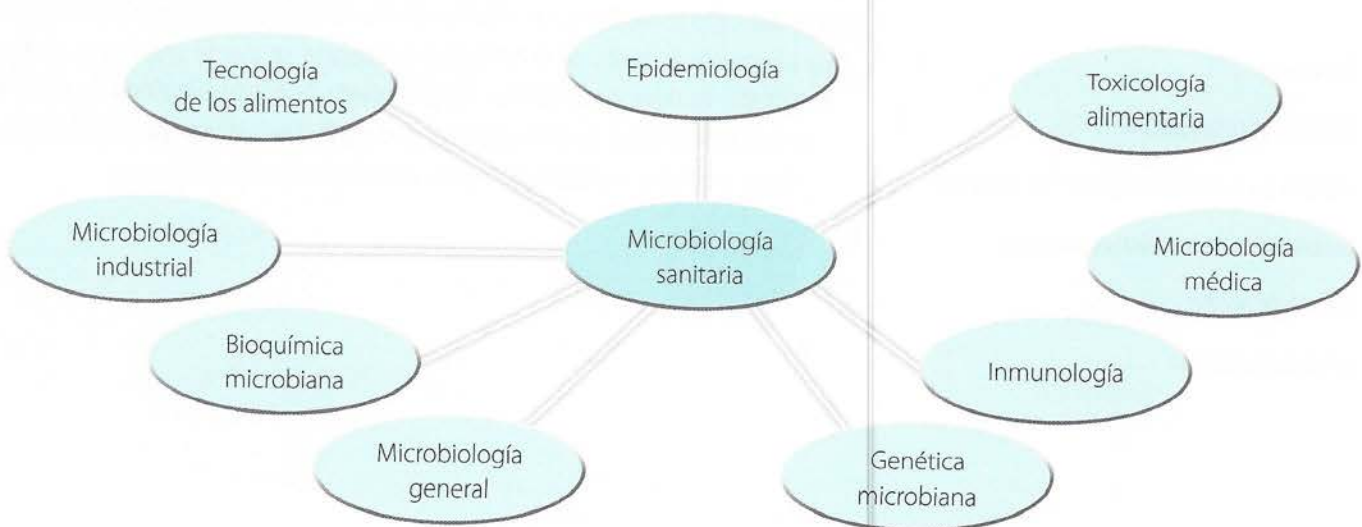


FIGURA 1-1. LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS INTERACTÚA CON DISTINTAS DISCIPLINAS

- **Tecnología de los alimentos.** Analiza los métodos usados para manejar, transformar, conservar y almacenar los diversos alimentos.
- **Microbiología general.** Estudia la descripción, exigencias fisiológicas y medios de vida de los microorganismos.

**IMPORTANTE:**

Disciplinas relacionadas. La microbiología de los alimentos se relaciona con la microbiología médica, microbiología industrial, inmunología, bioquímica microbiana, genética microbiana, toxicología alimentaria, epidemiología, tecnología de los alimentos y microbiología general.

**RECUERDA:**

La inocuidad en los alimentos se refiere a que éstos deben cumplir ciertas normas para no causar daño alguno a los consumidores.

3. HISTORIA DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Muchos de los acontecimientos de la microbiología de los alimentos son comunes a los sucesos históricos de la microbiología general. Debido a que el conocimiento microbiológico se especializó tanto, surgió la necesidad de separar ambas disciplinas.

Hechos históricos

- De 1300000 a 100000 años a.C. Durante el periodo paleolítico se descubrió el fuego y su uso indicó una modificación trascendental, desde el punto de vista de la conservación de los comestibles.
- Año 2000 a.C. Moisés dictó leyes sobre cuáles alimentos se podían comer y cuáles se debían desechar. Las normas sanitarias protegieron a los israelitas contra las plagas de insectos y la carne de animales infectados con “piedras” (*Cysticercus cellulosae*).
- Año 1500 a.C. En Egipto, el papiro de Ebers hace referencia a venenos tan conocidos como la cicuta, opio, plomo, cobre, antimonio y belladona.
- Año 300 a.C. En Roma se registraron relatos de intoxicaciones alimentarias atribuidas a productos químicos. En esa época era generalizado el uso de plomo para la construcción de acueductos y la elaboración de utensilios de cocina, lo que contaminaba el agua y los alimentos.
- En 1674, Antony van Leeuwenhoek observó las bacterias por primera vez a través de varias lentes que formaban un microscopio primitivo.



FIGURA 1-2. PASTEUR DISEÑÓ MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

- En 1860, Louis Pasteur demostró el papel que tenían las bacterias en las fermentaciones de vinos y cervezas (**figura 1-2**).
- En 1892, Franz Schardinger sugirió que *Escherichia coli* sería útil como microorganismo indicador de contaminación fecal.
- En 1897, Kiyoshi Shiga identificó al agente causal de la disentería bacilar, la bacteria *Shigella dysenteriae*.
- En 1908, Charles Nicolle aisló (junto con Louis Manceaux), a partir del hígado y bazo de unos pequeños roedores africanos, a un parásito intracelular al que denominaron *Toxoplasma gondii*.
- En 1915, M.H. McCrady establece el enfoque cuantitativo para determinar el número más probable de coliformes en una muestra de agua contaminada.
- En 1926, Everitt Murray aisló la bacteria *Listeria monocytogenes*, la cual puede crecer frecuentemente en la comida a temperaturas bajas y causar listeriosis en el hombre.
- En 1992, T. Cheasty *et al.* informaron de la nueva cepa de *Vibrio cholerae* 0139 asociada con cólera epidémico.
- En 2003 aparece la gripe aviar en Asia, producida por el subtipo HPAI A (H5N1) del virus Influenza A, que casualmente se puede transmitir al hombre.
- En 2007 se informa de la secuenciación del genoma de *Saccharopolyspora erythraea*, bacteria productora del antibiótico eritromicina.

La microbiología de los alimentos hace importantes aportaciones a la ciencia de la microbiología general, y viceversa.

**HECHOS HISTÓRICOS**

Entre los principales hechos encontramos el decreto de leyes sanitarias hecho por Moisés, el hallazgo de los microbios por Leeuwenhoek, la preservación de alimentos por Pasteur y la cuantificación bacteriana por McCrady.

**RECUERDA:**

Hace unos 400 000 años, el hombre primitivo aplicó sus incipientes conocimientos de higiene alimentaria, cuando pudo diferenciar aquellos comestibles contaminados que causaban malestares gastrointestinales. Además, en esa época se desarrollaron las primeras técnicas para preservar la comida: la *deshidratación* y el *congelamiento*. Entre los años 3000 y 1200 a.C. aparecieron otros métodos, por ejemplo: hervir los alimentos surge en el pueblo hebreo; el salazonado de pescado con los sumerios y griegos; el escabechado de las carnes en el imperio romano. Asimismo, las primeras religiones establecieron una rudimentaria legislación alimentaria en forma de preceptos y prohibiciones.

En la Edad Media, los gremios de carniceros, pescaderos y panaderos proclamaron reglamentos para evitar las adulteraciones de los alimentos. Una práctica habitual, que se mantuvo hasta el siglo XVIII, era cocinar la carne antes de asarla. Nicholas Appert logró conservar alimentos en frascos estériles cerrados herméticamente. A pesar de que los microorganismos los describió por primera vez Antonie Van Leeuwenhoek, tuvieron que transcurrir 200 años para que Louis Pasteur hiciera comprender al mundo la importancia de este hallazgo. Louis Pasteur y Robert Koch demostraron que un único microorganismo patógeno es el agente causal de una enfermedad determinada.

A partir del descubrimiento sobre la relación entre el consumo de alimentos contaminados y la falta de higiene con la aparición de enfermedades bacterianas en el hombre, a finales del siglo XIX, se establecieron las bases para los principios científicos que permitirían prevenir la contaminación alimentaria. La invención de la lata de hojalata y de la autoclave permitió consolidar a las conservas esterilizadas por calor como uno de los sistemas de conservación de alimentos más eficaz y seguro. Durante el siglo XX se idearon técnicas eficientes para impedir la proliferación microbiana, inactivar agentes patógenos y facilitar su detección.

4. CLASIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Los grupos microbianos pueden incluir varios géneros o especies. Desde el punto de vista sanitario, los microbios se agrupan en:

Deterioradores

Son aquellos que alteran las características organolépticas del comestible; es decir, afectan la textura, olor, sabor o color de los alimentos. Los microbios deterioradores se utilizan para estudiar la degradación de los alimentos, los factores que la favorecen y los métodos para controlarla. Los principales grupos deterioradores son: proteolíticos, lipolíticos, sacarolíticos, fermentadores, amilolíticos y pectinolíticos.

Patógenos

*Son gérmenes que causan enfermedades. Durante el estudio de estos agentes siempre se tiene en cuenta el papel del agua o los alimentos en la aparición de las epidemias en la población. Entre los principales microbios patógenos se puede mencionar a las bacterias *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli*, *Vibrio*, *Campylobacter*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria* y *Brucella*.*

Indicadores

*Son microbios que sugieren malas prácticas sanitarias, tales como fuentes de contaminación indeseables o de otro tipo de accidentes durante el manejo del agua y los alimentos. Los microorganismos indicadores se agrupan de acuerdo a las características morfológicas, fisiológicas y ecológicas que comparten. Los grupos indicadores más importantes son bacterias mesófilas aerobias, coliformes, mohos, levaduras, y *Staphylococcus aureus*.*

Iniciadores

*Éstos corresponden a aquellos microbios que sirven para controlar el comienzo de los procesos de fermentación. Por ejemplo, algunas bacterias y levaduras se usan durante el agriado de diversos alimentos. Igualmente, los iniciadores se utilizan para reprimir la flora acompañante indeseable, lo cual asegura la salubridad y la calidad del producto final. Por ejemplo: *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus lactis*, *Sacharomyces cereviceae*, etc.*

Indiferentes

*Son microorganismos normales del alimento, que generalmente no alteran al comestible ni causan enfermedad al ingerirlos. Los ingredientes, vegetales y animales llevan su propia microflora, la cual también puede persistir durante la vida del alimento. La población microbiana autóctona puede utilizarse como posible cultivo iniciador, para obtener alta calidad, sabor y textura en determinados productos cárnicos tradicionales. En el caso del kulen eslovaco, un tipo de salchicha elaborada con carne de cerdo picada, la población microbiana dominante consiste en *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *L. mesenteroides*, *L. acidophilus*, *Staphylococcus xylosum*, *S. warneri*, *S. lentus*, *S. auricularis* y *Candida famata*.*

**IMPORTANTE:**

Clasificación. Los microbios pueden ser: deterioradores (descomponen alimentos), patógenos (causan enfermedad a personas), indicadores (señalan higiene), iniciadores (comienzan fermentación) e indiferentes (flora normal).



FIGURA 1-3. MEDIANTE EL CONTROL SANITARIO SE CONSIGUEN ALIMENTOS SANOS

5. CAMPO DE ACCIÓN

La microbiología de los alimentos se enfoca principalmente a investigar la presencia de gérmenes patógenos que pudieran causar enfermedades al ingerirse con los comestibles, así como la alteración sanitaria y organoléptica de los alimentos por la acción de los microorganismos (figura 1-3). El laboratorio de microbiología de los alimentos es un valioso recurso ante una diversidad de situaciones que se resumen en los siguientes puntos:

- **Control.** Inspeccionar la calidad higiénica de materias primas e ingredientes, así como del producto terminado.
- **Eficiencia.** Estudiar la eficacia de germicidas, conservadores, procesos de pasteurización y esterilización.
- **Potabilidad.** Analizar la pureza y calidad bacteriológica del agua.
- **Evaluación.** Estimar la eficiencia de los procesos de lavado y desinfección del equipo, utensilios y superficies de trabajo.
- **Diferenciación.** Realizar diagnóstico diferencial de la causa que provoca la alteración de un alimento.
- **Identificación.** Detectar a los portadores asintomáticos de microorganismos patógenos entre el personal que maneja alimentos.

- **Rastreo.** Buscar las fuentes de contaminación durante el procesamiento de los comestibles.

El *control sanitario de los alimentos* consiste en evaluar la calidad e inocuidad de alimentos y bebidas alcohólicas nacionales e importadas, a fin de garantizar el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes. Es una evaluación técnica que se realiza a través de estudios fisicoquímicos, microbiológicos y contaminantes.



IMPORTANTE:

Campo de acción. El laboratorio de microbiología de los alimentos es útil para controlar materias primas y producto terminado, evaluar lavado y desinfección, identificar portadores asintomáticos, rastrear fuentes de contaminación, etc.



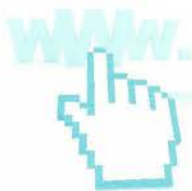
RECUERDA:

El objetivo principal del control sanitario es la obtención de un alimento sano; es decir, un producto libre de riesgo para la salud, atractivo para los sentidos, con apropiada pureza y frescura, y que conserva su capacidad nutricional.

La microbiología de los alimentos debe tomar en cuenta las necesidades de un país, mediante una relación estrecha entre las instituciones académicas, la industria alimentaria y las áreas gubernamentales. Es una ciencia que debe contar con la infraestructura suficiente y el personal capacitado, aplicar tecnología de vanguardia, tener como base un marco normativo preciso y renovado, así como fomentar la investigación pura y aplicada.

6. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La microbiología de los alimentos estudia los microbios que alteran la calidad higiénica del agua y los alimentos. Según esta disciplina, los microbios pueden clasificarse en: deterioradores (descomponen alimentos), patógenos (enferman personas), indicadores (señalan higiene), iniciadores (comienzan fermentación) e indiferentes (flora normal).
- El campo de acción de la microbiología de los alimentos abarca desde la determinación de la presencia de gérmenes patógenos, que pudieran causar enfermedades al ser ingeridos con los comestibles, hasta la identificación de las alteraciones sanitarias y organolépticas de los alimentos por la acción de los microorganismos.



Véase **Bibliografía** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos

Véase **Autoevaluación** cap. 1 Generalidades de la microbiología de los elementos

CAPÍTULO

2

MICROBIOLOGÍA BÁSICA



OBJETIVOS

- Identificar las características elementales de los principales grupos de microorganismos.
- Reconocer la importancia de los microbios para el ser humano y el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La microbiología es una ciencia muy importante puesto que hay microorganismos en todos los ecosistemas de la Tierra, y sus actividades tienen gran incidencia en numerosos campos de interés para la humanidad. Los microbios fueron los primeros seres vivos en aparecer en la evolución, constituyen la mayor parte de la biomasa de nuestro planeta y tienen actividades metabólicas excepcionalmente variadas; algunas de éstas son exclusivas de las procariontes.

De los microorganismos conocidos se han descrito 70 000 especies de hongos, 45 000 de bacterias y 30 800 de protozoarios; aunque se considera que se contabilizan hasta 2 millones de especies fúngicas y de 3 a 10 millones de las bacterianas.

Los microbios mejor estudiados se relacionan con el bienestar humano.

1. Importancia de los microorganismos	10
2. Concepto de microbiología	10
3. Clasificación de los microorganismos	10
4. Características de los microorganismos	11
5. Virus	11
6. Parásitos	16
7. Hongos	21
8. Bacterias	26
9. Síntesis conceptual	32

1. IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS

Los microorganismos efectúan funciones trascendentales en la regulación de los ecosistemas. Un gran número de microbios descompone la materia orgánica; mientras que otros fijan gases atmosféricos, los cuales constituyen procesos clave y limitantes en los ciclos de macronutrientes. Además, existen bacterias que aparecen libres en el suelo, capaces de adaptarse, colonizar y persistir en la rizósfera para favorecer el desarrollo de las plantas; muchas bacterias se utilizan en las actividades agrícolas. Asimismo, hay gérmenes que causan enfermedades a las plantas por medio de alteraciones en el metabolismo celular.

En la naturaleza, muchos microbios tienen relación de simbiosis con otro ser vivo. En algunas formas de relación entre organismos vivos, los gérmenes se comportan como parásitos u oportunistas, lo cual provoca enfermedades. Los microbios causan la muerte a millones de personas a nivel mundial y constituyen un problema de salud pública en países en vías de desarrollo. En contraste, los microbios se utilizan en la producción de esteroides, interferones, antibióticos y vacunas, que son los fármacos más utilizados en el tratamiento de enfermedades infecciosas. Por otro lado, el cuerpo humano contiene billones de microbios que juegan un papel muy importante en la salud. La *microbiota intestinal* participa en una gran variedad de funciones en el hospedero, tales como: digestión de algunos alimentos, regulación de la inmunidad intestinal, movilidad del intestino y detoxificación de algunos fármacos, toxinas y carcinógenos. Además, la microbiota previene la colonización intestinal por bacterias patógenas, a través de la liberación sustancias peptídicas con actividad antimicrobiana.

Los microorganismos y sus metabolitos se usan para elaborar una gran diversidad de productos, entre ellos: bebidas alcohólicas, yogurt, insulina, vinagre, saborizantes, acetonas, butanol, polisacáridos, vitaminas, insecticidas, hormonas, citocinas y biopolímeros. Así pues, la vida en el planeta depende en gran parte de los microbios; por lo tanto, es muy importante el conocimiento sobre la variedad microbiana, ya que contribuye al avance de la ciencia y, a la vez, ofrece formas para solucionar muchos de los problemas apremiantes a los que se enfrenta el hombre moderno.



RECUERDA:

Los microorganismos y las enfermedades han desempeñado un papel fundamental en acontecimientos históricos del hombre, tales como la caída del Imperio Romano y la conquista del Nuevo Mundo. En 1347, la peste o muerte negra arrasó a Europa con una fuerza brutal. En 1351, sólo cuatro años después, la peste había matado a 1/3 de la población (aproximadamente, 25 millones de personas). Algunos historiadores piensan que este desastre cambió la cultura europea y preparó el camino del Renacimiento. En la actualidad, los microbiólogos y otros científicos continúan la lucha contra enfermedades como el sida y el paludismo.

2. CONCEPTO DE MICROBIOLOGÍA

El término *microbiología* deriva de tres palabras griegas: *mikros* (pequeño), *bios* (vida) y *logos* (ciencia), que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica. Entre los microorganismos estudiados se incluyen bacterias, hongos, levaduras, virus, parásitos y ciertas algas; es decir, son organismos de tamaño pequeño y se requiere del microscopio para visualizarlos. La microbiología como ciencia básica proporciona y crea herramientas para investigar los procesos elementales de los seres vivos. Los científicos han logrado un entendimiento muy complejo de las bases biológicas, químicas y físicas de la vida mediante el estudio de los microbios, ya que sus células se asemejan en muchas propiedades a las de los organismos multicelulares. Por otro lado, la microbiología como ciencia aplicada estudia muchos problemas prácticos e importantes en las áreas de la medicina, la agricultura y la industria. Consecuentemente, tanto los aspectos perjudiciales como los beneficiosos de los microorganismos que inciden en nuestras vidas, se estudian mediante la microbiología.



IMPORTANTE:

Microbiología. Es la ciencia que estudia los microbios en cualquiera de sus aspectos: morfología, estructura, reproducción, composición, fisiología, genética, taxonomía y ecología. Entre los microorganismos estudiados se incluyen bacterias, hongos, levaduras, virus, parásitos y ciertas algas.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

La organización de los seres vivos ha sufrido cambios notables en los últimos años. En 1969, se aceptó de manera generalizada que todos los seres vivos cabían en cinco reinos: *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Plantae* y *Animalia*. No obstante, en 2004, se presentó un modelo filogenético que revolucionó los esquemas taxonómicos mediante el estudio del RNA ribosómico. Desde entonces, los organismos se clasifican en dos imperios y seis reinos (**cuadro 2-1**). En el imperio *Prokaryota* se encuentra el reino *Bacteria* y en el *Eukarya* se congregan los reinos: *Protozoa*, *Animalia*, *Fungi*, *Plantae* y *Chromista*.



IMPORTANTE:

Clasificación. Los organismos se agrupan en seis reinos: *Bacteria*, *Protozoa*, *Fungi*, *Chromista*, *Plantae* y *Animalia*.

CUADRO 2-1. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

Linneo (1735)	Haeckel (1866)	Chatton (1937)	Copeland (1956)	Whittaker (1969)	Woese (1977)	Woese (1990)	Cavalier Smith (1998)
2 reinos	3 reinos	2 imperios	4 reinos	5 reinos	6 dominios	3 reinos	2 imperios y 6 reinos
<i>Vegetabilia</i> <i>Animalia</i>	<i>Protista</i> <i>Plantae</i> <i>Animalia</i>	<i>Prokaryota</i> <i>Eukaryota</i>	<i>Monera</i> <i>Protista</i> <i>Plantae</i> <i>Animalia</i>	<i>Monera</i> <i>Protista</i> <i>Fungi</i> <i>Plantae</i> <i>Animalia</i>	<i>Eubacteria</i> <i>Archaeobacteria</i> <i>Protista</i> <i>Fungi</i> <i>Plantae</i> <i>Animalia</i>	<i>Bacteria</i> <i>Archaea</i> <i>Eukarya</i>	<i>Bacteria</i> <i>Protozoa</i> <i>Chromista</i> <i>Fungi</i> <i>Plantae</i> <i>Animalia</i>

**RECUERDA:**

Hasta ahora, el número de especies de seres vivos conocido es de casi 2 millones, aunque se estima que podrían existir hasta 10 millones de especies. Se calcula que únicamente se ha descrito menos de 10% de los microbios existentes en el planeta.

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROORGANISMOS

Para comprender todos los eventos capaces de generar los microorganismos es necesario considerar sus principales cualidades:

- **Dimensiones.** Los microorganismos o microbios son un variado grupo de seres vivos que tiene como característica común su reducida dimensión; por ejemplo, la longitud de la mayor parte de las bacterias oscila entre 0.5 y 5 μm . Este tamaño pequeño proporciona a los gérmenes diversas ventajas como un intercambio rápido de sustancias con el medio externo, dado que la disminución del tamaño celular supone un aumento en la relación superficie/volumen.
- **Resistencia.** Los microbios subsisten a la actividad de los agentes físicos y químicos, en condiciones más extremas que los organismos superiores.
- **Heterogeneidad.** Existen comportamientos muy contrastantes entre los microbios; por ejemplo, los halófilos son capaces de competir exitosamente en los medios salinos y resistir los efectos desnaturalizantes de la sal. En tanto que los osmófilos sobreviven en medios con alta presión osmótica.
- **Multiplificación.** Los microorganismos se dividen a gran velocidad, de modo que a partir de uno solo, en pocas horas, se puede obtener una población con cientos de ellos. Esto es, si inicialmente 500 bacterias en un alimento se reproducen con un tiempo de generación de 30 min, al cabo de 6 h el número será de 2 050 000.
- **Ubicuidad.** Su variabilidad les permite ocupar nichos ecológicos muy diversos. En algunos de ellos alcanzan concentra-

ciones muy altas. Destacan la tierra y el agua superficial como reservorios de gérmenes. Los microbios intercambian gran cantidad de sustancias con el medio en que viven, gracias a lo cual logran alterar la composición química de su hábitat.

- **Patogenicidad.** Es la habilidad de un agente patógeno particular de virulencia conocida para producir una enfermedad en un gama de hospederos, bajo una gran variedad de condiciones medioambientales.
- **Plasticidad genética.** Es la capacidad de transferencia horizontal de genes, que les permite recombinar y recolectar los caracteres favorables.
- **Flexibilidad metabólica.** Los microorganismos realizan todas sus reacciones bioquímicas con rapidez, ya que los compartimentos celulares están muy próximos a los metabolitos y nutrientes. Por ello pueden alterar rápidamente el medio en que viven, al agotar los nutrientes e inundarlo de residuos.

**IMPORTANTE:**

Características de los microbios. Entre ellas están sus dimensiones, resistencia, heterogeneidad, multiplicación, ubicuidad, patogenicidad, plasticidad genética y flexibilidad metabólica.

5. VIRUS

Los virus (palabra latina que significa veneno) son partículas submicroscópicas compuestas tan sólo de material genético rodeado por una envoltura protectora. Estos gérmenes necesitan parasitar a una célula para sobrevivir. El tamaño es muy variable. Los virus más pequeños sólo miden entre 18 y 20 nanómetros de ancho.

**IMPORTANTE:**

Virus. Son agentes microscópicos que hacen copias de sí mismos a través del uso del material genético de las células de un hospedero vivo.

Estructura

Las partes de una partícula viral son las siguientes:

- **Genoma viral (vírico).** Se compone de una o varias cadenas de ácido desoxirribonucleico (DNA) o de ácido ribonucleico (RNA), nunca ambos. Es una molécula única de hélice simple o doble.
- **Nucleocápside.** Complejo proteína-ácido nucleico que representa la forma empacada del genoma viral.
- **Capsómeros.** Son las subunidades morfológicas observadas sobre la superficie de las partículas virales. Tienen la función de cubrir y así proteger al genoma de la acción de agentes físicos y químicos.
- **Cápside.** Es la cubierta externa del virus que está compuesta de proteínas globulares o capsómeros, que se distribuyen de forma uniforme y simétrica. Su función es preservar el material genético viral.
- **Envoltura.** Está formada por una capa doble de lípidos que proviene de la membrana de la célula infectada y por glucoproteínas codificadas por el genoma viral. Las glucoproteí-

nas sirven para facilitar la penetración del virus a la célula del hospedero.



IMPORTANTE:

Partes de un virus. Se distinguen el genoma viral (DNA o RNA), nucleocápside (complejo proteína-ácido nucleico), capsómeros (subunidades morfológicas), cápside (cubierta externa) y envoltura (capa doble).

Clasificación tradicional

En cuanto a la forma, podemos encontrar partículas virales con estructura helicoidal, icosaédrica o compleja (**figura 2-1**):

- **Helicoidal.** Las cápsides se componen de un único tipo de capsómero apilado alrededor de un eje central, para constituir una estructura con forma de hélice, y puede tener una cavidad central; por ejemplo, el virus del mosaico del tabaco.

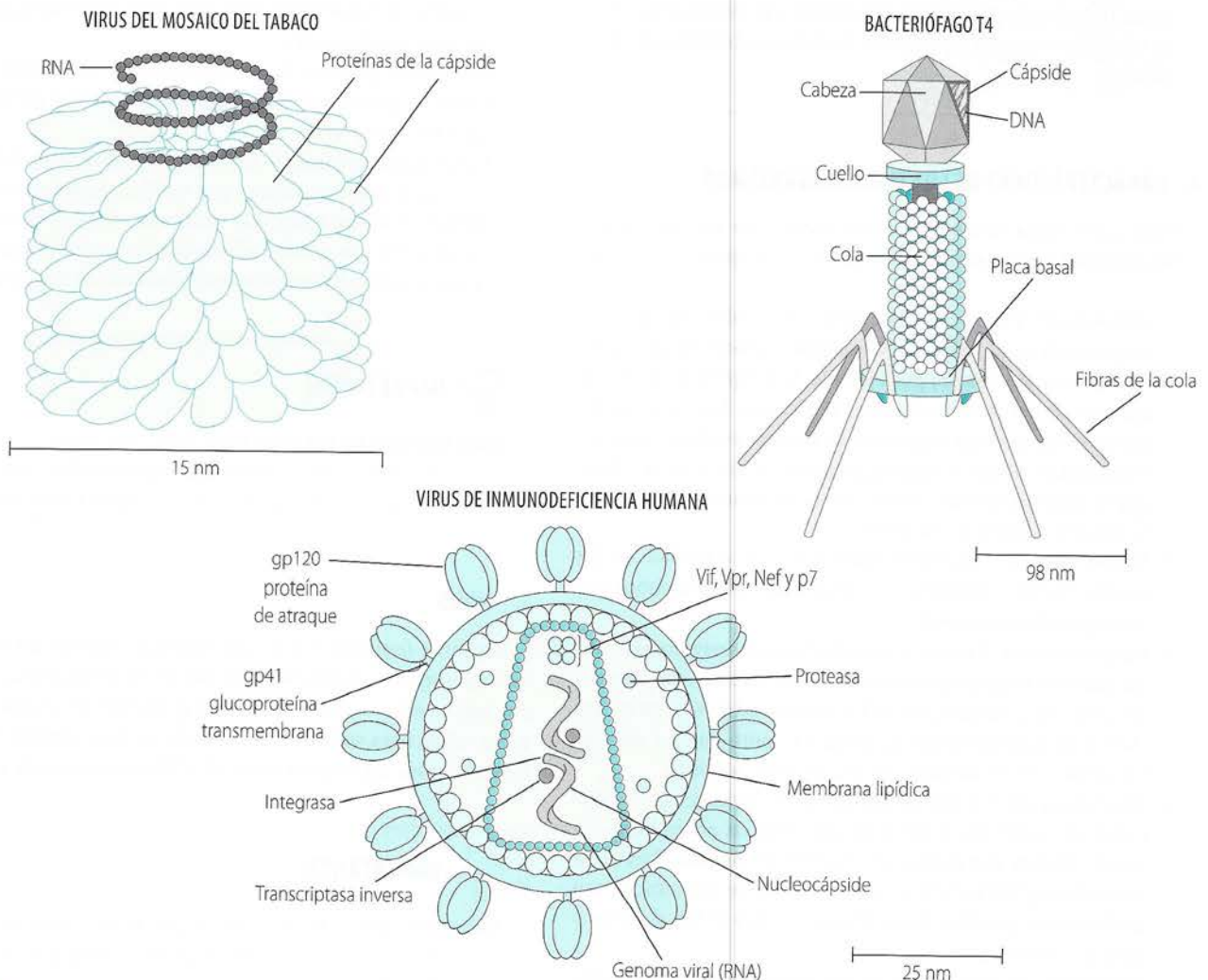


FIGURA 2-1. CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS SEGÚN SU ESTRUCTURA

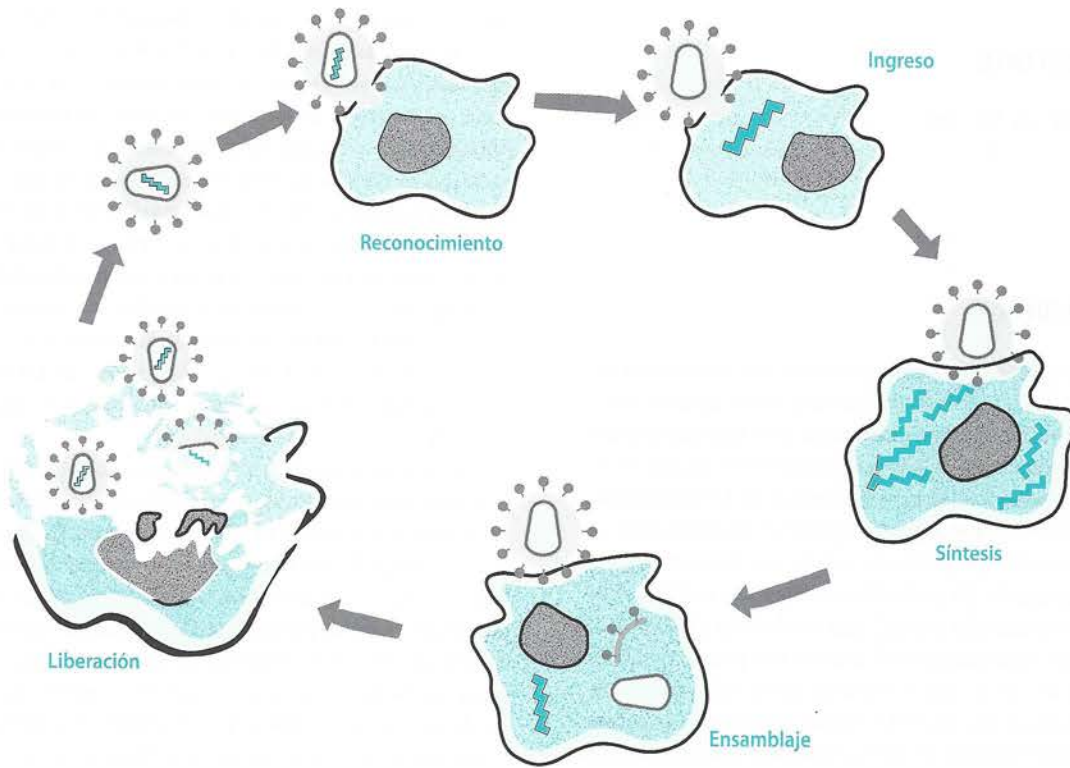


FIGURA 2-2. PROCESO DE LA REPLICACIÓN VIRAL

- **Icosaédrica.** Los capsómeros se ajustan para formar una figura geométrica con 20 caras triangulares iguales, que deja un hueco central donde se sitúa el ácido nucleico fuertemente apilado; por ejemplo, el virus de inmunodeficiencia humana (VIH).
- **Compleja.** Este tipo de partículas tiene un cuerpo icosaédrico unido a una cola helicoidal, que puede tener una base hexagonal con fibras caudales que sobresalen. Por ejemplo: el bacteriófago T4.

Clasificación taxonómica

Se estableció un sistema en donde los virus se agrupan en familias, en base a la morfología del virión, estructura del genoma y estrategias de multiplicación (**cuadro 2-2**).

CUADRO 2-2. FAMILIAS DE VIRUS POTENCIALMENTE INFECCIOSOS EN SERES HUMANOS

Ejemplo de familia viral	Ácido nucleico central	Simetría de la cápside
Parvoviridae Herpesviridae	DNA	Icosaédrica
Poxviridae		Compleja
Astroviridae	RNA	Icosaédrica
Arenaviridae Retroviridae		Desconocida o compleja
Paramyxoviridae		Helicoidal



IMPORTANTE:

Clasificación de los virus. De acuerdo a la estructura pueden ser: helicoidales, icosaédricos y complejos. Según el material genético contienen DNA o RNA.

Replicación viral

Es el proceso de multiplicación de las partículas virales. Las fases de la replicación son (**figura 2-2**):

- **Reconocimiento.** La partícula viral se fija a la célula hospedera, por medio de receptores específicos, lo cual permite la fusión de membranas.
- **Ingreso.** El virus penetra al interior de la célula mediante endocitosis, en donde se lleva a cabo la pérdida de la cápside y liberación del genoma viral.
- **Síntesis.** El DNA o RNA viral se pone en contacto con los ribosomas, para dirigir la elaboración de proteínas. El ácido nucleico del virus se autoduplica.
- **Ensamblaje.** Una vez que se sintetizan las proteínas que constituyen la cápside, las subunidades se unen y forman las partículas virales. El ensamble se puede realizar en el núcleo, citoplasma, membrana plasmática, etc.
- **Liberación.** Escape del virus mediante lisis celular, exocitosis o gemación, para facilitar la propagación de la progenie viral a nuevas células blanco.

**IMPORTANTE:**

Reproducción de los virus. Es un proceso que consiste en reconocimiento, ingreso, síntesis, ensamblaje y liberación.

**RECUERDA:**

Un prión es una proteína patógena que tiene alterada su estructura terciaria. A diferencia del resto de los agentes infecciosos que contienen ácidos nucleicos, sólo está constituido por aminoácidos. Los priones son los agentes causales de algunas enfermedades letales características de los mamíferos, denominadas *encefalopatías espongiformes transmisibles*. La patogenia de estas entidades se asocia con la acumulación celular de agregados de proteínas mal plegadas o de sus productos de degradación parcial. Las evidencias indican una relación entre la afección en el ganado y la presentación en seres humanos de la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (nv-ECJ). Un factor de riesgo importante para este padecimiento es ser homocigoto para metionina en el codón 129 del gen PrP.

Infecciones en plantas

Los virus son capaces de infectar virtualmente todas las especies de plantas cultivadas y silvestres. Según la combinación particular de virus, hospedero y medio ambiente, una respuesta ante la

infección puede variar desde la asintomática hasta la muerte del vegetal. En ocasiones, manchas cloróticas o necróticas pequeñas, llamadas *lesiones locales*, se desarrollan en el sitio de infección. En la mayor parte de los casos, los virus se dispersan a través de toda la planta y causan infección sistémica. Los típicos síntomas en las hojas infectadas incluyen patrones de mosaico, lesiones cloróticas o necróticas, rayas, color amarillento, aclaramiento venoso, bandas en las venas, enrollamiento y rizado de hojas. Los síntomas en las flores incluyen deformación y cambio anormal de color. Los síntomas en frutas y legumbres pueden comprender patrones de mosaico, retraso en el crecimiento, decoloración o malformación y manchas anulares cloróticas. En el tallo de las plantas se pueden desarrollar hoyos, ranuras o tumores en respuesta a la infección viral.

Los virus ocasionan graves daños en los cultivos vegetales. Las enfermedades más comunes en las plantas se producen por el virus del mosaico del tabaco, el virus X de la papa (patata) y el virus del mosaico amarillo del nabo. Los virus no pueden atravesar las paredes celulares rígidas de los vegetales, de modo que la vía más importante para su propagación la aportan los animales que se alimentan de ellos. Frecuentemente, los insectos inoculan las plantas sanas mediante los virus que llevan en su aparato bucal, provenientes de otras plantas infectadas. Asimismo, los nemátodos pueden transmitir la infección cuando se alimentan de las raíces.

Mecanismos de transmisión viral

Los virus se propagan de una persona a otra a través de diferentes mecanismos, lo cual provoca nuevos casos de la enfermedad. Los virus de la gripe y el sarampión se transmiten por vía respiratoria, por medio de las gotitas que emiten los individuos infectados al toser y estornudar. El virus de la hepatitis A, que causa diarrea,

**RECUERDA:**

Los microorganismos fitopatógenos provocan enfermedades en las plantas cultivadas por el hombre, lo cual origina grandes pérdidas económicas y de producción biológica. El desarrollo de estos microbios afecta la viabilidad de la planta, puesto que pueden alterar: *a)* la absorción y translocación de agua y nutrientes minerales, *b)* la tasa de asimilación y redistribución de fotosintetatos, *c)* la absorción de energía solar por tejidos fotosintéticos, y *d)* la germinación y densidad final de plantas establecidas para la producción.

En base a sus estilos de vida en las plantas, los fitopatógenos se pueden dividir en biótrofos, hemibiótrofos y necrótrofos. Los *biótrofos* se alimentan de las células del hospedero, sin causarles muerte. Los *necrótrofos* matan a las células antes de alimentarse de los tejidos muertos. Mientras tanto, los *hemibiótrofos* adoptan una fase temprana biotrófica, seguida de una fase necrotrófica. El estilo de vida del patógeno está determinado, en gran parte, por moléculas efectoras, entre las cuales se encuentran proteínas y metabolitos secundarios que interactúan directamente con el hospedero y aumentan la virulencia.

Las plantas cuentan con un sistema de vigilancia para detectar los patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs) y los patrones moleculares asociados con daño (DAMPs), para activar su inmunidad. Entre las moléculas centinelas encontramos los receptores para el reconocimiento del patrón (PRRs), localizados en la membrana plasmática, y los receptores tipo NOD (NLR), unas proteínas citoplasmáticas similares a receptores. Los NLR detectan exclusivamente proteínas efectoras de patógenos intracelulares y desencadenan respuestas inmunitarias de una manera altamente específica. La respuesta de las plantas provocada por PAMPs y DAMPs a través de PRRs, se conoce como *inmunidad desencadenada por patrón* (PTI); mientras que la inmunidad intracelular efectora activada a través NLR, se conoce como *inmunidad desencadenada por efectores* (ETI). Ambas reacciones limitan la entrada de microbios, restringen la propagación de gérmenes, o matan a los patógenos dentro de los tejidos vegetales.

se propaga por la vía fecal-oral. En otros casos, la propagación se realiza a través de la picadura de insectos, como en el caso de la fiebre amarilla y de los arbovirus. El virus del papiloma se transmite sexualmente.



IMPORTANTE:

Contagio por virus. La transmisión de una persona a otra puede ser por vía respiratoria, fecal-oral, contacto sexual, transfusiones o a través de vectores.

Enfermedades virales en el hombre

Entre las enfermedades más importantes causadas por virus en el hombre están la gripe, el sarampión, las paperas, la varicela, las diarreas agudas, las verrugas y la hepatitis. Otros agentes virales, como los de la rubéola y los citomegalovirus, pueden provocar anomalías graves o abortos. El síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida) es causado por el virus de inmunodeficiencia humana. El retrovirus LCTH está ligado con leucemia de células T, y algunas formas de papilomavirus con tumores genitales y carcinomas. En más de la mitad de las hospitalizaciones de niños con diarrea y deshidratación se reconoce al rotavirus como el agente causal. De los 1 500 virus conocidos, unos 250 originan enfermedades en los seres humanos y otros 100 infectan a distintos animales.



RECUERDA:

En una infección viral están implicados diversos procesos, desde interacciones mediadas por cargas electromagnéticas, estimulación de numerosas enzimas, hasta complejos sistemas de activación de señales y reguladores genéticos. Los virus poseen componentes estructurales que causan daño directo a las células infectadas o que modulan la respuesta inmunitaria, con el propósito de garantizar su supervivencia en el organismo.

Patogénesis viral

Los virus para provocar enfermedad deben tener una vía de entrada al hospedero, poseer afinidad por los receptores de superficie que les permitan penetrar en la célula y luego multiplicarse en su interior. Los virus sintetizan ácidos nucleicos y proteínas que emplean para la generación de su progenie, gracias a varios mecanismos que alteran las funciones normales de la célula. Por consiguiente, su multiplicación “roba” energía y componentes macromoleculares, lo cual a menudo, pero no siempre, ocasiona la muerte celular; fenómeno denominado *efecto citopático*.



IMPORTANTE:

Enfermedad viral. Es la manifestación clínica resultante de una infección provocada por un virus. Los tipos de infección viral son: subclínica, aguda, persistente, abortiva y transformante.

La función de la respuesta inmunitaria es destruir las células infectadas y eliminar en el hospedero la gran carga viral. No obstante, la intensa reacción antiviral frecuentemente daña a las células no infectadas dentro del órgano, lo cual causa una inmunopatología. *La combinación de la disfunción de las células inducida por el virus, el efecto citopático y la destrucción celular provocada por la respuesta inmunitaria son los procesos básicos que intervienen en la patogénesis viral.* Cuando se considera en el contexto de un órgano específico y se añade una reacción sistémica a las células infectadas, esta patogénesis viral es la causa principal de la presentación clínica de la enfermedad.



RECUERDA:

Los virus que destruyen la célula infectada, cuando se liberan, se conocen como *citopáticos*. Los virus *no citopáticos* producen una infección latente, durante la cual residen en la célula hospedera y elaboran proteínas que son extrañas para el hospedero y estimulan la inmunidad específica.

Alimentos implicados en infecciones virales

La infección por virus tipo Norwalk puede deberse al consumo sin tratamiento térmico de ostras cultivadas en aguas no purificadas. Puesto que estos moluscos se alimentan por filtración de agua, concentran en sus tejidos gran cantidad de virus. De la misma forma, el riego con aguas residuales o el abono con fertilizantes orgánicos puede llegar a contaminar con norovirus a los vegetales, donde las hortalizas y legumbres no concentran las partículas, sino que son portadoras de éstas. El riesgo de enfermedad depende de la capacidad de supervivencia y de la resistencia de los virus a las condiciones ambientales. No obstante, es frecuente que durante la manipulación y preparación de los vegetales crudos, sobre todo en las ensaladas en las que no se suelen aplicar las condiciones higiénicas adecuadas, las partículas virales se transmitan desde las heces hacia el alimento y de éste a las personas sanas. Así, los vegetales sufren contaminación cruzada, mientras los moluscos contaminación de origen.

Tratamiento y prevención

Los antivirales son medicamentos utilizados para el tratamiento de infecciones provocadas por virus. El uso de adefovir dipivoxil, solo o en combinación con lamivudina, constituye un procedimiento

eficaz en pacientes con virus de hepatitis B. Hay dos clases de antivirales contra la gripe por AH1N1: los inhibidores de la neuraminidasa y los adamantanos. El único medio efectivo para prevenir las infecciones virales es la vacunación. En el decenio de 1970, la vacuna contra la viruela erradicó esta enfermedad del mundo. En la actualidad, se investiga la aplicación de vacunas con DNA viral para el tratamiento de herpes recurrente (HSV-1 y HSV-2), presida (VH-1) y hepatitis B (VHB).

La mejor forma para prevenir las infecciones virales consiste en el lavado frecuente de las manos y evitar compartir utensilios de cocina, pañuelos, ropa de cama, toallas y otros objetos de uso personal. Es de particular importancia que las personas con dolor de garganta se laven las manos regularmente. Numerosas enfermedades virales se pueden evitar con vacunas. Una dieta saludable, mucho ejercicio físico y reposo también ayudan. Se recomienda usar repelente contra insectos, camiseta de manga larga, pantalones largos y medias, cuando se está al aire libre y el tiempo lo permita.



IMPORTANTE:

Antivirales. Son aquellos compuestos capaces de inhibir una o varias etapas del ciclo de multiplicación viral dentro de la célula del hospedero.



RECUERDA:

Muchos de los antivirales obstruyen alguna de las fases de la infección y la replicación; por ejemplo: amantadina y oseltamivir bloquean la adhesión y penetración; zidovudina inhibe la transcriptasa inversa, lo cual bloquea la formación de DNA proviral; vidarabina y aciclovir interfieren con la DNA polimerasa viral; interferones inhiben la síntesis proteínica; los inhibidores de proteasa e inhibidores de glucosilación (glicosilación) provocan alteración en la fase de maduración proteínica.

6. PARÁSITOS

Son cualquier organismo que vive sobre o dentro de otro organismo vivo, del que obtiene parte o todos sus nutrientes sin dar compensación alguna a cambio al hospedero.



IMPORTANTE:

Parásito. Son cualquier ser que vive a expensas de otro organismo.

Clasificación tradicional

Habitualmente, los parásitos se han dividido, según su morfología, en:

- **Protozoarios.** Consisten en células pequeñas, usualmente miden de 1 a 10 μm y se multiplican dentro de su hospedero definitivo.
- **Helmintos.** Son gusanos multicelulares, que llegan a tener una longitud de 100 μm a 10 cm o más y no se multiplican dentro de su hospedero definitivo.
- **Artrópodos.** Son invertebrados que tienen un exoesqueleto de quitina y patas articuladas móviles, que directamente causan enfermedad o actúan como vectores de varios patógenos.

Clasificación taxonómica

En este momento, el sistema para la clasificación de organismos se basa en la genética, ultraestructura y bioquímica. Por lo tanto, los seres que antes se consideraban protozoos, ahora se han reclasificado en grupos diversos de eucariontes. En esta obra se mantiene la categorización habitual para evitar confusiones y algunos de los cambios taxonómicos recientes (**cuadro 2-3**).



IMPORTANTE:

Clasificación de los parásitos. Se han dividido tradicionalmente en tres grupos: protozoarios, helmintos y artrópodos.



RECUERDA:

Por comodidad, los protozoos de importancia clínica se clasifican según sus métodos de locomoción en cuatro grupos: amebas (forman seudópodos), flagelados (poseen flagelos), ciliados (desarrollan cilios) y esporozoos (inmóviles). Los helmintos son gusanos que pertenecen a uno de estos tres grupos: céstodos (gusanos planos), tremátodos (duelas) y nemátodos (gusanos redondos). Los artrópodos se clasifican en insectos (tres pares de patas), arácnidos (cuatro pares), crustáceos (cinco pares) y miriápodos (muchos pares).

Morfología de un protozoario

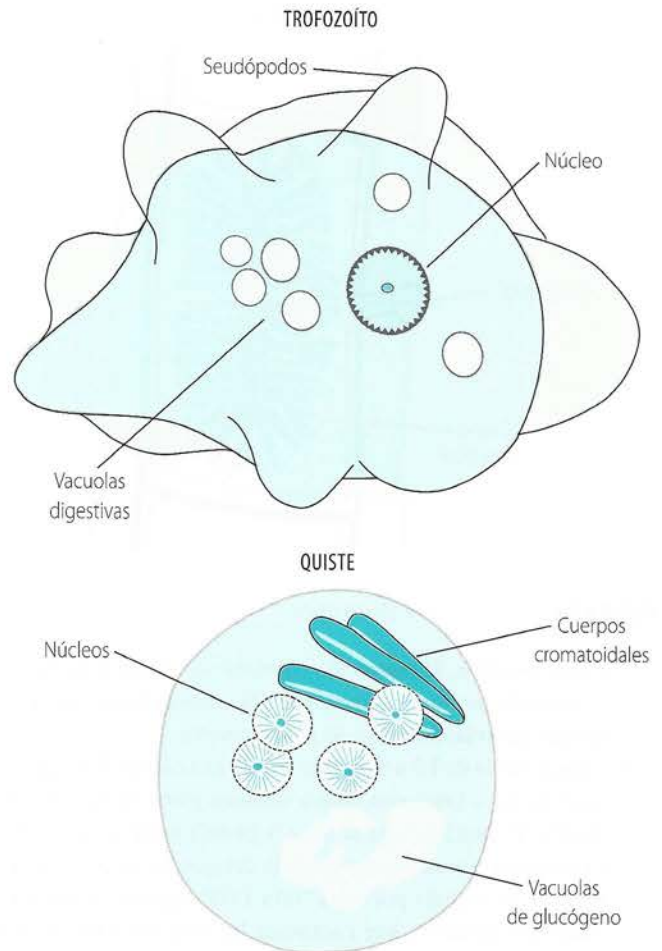
Entamoeba histolytica es uno de los eucariontes más primitivo, puede existir en dos formas (**figura 2-3**):

- **Trofozoíto.** En esta etapa, la ameba lleva a cabo su actividad de nutrición y crecimiento. Mide entre 15 y 60 μm . Tiene un núcleo con cromatina periférica, formada por numerosos gránulos distribuidos uniformemente y situados en la superficie interna de la membrana nuclear. El cariosoma es puntiforme y

CUADRO 2-3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS PARÁSITOS DE IMPORTANCIA PARA EL SER HUMANO

Helmintos	
Clases	Género representativo
Nemátodos	<i>Trichinella</i>
	<i>Trichuris</i>
	<i>Enterobius</i>
	<i>Necator</i>
	<i>Strongyloides</i>
	<i>Wuchereria</i>
Céstodos	<i>Taenia</i> <i>Dyphilllobothrium</i>
Tremátodos	<i>Schistosoma</i>
Protozoarios	
Filum	Género representativo
Sarcomastogophora	<i>Giardia</i>
	<i>Entamoeba</i>
	<i>Leishmania</i>
	<i>Trypanosoma</i>
	<i>Trichomonas</i>
	<i>Acanthamoeba</i>
	<i>Naeglia</i>
Apicomplexa	<i>Toxoplasma</i>
	<i>Plasmodium</i>
	<i>Isoospora</i>
	<i>Cryptosporidium</i>
Microspora	<i>Enterocytozoon</i>
Ciliophora	<i>Balantidium</i>
No clasificados	<i>Pneumocystis</i>
Artrópodos	
Subfilum	Género representativo
Hexapoda	Cucaracha
	Escarabajo
	Mosca
Chelicerata	Garra pata
	Tarántula
	Escorpión
Crustacea	Cangrejos de río
Uniramia	Eufáusidos
	Milpiés
	Escolopendra
	Ciempiés

central. En el citoplasma y vacuolas suelen encontrarse restos alimentarios y, en ocasiones, glóbulos rojos. El trofozoíto se mueve por emisión de pseudópodos. Produce enzimas proteolíticas que ocasionan la acción histolítica. Es poco resistente a las condiciones ambientales y muere rápidamente.

**FIGURA 2-3.** MORFOLOGÍA DE UN PROTOZOARIO

- **Quiste.** En esta fase, la ameba es resistente a diferentes condiciones ambientales, se encuentra en estado latente o metabólicamente inactiva. La estructura esférica mide de 10 a 20 μm y contiene de uno a cuatro núcleos, similares a los de los trofozoítos. En los quistes inmaduros o prequistes se observan con más frecuencia cuerpos cromatoidales en forma de barra con los extremos redondeados y masas de glucógeno.

**IMPORTANTE:**

Características de los protozoarios. Son organismos unicelulares eucariontes. Su tamaño oscila entre 2 y 200 μm . Presentan núcleo(s), diversos organelos y citoesqueleto. El alimento es digerido en vacuolas fagocíticas. La mayor parte es móvil y heterótrofa.

Morfología de un helminto

Taenia solium es un parásito exclusivo del hombre, puede existir en dos formas (figura 2-4):

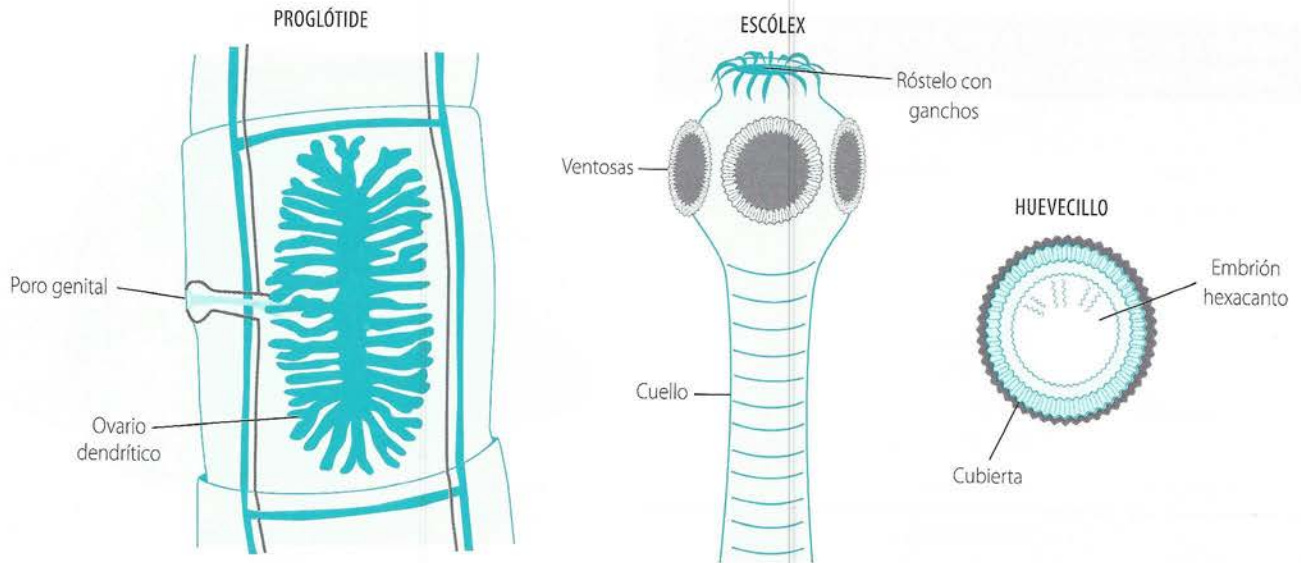


FIGURA 2-4. MORFOLOGÍA DE UN HELMINTO

- **Huevo maduro.** El huevecillo contiene un embrión hexacanto rodeado por una cubierta esférica o simiesférica, estriada, gruesa, café claro, de 30 a 40 μ de diámetro.
- **Adulto.** Mide de 1.5 a 8 metros. Posee una cabeza llamada escólex de 0.6 a 1 mm con cuatro ventosas y un róstelo rodeado de 22 a 32 ganchos, que se fija a la pared intestinal mediante. El cuello es la zona de crecimiento del gusano. El estróbilo es la parte constituida por unos 700 a 1 000 segmentos denominados *proglótides* y que contienen los órganos femeninos y masculinos.

**IMPORTANTE:**

Características de los helmintos. Son eucariontes multicelulares de cuerpo alargado, sin extremidades, con simetría bilateral y órganos definidos. El tamaño varía desde algunas micras hasta metros. Se reproducen sexualmente, pueden ser hermafroditas o presentar sexos separados. La mayor parte son ovíparos.

Morfología de un artrópodo

Los artrópodos son animales con simetría bilateral; comparten características morfológicas y fisiológicas fundamentales (figura 2-5):

- **Articulaciones.** Tienen patas articuladas. En realidad no sólo las patas, sino que todo el cuerpo, están formados por varios segmentos unidos entre sí por medio de articulaciones; por ejemplo: antenas, branquias, mandíbulas, quelíceros, etc.
- **Segmentación.** El cuerpo está construido por módulos repetidos a lo largo del eje anteroposterior, mediante un fenómeno conocido como *metamería*. Los metámeros similares forman regiones, las cuales dividen el cuerpo en dos o tres partes en el mayor número de los casos.
- **Exoesqueleto.** Presentan un esqueleto externo cubierto de una sustancia llamada *quitina*. Debido a su dureza, algunos artrópodos experimentan mudas de esta cubierta para crecer y, a veces, sufren metamorfosis. Además, tienen circulación abierta; es decir, la sangre es enviada a una cavidad corporal, en donde están inmersos los órganos internos y los materiales son intercambiados directamente por difusión.

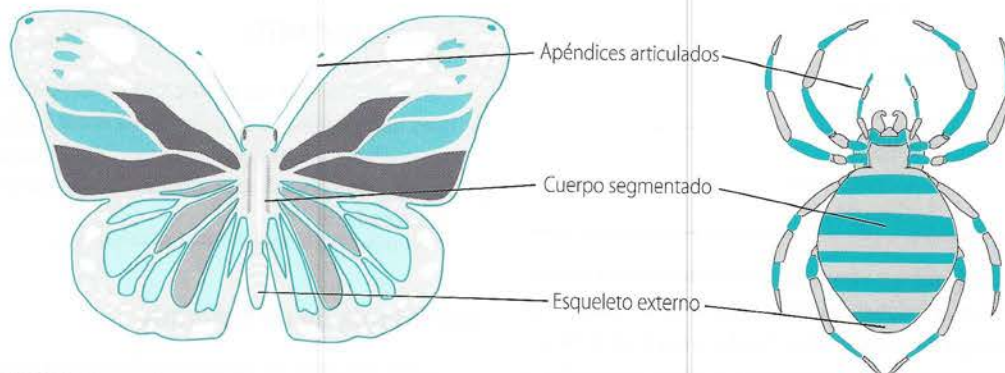


FIGURA 2-5. MORFOLOGÍA DE UN ARTRÓPODO



RECUERDA:

Los artrópodos forman el grupo más numeroso del reino animal con 1 200 000 especies descritas. Estos seres causan muchos efectos beneficiosos. La polinización por insectos es un requisito fundamental para 90% de las plantas con flores. Además, poseen un gran arsenal de compuestos biológicos con actividad anticarcinogénica, anticoagulante, detoxificadora, antimicrobiana, etc. Algunas especies, al alimentarse con restos de animales muertos, los transforman en una nueva materia orgánica que se reintegra a la tierra para nutrir a las plantas. Los *parasitoides* son insectos entomófagos que tienen la capacidad de parasitar y consumir insectos plaga. Asimismo, pueden ser fuente de alimentación. El consumo de crustáceos está en expansión debido a la excelente calidad de su carne. La presencia o ausencia de determinadas especies se usa para deducir el ambiente en el que ha estado un cadáver. Algunas elaboran productos muy útiles, por ejemplo: miel, colorantes, seda, etc.

Ciclo biológico

El conocimiento de los ciclos de vida de los parásitos es crucial para comprender la forma en que la infección se adquiere y se disemina, la patogénesis de la enfermedad y la manera en que podría ser controlada. Según el parásito, las etapas vitales pueden variar desde relativamente simples, hasta sorprendentemente complicadas, y con múltiples formas y fases de desarrollo. Por lo general, cuando el parásito se encuentra en el ambiente externo, está latente en la forma de huevecillo o quiste resistente; al ser ingerido por el hospedero apropiado puede sufrir un crecimiento dinámico y metamorfosis (figura 2-6). En la mayoría de los artrópodos hay individuos machos y hembras. La fecundación es interna y las

crías nacen a partir de un huevo depositado sobre las plantas, en el agua, o bajo tierra.

Un ciclo biológico complicado disminuye la oportunidad de supervivencia del parásito; no obstante, los órganos reproductores bien desarrollados y la multiplicación en alguna etapa del ciclo ayudan a evadir este riesgo. Es importante mencionar el papel del hospedero en el desarrollo del parásito (cuadro 2-4). El caracol es el hospedero intermediario para *Schistosoma mansoni*; en él se lleva a cabo una etapa larvaria o asexual del parásito. El tremátodo *Paragonimus westermani* parasita cangrejos de río, los cuales infectan al ser humano después de ingerirlos crudos o mal cocidos. El hombre es el hospedero definitivo de *Taenia solium*; es decir, alberga al parásito adulto durante su etapa sexual.

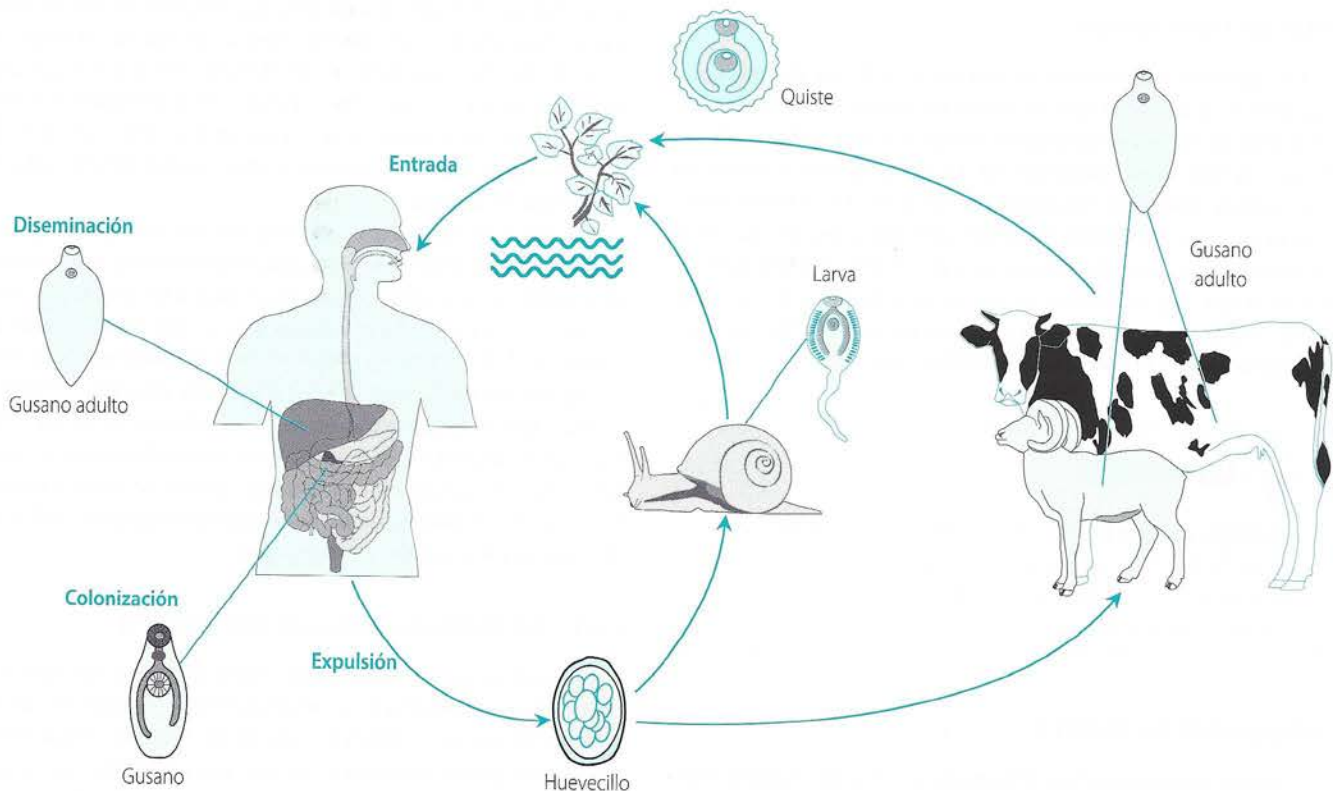


FIGURA 2-6. EL CICLO VITAL DE UN PARÁSITO PUEDE INCLUIR VARIOS HOSPEDEROS

CUADRO 2-4. DIFERENTES TIPOS DE PARÁSITOS

Tipo	Definición	Ejemplo
Endoparásitos	Organismos que viven en el interior del hospedero	<i>Ascaris lumbricoides</i>
Ectoparásitos	Parásitos que habitan sobre la superficie del que los hospeda	<i>Pediculus humanus</i> (piojos)
Autoicos	Son aquellos que pasan las etapas parasitarias de su ciclo vital en un único hospedero	<i>Enterobius vermicularis</i>
Heteroicos	Este tipo necesita alojarse en animales diferentes en cada fase de su ciclo vital	<i>Fasciola hepatica</i>
Facultativos	Organismos que pueden alimentarse tanto de seres vivos como de materia muerta	<i>Pelodera strongyloides</i>
Obligados	Parásitos que no pueden sobrevivir sin el hospedero	<i>Toxoplasma gondii</i>
Permanentes	Son los que pasan la mayor parte de su ciclo vital dentro o sobre el organismo al que parasitan	<i>Sarcoptes scabiei</i>
Temporales	Son aquellos que viven durante un breve periodo en el hospedero y son de vida libre durante el resto de su ciclo vital	<i>Trichinella spiralis</i>

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. En el ambiente externo, los protozoarios se encuentran latentes en la forma de quistes o huevecillos; cuando pasan al hospedero terminan su maduración como trofozoítos. Los helmintos pueden incluir una sucesión de hospederos intermediarios para completar cada estado larvario del desarrollo y un hospedero definitivo para el parásito adulto.

Vías de transmisión

Hay diversos mecanismos de transmisión de los parásitos. La *vía directa* se da por el contacto entre personas; por ejemplo, *Trichomona*. La *vía transplacentaria*, donde la mujer embarazada infecta a su hijo (como *Toxoplasma*). La *vía fecal-oral*, a través del consumo de alimentos contaminados con heces (p. ej. las amebas). La *vía telúrica*, por medio de suelos contaminados (el caso de la ascariasis). La *antropozoonosis*, por el contacto con animales infectados (un caso es *Equinococcus*). La *leishmaniosis* se transmite al ser humano por medio de la picadura de vectores (los artrópodos de los géneros *Phlebotomus* y *Lutzomyia*).

**IMPORTANTE:**

Contagio por parásitos. Los parásitos se transmiten por el contacto entre personas, la vía transplacentaria, el consumo de alimentos contaminados, la vía telúrica, la antropozoonosis, y la picadura de artrópodos.

Infecciones en plantas

Muchos nemátodos viven libremente en el suelo. Algunas especies causan cambios radicales en las células de las raíces y los tallos subterráneos de las plantas, con el fin de facilitar su estilo de vida

parasitario. Los nemátodos *Globodera pallida* y *G. rostochiensis* están distribuidos ampliamente en Europa, en donde causan pérdidas en los cultivos de papas, que ascienden a los 300 millones de dólares cada año. Entre las enfermedades causadas por protozoos en los vegetales se puede mencionar la hernia de las crucíferas ocasionada por *Plasmodiophora brassicae*, un parásito obligado, transmitido por la tierra. Las zoosporas móviles entran en contacto con los pelos de la raíz e invaden el tejido cortical. En la forma secundaria de plasmodios desvían una parte sustancial de los recursos hacia un crecimiento hipertrófico de los tejidos de la raíz, lo que resulta en la formación de agallas. El plasmodio secundario se escinde en millones de esporas y las agallas de la raíz se desintegran rápidamente, para liberar esporas resistentes de larga vida en la tierra. Por otro lado, se ha demostrado que los parásitos pueden transmitir virus a los vegetales. El protozoario del suelo *Spongopora subterranea* es el vector natural del virus *Mop-Top* (PMTV); entre ambos ocasionan la enfermedad denominada *sarna polvosa de la papa*.

Además, conviene tener presente que los artrópodos pueden originar efectos negativos indirectos para el hombre: como el daño producido por la masticación de las plantas o los productos almacenados; la inyección de sustancias tóxicas que alteran los tejidos vegetales al momento de alimentarse; la oviposición de la hembra dentro del tejido vegetal, lo cual produce una marca visible en frutos y flores; la diseminación de virus, hongos, bacterias y fitoplasmas; la deposición de excrementos, restos de mudas, melazas, sedas, etc., que proporcionan sabores y olores extraños al producto o cosecha; el debilitamiento de la planta por lesiones producidas durante su alimentación y oviposición.

Enfermedades parasitarias del hombre

Las parasitosis son infecciones o infestaciones ocasionadas por un organismo parasitario. La enfermedad de Chagas es causada por un protozoario flagelado unicelular llamado *Tripanosoma cruzi*. *Schistosoma mansoni* es un parásito del hígado, que origina un padecimiento debilitante conocido como *esquistosomiosis*. La amebiosis intestinal se debe al protozoario *Entamoeba histolytica*.

**IMPORTANTE:**

Parasitosis. Es una enfermedad infecciosa causada por protozoarios, helmintos y artrópodos. La infestación es la invasión del organismo por macroparásitos tanto en el exterior (artrópodos) como en el interior (helmintos).

Muchos artrópodos causan efectos negativos directos a través de distintos mecanismos; por ejemplo: *Aedes aegypti* puede ser transmisor del dengue, la fiebre amarilla y el chikungunya; el piojo *Pediculus humanus var. capitis* produce una afección cutánea, fundamentalmente en el cuero cabelludo, denominada *pediculosis capitis*; el alacrán *Centruroides noxius* posee en su veneno polipéptidos de acción neurotóxica; *Dermatophagoides pteronyssinus* es un ácaro del polvo, cuyos excrementos provocan asma; la cucaracha *Periplaneta americana* puede transportar en sus patas y cuerpo agentes patógenos como *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi-B* y *Entamoeba histolytica*, que son depositados en la comida y diversos utensilios.

**RECUERDA:**

Entre los procesos de los parásitos para generar daño están: la obstrucción mecánica de la mucosa causada por un incontable número de trofozoítos, la lesión mecánica en las microvellosidades por los parásitos adheridos fuertemente, la falta de diferenciación celular debida a un aumento en la descamación del epitelio intestinal, la reacción inflamatoria con la consecuente producción excesiva de moco, la desconjugación de sales biliares por sobrecrecimiento bacteriano en duodeno, y la degeneración del citoplasma de fibroblastos por algún tipo de toxina.

Alimentos implicados en infecciones parasitarias

Los productos frecuentemente relacionados con infecciones por parásitos son las frutas y verduras contaminadas. Se han identificado *Blastocystis hominis*, coccidios intestinales y *Strongyloides stercoralis* en lechugas. En muchas ocasiones, los brotes son mediados por la manipulación de portadores asintomáticos que contaminan los alimentos, por no efectuar las normas higiénicas personales estrictas. De los muchos vegetales involucrados se pueden destacar las lechugas, frambuesas, tomates, pepinos o zumos de frutas, entre otros. Algunos casos importantes se deben al consumo de agua contaminada, con epidemias que han originado el fallecimiento de decenas de personas. La ingestión de carne mal cocida o cruda también es un evento frecuente cuando se presentan casos de parasitosis por *Taenia solium* o *Toxoplasma gondii*.

Tratamiento y prevención

Los antiparasitarios son fármacos utilizados en seres humanos y animales para tratar infecciones causadas por bacterias, parásitos y ciertos tipos de cáncer. El tratamiento que se recomienda contra los protozoarios se basa en la administración de diversos medicamentos como el secnidazol o el metronidazol. Para eliminar los metazoarios se dispone de distintos antihelmínticos de amplio espectro, por ejemplo: albendazol, mebendazol y praziquantel. Algunas estrategias consisten en la aplicación de vacunas como la TSOL18 en cerdos, para evitar la transmisión de *Taenia solium* al hombre y así erradicar la cisticercosis.

Es indispensable tomar tratamiento durante todo el ciclo de vida del parásito, para asegurar la muerte del mismo y sus huevecillos. Una dieta equilibrada, suplementada con aceites esenciales, fortalece el sistema inmunitario y dificulta la adherencia de los parásitos. La cocción de carne en trozos pequeños durante 15 min, la congelación a 0 °C por 96 h, o bien la congelación a -20 °C durante 48 h, sirven para matar las larvas. Se exhorta a no beber agua de ríos, lagos, depósitos o estanques, a pesar de que tengan un aspecto limpio; enjuagar los alimentos orgánicos, ya que están libres de plaguicidas pero no de plagas; después de jugar con animales, ir al baño o trabajar en el jardín se recomienda lavar las manos. Para la prevención de las picaduras por vectores se utilizan insecticidas, redes antimosquitos y pijamas especiales.

**IMPORTANTE:**

Antiparasitario. Es un medicamento para el tratamiento de infecciones o infestaciones, o ambas, producidas por parásitos.

**RECUERDA:**

Los mecanismos de acción de los parasitarios son variados. El mebendazol provoca inhibición selectiva e irreversible de la captación de glucosa y agotamiento de las reservas de glucógeno del parásito; los antipalúdicos pueden actuar sobre la síntesis de los ácidos nucleicos; los antibióticos eritromicina y tetraciclina inhiben la síntesis de proteínas; el pirantel induce parálisis espástica del parásito, y el metronidazol lesiona el DNA del parásito, lo cual ocasiona su apoptosis.

7. HONGOS

Son un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares, carentes de clorofila, obtienen carbono de fuentes orgánicas, poseen una pared rígida por celulosa y quitina, y viven sobre otros organismos como saprófitos o parásitos. La putrefacción y descomposición de toda la materia orgánica se debe a la acción conjunta de hongos y bacterias. Algunos hongos producen graves enfermedades en plantas y animales.

**IMPORTANTE:**

Características de los hongos. Son organismos eucariontes no fotosintéticos, habitualmente saprófitos.

Clasificación tradicional

Usualmente los hongos se dividen en setas, mohos y levaduras.

- **Setas.** Se describen como vegetales sin clorofila, que crecen en lugares húmedos. En botánica, las setas son los esporocarpos, o cuerpos fructíferos, de un conjunto de hongos pluricelulares.
- **Mohos.** Son hongos multicelulares formados por estructuras tubulares llamadas hifas, que crecen por ramificación y extensión longitudinal. También se designan hongos micelares o filamentosos.
- **Levaduras.** Son organismos unicelulares redondos u ovales, no producen hifas verdaderas y se reproducen por gemación.

**RECUERDA:**

Los denominados hongos dimórficos crecen en el hospedero en forma de levaduras; a temperatura ambiente, lo hacen como hongos filamentosos. Los hongos dimórficos *Candida albicans*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Sporotrix schenckii*, *Histoplasma capsulatum* y *Coccidioides immitis* pueden provocar micosis sistémicas endémicas.

Clasificación taxonómica

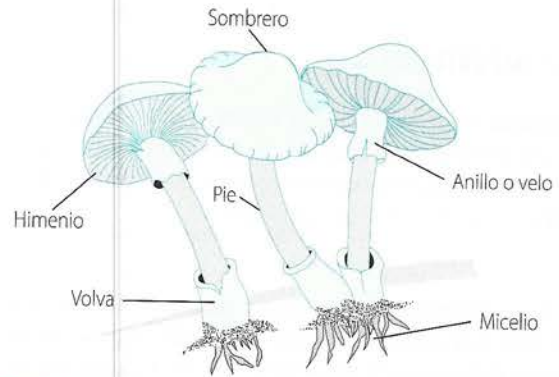
En tiempos pasados, los hongos eran considerados plantas; actualmente se sitúan en el reino *Mycota* (cuadro 2-5).

CUADRO 2-5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS PRINCIPALES HONGOS

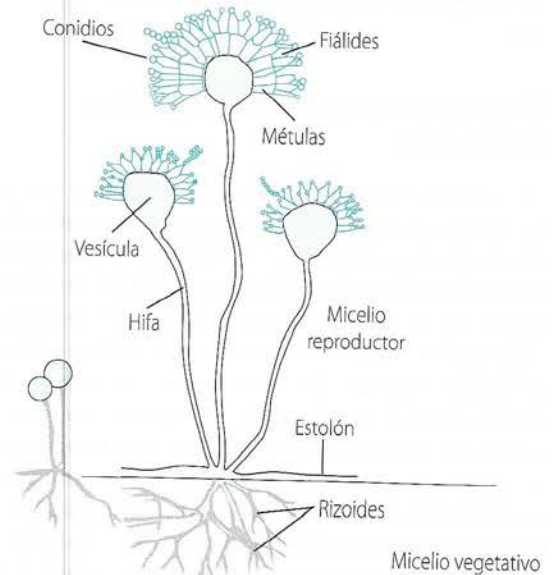
Filos	Ejemplo
Ascomycetes	Levaduras: <i>Saccharomyces</i>
Basidiomycetes	Setas: <i>Armillaria</i> , <i>Agaricus</i>
Zygomycetes	<i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i>
Oomycetes	Mohos: <i>Fusarium</i> , <i>Phytophthora</i>
Deuteromycetes	<i>Penicillium</i>

**IMPORTANTE:**

Clasificación de los hongos. Tradicionalmente se agrupan en setas, mohos y levaduras.

**FIGURA 2-7. MORFOLOGÍA DE UNA SETA****Morfología de los hongos**

- **Setas.** Una seta típica consta de los siguientes elementos (**figura 2-7**): la cutícula es la cubierta exterior del sombrero. El sombrero es la parte más carnosa situada sobre el pie; puede tener forma globosa, aplanada, convexa, ramificada, etc. El himenóforo sostiene al himenio, el cual a su vez contiene las esporas sexuales. El pie es el segmento que soporta el sombrero. En su forma puede ser radicante, claviforme, bulboso o provisto de retículo y anillo. El anillo está formado a partir de los restos del velo parcial. La volva es la parte membranosa que rodea la base del pie de algunas especies.
- **Hongos filamentosos.** El talo de la mayor parte de los mohos es una estructura tubular, larga, delicada que contiene protoplasma, llamada *hifa*. Las hifas a menudo están divididas por paredes denominadas *tabiques*. La generalidad de los filamentos de mohos tienen en cada hifa uno o dos núcleos, y el citoplasma se mueve a través de un pequeño poro que se aprecia en el centro de cada tabique. El desarrollo de las hifas se lleva a cabo tanto por alargamiento de las puntas como por ramificación; con el crecimiento, el conjunto de hifas entrelazadas forma el micelio (**figura 2-8**). La parte del micelio que penetra

**FIGURA 2-8. MORFOLOGÍA DE UN HONGO FILAMENTOSO**

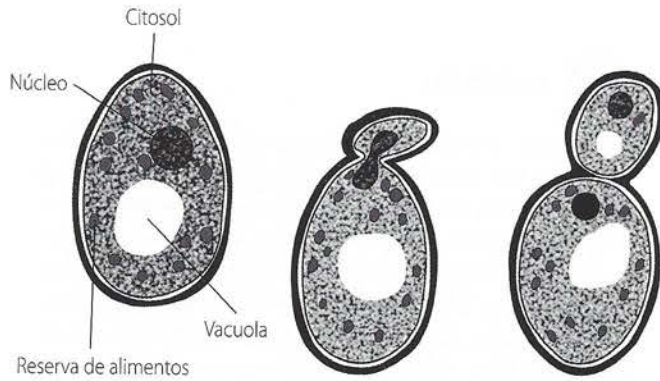


FIGURA 2-9. MORFOLOGÍA DE UNA LEVADURA

en el sustrato para obtener los nutrientes, recibe el nombre de *micelio vegetativo*, y la otra que crece sobre el sustrato y produce las esporas, se llama *micelio reproductor* o *aéreo*.

Los *rizoides* son prolongaciones hifales cortas, que sirven para fijar el micelio y facilitar la absorción de sustancias. El *estolón* está constituido por hifas generalmente horizontales, que unen grupos de rizoides. Las *esporas* son las unidades de germinación, similares en la función de las semillas en las plantas superiores y sus características básicas se utilizan para la identificación de muchos hongos filamentosos. Una *conidia* es una espora fúngica producida asexualmente, formada sobre un conidióforo, que es una hifa especializada en el

extremo y de la cual se producen los conidios. Las *fiálides* son estructuras con forma de botella, ubicadas en el extremo de un conidióforo, sobre las cuales se producen esporas.

- **Levaduras.** Las levaduras típicas tienen forma ovoide y su tamaño oscila entre 2 y 10 μm . Poseen pared celular, citoplasma con vacuolas, glóbulos de grasa y glóbulos metacromáticos (figura 2-9). No tienen flagelos.

**IMPORTANTE:**

Estructuras de los hongos. Las setas están provistas de un pie y un sombrero.

Los hongos filamentosos poseen hifas, tabiques, núcleos, citoplasma, rizoides, estolón, conidióforo, conidia, fiálides y esporas. Las hifas que penetran en el sustrato son el micelio vegetativo. Las hifas que producen esporas se llaman micelio reproductor.

Las levaduras tienen pared celular, citoplasma con vacuolas, glóbulos de grasa y metacromáticos.

Reproducción de los hongos

Éstos pueden multiplicarse mediante cualquiera de los siguientes mecanismos, aunque en muchos casos se comparten varios (figura 2-10):

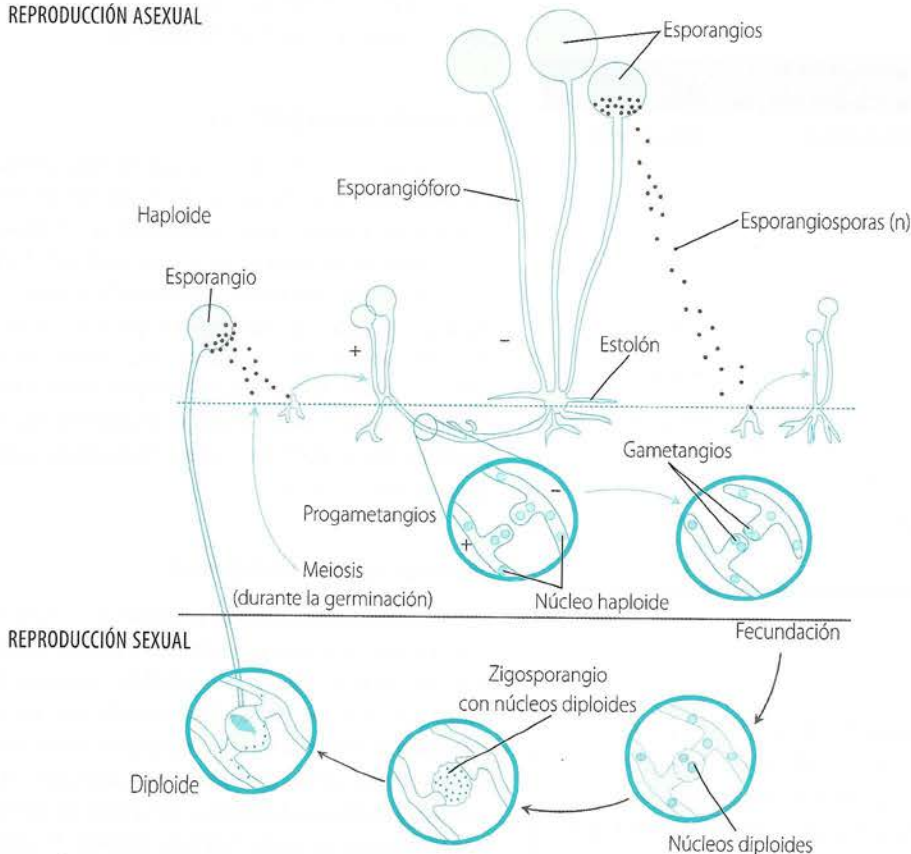
REPRODUCCIÓN ASEJUAL

FIGURA 2-10. REPRODUCCIÓN DE UN HONGO FILAMENTOSO

- **Asexual.** Es el crecimiento a partir de unseudomicelio primitivo, sin conjugación nuclear ni reducción cromática. La reproducción asexual puede ser de tres tipos: gemación, esporulación y fragmentación.
 - Gemación. Consiste en la formación de una gema, que se desarrolla en forma independiente y origina un nuevo individuo, el cual se desprende o permanece unido al progenitor.
 - Esporulación. Implica la dispersión de las esporas al entorno y la formación de nuevos organismos a partir de ellas.
 - Fragmentación. Involucra la separación de una parte del microorganismo, que se desenvuelve como un espécimen independiente.
- **Sexual.** Es la producción de esporas por fusión de dos núcleos haploides sexualmente distintos. No es frecuente en los hongos patógenos humanos, por lo que se denominan hongos imperfectos. Los principales tipos de esporas sexuales son: oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas.
- **Parasexual.** Es un mecanismo raro, en el que las hifas se unen sin fusión nuclear posterior y da lugar a un heterocarión de núcleos haploides. En algunas ocasiones se pueden conjugarse los núcleos y aparece un núcleo diploide-heterocigótico.

Por lo general, la reproducción de los hongos es a través de esporas asexuales, aunque muchos pueden producir esporas sexuales (cuadro 2-6.).

CUADRO 2-6. TIPOS DE REPRODUCCIÓN EN HONGOS

Hongo	Reproducción	Mecanismo
Setas	Sexual	Esporas
	Asexual	Fragmentación
		Esporulación
Hongos filamentosos	Sexual	Esporas
	Asexual	Fragmentación
		Esporulación
	Parasexual	
Levaduras	Sexual	Esporas
	Asexual	Gemación



IMPORTANTE:

Multiplificación de los hongos. Puede ser: 1) asexual, sin conjugación nuclear; por ejemplo, la gemación, esporulación y fragmentación. 2) Sexual, por fusión de dos núcleos haploides sexualmente distintos. 3) Parasexual, las hifas se unen sin fusión nuclear posterior.



RECUERDA:

Los hongos imperfectos o deuteromicetos comprenden más de 15 000 especies reunidas provisionalmente en este grupo porque se desconoce o no existe el mecanismo de reproducción sexual. La reproducción asexual se produce mediante conidios. Los hongos imperfectos tienen un micelio formado por hifas tabicadas, generalmente multinucleadas y ramificadas; sólo las levaduras, que son unicelulares, no desarrollan hifas. Son de gran importancia médica por su alto grado de patogenicidad en el hombre. Algunos ejemplos son: *Coccidioides immitis*, *Paracoccidioides brasiliensis* y *Candida albicans*.

Diseminación

Los hongos primordialmente son estáticos. Pero se pueden dispersar a través de esporas que viajan en el viento y en la lluvia, o por crecimiento y extensión de sus hifas. Algunos insectos y milpiés comen hongos y así favorecen el esparcimiento de las esporas. Las infecciones por candida pueden ser transmitidas de paciente a paciente y de sanitarios a pacientes. La transmisión de *Cryptococcus* suele ser mediante inhalación de levaduras parecidas a los hongos. La vía de entrada del hongo *Sporothrix schenckii* es generalmente por inoculación cutánea con objetos contaminados, tales como rosales, juncos, madera, paja, etc.

Infecciones en plantas

Las plantas sufren una sucesión de enfermedades y plagas durante su desarrollo, de las cuales alrededor de 85% es causado por hongos. Se considera que existen más de 8 000 especies de hongos que producen enfermedades en los vegetales. Los hongos pueden originar muerte del tejido, atrofia de la planta completa o de sus partes, e hipertrofia. Además, los que afectan las raíces o el sistema vascular, tienden a producir una coloración amarillenta en la planta y marchitez. Entre los hongos deterioradores patológicos de frutas, hojas, tallos y productos subterráneos se mencionan *Aspergillus flavus*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* y *Colletotrichum gloeosporioides*.

Hongos en los alimentos

Las setas comestibles son un alimento tradicional consumido en muchos países. Entre las más codiciadas se encuentran los champiñones, la trufa negra y el robellón. *Amanita phalloides* es una especie tóxica que se puede confundir con las amanitas blancas comestibles. Entre la flora autóctona de las verduras están los mohos *Botrytis cinerea*, *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria tenuis* y *Rhizopus nigricans*. Las frutas presentan un pH ácido y una mayor concentración de carbohidratos simples, lo que favorece el crecimiento de mohos y bacterias ácido lácticas. Algunos hongos fi-

lamentosos deterioradores de frutas son *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Botrytis*.

En determinadas condiciones, los mohos son capaces de producir *micotoxinas*. Este tipo de hongos se encuentra en una gran variedad de alimentos, especialmente vegetales, cereales y oleaginosas. Las micotoxicosis por *Fusarium proliferatum*, *Alternaria alternata* o *Aspergillus flavus* provocan intoxicaciones agudas o crónicas en seres humanos y animales, contagiándose a partir del consumo de un alimento directamente contaminado, o cuando ingieren residuos de micotoxinas presentes en carnes, vísceras, huevo o leche.

Las levaduras se encuentran en el suelo y sobre las plantas, y abundan en la naturaleza. *Saccharomyces cerevisiae* tiene la habilidad de crecer en forma anaerobia mientras realiza fermentación alcohólica. Por este motivo se utiliza en muchos procesos de fermentación industrial, por ejemplo: en la producción de pan, cerveza, vino, hidromiel, antibióticos y otros. Sin embargo, las levaduras también generan enzimas capaces de descomponer diversos sustratos, principalmente los azúcares. Los ascomicetos y basidiomicetos alteran alimentos de origen vegetal, frutos, verduras, granos, productos de panadería, salmueras, leche, productos lácteos, carnes frescas y curadas.

Enfermedades fúngicas en el hombre

Los hongos tienen la capacidad para producir diversas enfermedades. La ingestión de ciertos hongos macroscópicos (p. ej., *Amanita phalloides* y *Claviceps purpurea*) causa una intoxicación llamada *micetismo*. La *micotoxicosis* es un trastorno que deriva de la ingestión de alimentos contaminados con metabolitos tóxicos producidos por *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. Además, ciertos cuadros de alergia se deben a la acción de *hipersensibilidad* hacia esporas o fragmentos de hifas como ocurre con el género *Aspergillus*. Una *micosis* es una infección originada por ciertos hongos, que se puede clasificar en: superficial, cutánea, subcutánea, sistémica, y oportunista. *Cryptococcus* puede colonizar o diseminarse, o ambas cosas, en los tejidos de individuos inmunodeprimidos.

Al igual que los hongos filamentosos, las levaduras pueden causar reacciones alérgicas. *Malassezia* y *Candida* son miembros de la flora normal, pero debido a un defecto en las barreras cutáneas o mucosas pueden entrar en contacto con el sistema inmunita-

rio, lo que puede agravar la dermatitis atópica en algunos individuos. Asimismo, algunas levaduras se consideran como posibles alérgenos digestivos.



IMPORTANTE:

Enfermedades por hongos. Los hongos tienen varios mecanismos de acción patógena: micetismo, micotoxicosis, hipersensibilidad y micosis.

Tratamiento y prevención

Los casos graves de *histoplasmosis* (una infección por hongos que puede causar fiebre, ganglios linfáticos inflamados y muerte) se tratan con anfotericina B. El fluconazol posee actividad fungistática sobre dermatofitos, levaduras y otros hongos patógenos. La solución por vía oral de yoduro potásico es eficaz para el tratamiento de esporotricosis y fomicosis subcutánea. Por otro lado, la penicilina G y silimarina parecen ser útiles en la insuficiencia hepática debida a la intoxicación por consumo de hongos *Amanita genus*.

Para evitar algunas infecciones fúngicas es necesario mantener una buena higiene personal. Se recomienda evitar las caminatas descalzo por el borde de piscinas, en sauna, duchas públicas, alfombras o pisos de hoteles. Vestir siempre ropas íntimas de fibras naturales. No aplicar el tratamiento destinado a un tipo específico de infección micótica, en cualquier parte del cuerpo. Las medidas de control incluyen el uso de guantes y mangas largas al manipular arbustos de rosas, almácigos de pinos, fardos de heno u otras plantas que puedan provocar pequeños cortes en la piel. Se debe evitar la exposición en áreas posiblemente contaminadas, tales como criaderos de aves, granjas y cuevas de murciélagos.



IMPORTANTE:

Antimicótico. Es cualquier sustancia capaz de evitar el desarrollo de ciertas variedades de hongos, e incluso de provocar su muerte. También es llamado antifúngico.



RECUERDA:

De las miles de especies de mohos y levaduras conocidas, solamente unas 100 provocan padecimientos en el hombre y los animales. Las enfermedades fúngicas se clasifican de acuerdo a su localización. Las cutáneas se limitan a la epidermis, las subcutáneas penetran debajo de la piel y las sistémicas se diseminan a través de los órganos internos. Las micosis sistémicas son causadas tanto por hongos patógenos en sujetos sanos como por oportunistas en individuos inmunodeprimidos. Los hongos secretan distintos productos metabólicos poco comunes, algunos de los cuales, al ser ingeridos, provocan intoxicaciones. Por último, las esporas fúngicas causan alergias en los seres humanos.

**RECUERDA:**

La anfotericina B es un antibiótico poliénico lipofílico, que se une a los esteroides de las membranas celulares tanto de los hongos como las humanas, en donde deteriora la integridad de las mismas. El fluconazol tiene un efecto inhibitor en la enzima 14- α desmetilasa del citocromo P450, con la consecuente disminución de ergosterol (un constituyente esencial de la membrana del hongo).

8. BACTERIAS

Las bacterias (del griego *βακτήριο* "bastón") son microorganismos unicelulares y microscópicos, que se reproducen por división celular sencilla. Las células bacterianas son procariontes, es decir, su DNA no está confinado en el interior de un núcleo, sino libremente en el citoplasma. Las bacterias miden entre 1 y 10 μm de longitud. Habitan en casi todos los ambientes: aire, suelo, nieve y aguas termales. Algunas se encuentran en muchos alimentos y otras viven en simbiosis con plantas, animales y otros seres vivos. Se conocen unas 1 600 especies.

**IMPORTANTE:**

Características de las bacterias. Son organismos unicelulares microscópicos, cuyo material genético no está contenido por una membrana nuclear.

Clasificación tradicional

Las bacterias suelen clasificarse en base a varios criterios:

- **Morfología.** En cocos (forma esférica), bacilos (forma alargada elíptica), espirilos (forma helicoidal) y vibriones (forma de bastón encorvado) (figura 2-11).

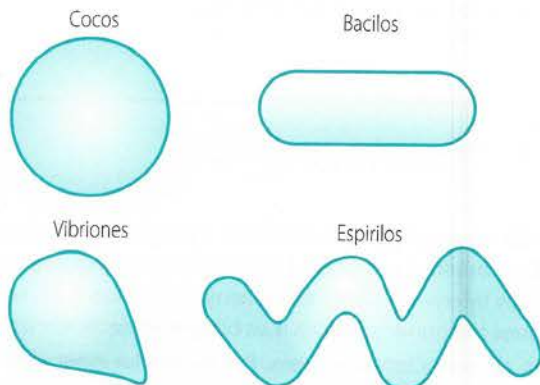


FIGURA 2-11. MORFOLOGÍA DE LAS BACTERIAS

- **Atmósfera.** En presencia de oxígeno para vivir (aerobias). En ausencia de oxígeno (anaerobias). En presencia o ausencia, o ambas, de oxígeno (facultativas).
- **Tinción.** Se denominan grampositivas a aquellas que retienen la coloración azul y gramnegativas a las que se visualizan de color rojo.

Clasificación taxonómica

La agrupación se basa en las características de la pared celular (cuadro 2-7).

CUADRO 2-7. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS BACTERIAS SEGÚN LA PARED CELULAR

División	Característica	Ejemplo
Gracilicutes	Incluye a las bacterias con pared celular delgada del tipo gramnegativas	<i>Escherichia coli</i>
Firmicutes	Tienen paredes celulares gruesas del tipo grampositivas	<i>Clostridium botulinum</i>
Tenericutes	Carecen de pared celular	<i>Mycoplasma pneumoniae</i>
Mendosicutes	Tienen paredes celulares poco comunes, formadas por materiales distintos a los típicos peptidoglucanos bacterianos	<i>Methanococcus jannischii</i>

**IMPORTANTE:**

Clasificación de las bacterias. Según su forma son cocos, bacilos, espirilos y vibriones. De acuerdo a la tinción de Gram son positivas o negativas.

Estructura de las bacterias

Una típica célula bacteriana contiene las siguientes secciones (figura 2-12):

- **Glucocálix.** Es una capa de material viscoso compuesta por polímeros de azúcares. El glucocálix firmemente unido a la pared celular se denomina *cápsula*; el que no está bien unido se nombra capa *mucilaginosa*. Según la especie bacteriana, el glucocálix sirve para adherencia, resistencia a la desecación, material de reserva, patogenicidad y virulencia.
- **Pared celular.** Es una capa rígida que separa a la bacteria del medio que la rodea. Posee un heteropolímero conocido como peptidoglucano, constituido por subunidades alternadas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico enlazadas por puentes peptídicos. El peptidoglucano o mureína controla la rigidez y fuerza mecánica, la resistencia a la lisis osmótica y la forma bacteriana.

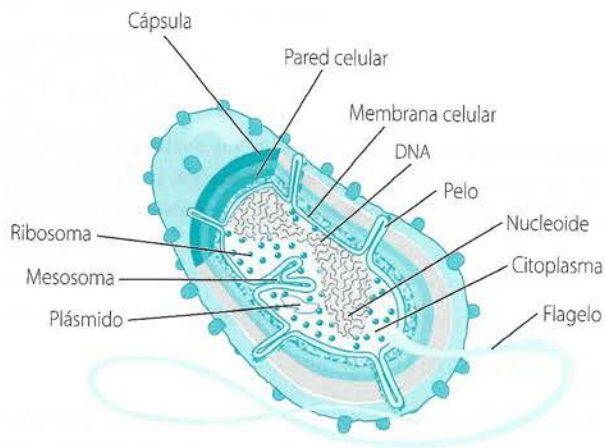


FIGURA 2-12. PARTES DE UNA BACTERIA

- **Periplasma.** Espacio entre la pared celular y la membrana citoplasmática.
- **Membrana citoplasmática.** Consiste en una estructura laminar que envuelve la célula. Está compuesta fundamentalmente por una bicapa de fosfolípidos donde se intercalan las proteínas. La función elemental de la membrana plasmática reside en mantener el medio intracelular diferenciado del extracelular. El componente proteínico realiza funciones receptora, transportadora y estructural.
- **Mesosoma.** Invaginación contorneada de la membrana celular, que tiene gran importancia en la división celular y la reparación de la célula.
- **Citoplasma.** Es una solución coloidal espesa, que contiene elementos nucleares, inclusiones citoplasmáticas (vacuolas, vesículas, etc.) y ribosomas. En este líquido tienen lugar reacciones químicas, tales como la síntesis del material celular a partir de los nutrientes.
- **Ribosomas.** Son orgánulos sin membrana, se encuentran libres en el citoplasma o asociados a la parte interna de la membrana citoplasmática. El ribosoma consta de dos subunidades que se ensamblan y trabajan juntas para sintetizar proteínas, a partir de la información genética transcrita en forma de RNAm.
- **Inclusiones.** Son depósitos de diferentes sustancias químicas insolubles en el citoplasma.
- **Gránulos de volutina.** Estructuras que acumulan fosfato cuando está interrumpida la síntesis de ácidos nucleicos.
- **Material genético.** Está formado por una hebra doble de DNA circular. Este material nuclear no se distribuye al azar en el citoplasma, sino en una zona particular denominada región nuclear o nucleoide y parece estar unido a los mesosomas. Asimismo, pueden existir plásmidos y transposones que son elementos extracromosómicos compuestos de DNA.
- **Flagelos.** Son filamentos helicoidales, que constan de tres partes: cuerpo basal, gancho y filamento. Están compuestos por una proteína llamada flagelina. Son estructuras de locomoción; es decir, controlan la movilidad de las bacterias en los líquidos,

- **Fimbrias (filamentos o pelos).** Son apéndices rígidos no helicoidales, localizados en la superficie de muchas bacterias. Están formados por subunidades de la proteína pilina. Hay dos tipos de fimbrias, cada una con una función definida: las adhesivas favorecen la adherencia a las superficies, y las sexuales ayudan a la conjugación bacteriana.
- **Endosporas.** Es una célula bacteriana en reposo muy resistente a condiciones desfavorables tales como calor, desecación y agentes químicos. Estas formas son metabólicamente inactivas, pero bajo condiciones ambientales apropiadas pueden germinar para producir una célula vegetativa única. Las endosporas contienen grandes cantidades de ácido dipicolínico, que les dota de una gran termorresistencia. Las esporas bacterianas se usan como protección, al contrario de las esporas fúngicas que se usan para reproducción.

**IMPORTANTE:**

Partes de una bacteria. Contienen glucocálix, pared celular, membrana citoplasmática, citoplasma, ribosoma, gránulos, material genético, flagelos, cilios y endosporas.

Nutrición bacteriana

La nutrición es el proceso por el que los seres vivos toman del medio donde habitan las sustancias químicas que necesitan para crecer. Las necesidades nutricionales básicas de las bacterias son: una fuente de carbono, una fuente de nitrógeno, fósforo, azufre y oligoelementos minerales.

La mayor parte de las bacterias son heterótrofas, es decir, necesitan materia orgánica como fuente de energía; al contrario de las bacterias autótrofas, que se pueden alimentar a sí mismas a partir de sustancias inorgánicas. Por otro lado, de acuerdo a su forma de vida, las bacterias se clasifican en saprófitas, simbioses, comensales, mutualistas y parásitas. Las bacterias saprófitas crecen sobre materia orgánica muerta. Las simbioses viven asociadas con plantas y animales, en donde ambos obtienen beneficios. Las comensales viven y se multiplican en los seres vivos sin causarles daño. Las mutualistas se asocian a otros organismos para poder sobrevivir. Las bacterias parásitas viven a expensas de otro ser vivo, del cual obtienen sus nutrientes. El conocimiento de las peculiaridades nutricionales de los microorganismos es muy útil para preparar medios de cultivo que impidan o inhiban el desarrollo de bacterias indeseables, permitan la diferenciación entre patógenos y no patógenos, o reúnan ambas condiciones.

Metabolismo bacteriano

En la célula bacteriana tiene lugar un conjunto integrado de reacciones químicas, que las habilita para extraer energía del medio. Esta energía se utiliza para sintetizar los bloques para producir macromoléculas esenciales, con el propósito de mantener los procesos vitales.

**RECUERDA:**

El metabolismo se realiza a través de sucesiones de reacciones catalizadas enzimáticamente, y se divide en anabolismo y catabolismo. El mecanismo que utiliza la bacteria para sintetizar sus propios componentes se denomina *anabolismo*, y el proceso de acciones degradativas de los nutrientes para obtener energía o para convertirlos en unidades precursoras de la biosíntesis se llama *catabolismo*.

En las bacterias de interés médico, los sistemas de oxidorreducción encargados de convertir la energía química de los nutrientes a formas biológicamente útiles, incluyen la fermentación y la respiración.

- La *respiración* es un proceso aerobio en el cual el oxígeno molecular actúa como receptor final de electrones y los productos terminales son H_2O y CO_2 .
- La *fermentación* es un conjunto de reacciones catabólicas en las cuales los compuestos orgánicos sirven tanto de donadores primarios como de aceptores finales de electrones, y se producen ácidos orgánicos o alcoholes en vez de CO_2 .

En ambas reacciones se genera energía en forma de trifosfato de adenosina (ATP). El ATP es el compuesto fosfato de alta energía más importante en los seres vivos, que es resultado de dos procesos diferentes: la fosforilación a nivel del sustrato y la fosforilación oxidativa.

Las bacterias quimiótrofas obtienen su energía por reacciones de oxidorreducción de compuestos orgánicos; en este caso, compuestos orgánicos como la glucosa también sirven como donadores de electrones. En cambio, las fotótrofas consiguen energía de la luz, aunque usan compuestos orgánicos como donadores de electrones. Esta energía la utiliza la bacteria para vivir y crecer.

**IMPORTANTE:**

Bioquímica bacteriana. Los procesos metabólicos posibles para la obtención de energía son diversos, así podemos encontrar bacterias heterótrofas, autótrofas, saprófitas, simbioses, comensales, mutualistas, parásitas, quimiótrofas y fotótrofas.

Genética

El material genético de la bacteria está formado por una hebra doble de DNA circular. La función principal del DNA es mantener, a través de un sistema de claves, la información necesaria para que las células bacterianas hijas sean idénticas a las progenitoras. Del mismo modo, numerosas bacterias poseen plásmidos, los cuales llevan muchas veces la información genética requerida para proporcionarles resistencia frente a los antibióticos. Estos factores genéticos se replican de manera independiente a los cromosomas y no resultan esenciales en la reproducción.

Las bacterias pueden adquirir material genético a través de los siguientes mecanismos (**figura 2-13**):

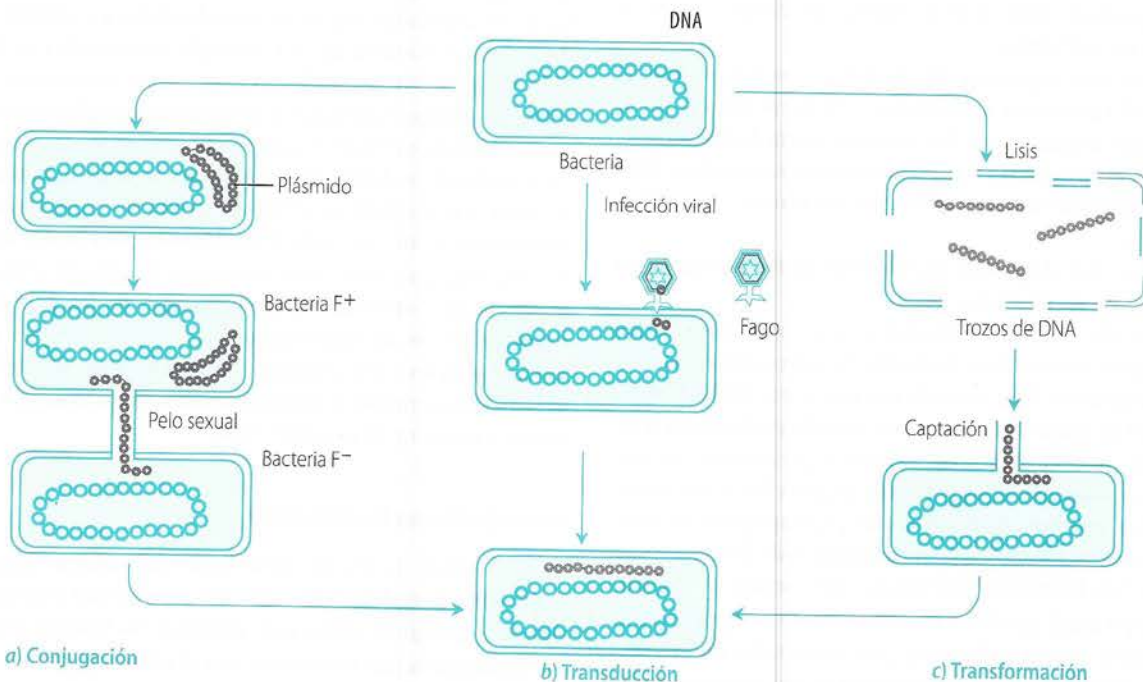


FIGURA 2-13. MECANISMOS DE RECOMBINACIÓN GENÉTICA

- **Conjugación.** Proceso en el que se trasladan plásmidos de una bacteria a otra por medio de una fimbria sexual.
- **Transducción.** Proceso en donde se transfiere DNA de una célula bacteriana a otra mediante un bacteriófago.
- **Transformación.** Proceso en el que el DNA pasa al interior de la bacteria directamente desde el medio ambiente.

Los genes de virulencia de las bacterias patógenas que codifican para toxinas, adhesinas, invasinas y otros factores de virulencia, pueden localizarse en los elementos genéticos transmisibles como los transposones, plásmidos y bacteriófagos. Igualmente, dichos genes pueden ser parte de regiones particulares sobre los cromosomas bacterianos, las llamadas *islas de patogenicidad*. Estos elementos participan en la virulencia de las bacterias patógenas para el hombre.



IMPORTANTE:

Genética bacteriana. El material genético está formado por una hebra doble de DNA. Las bacterias pueden adquirir material génico a través de conjugación, transducción y transformación. Los genes de virulencia y las islas de patogenicidad tienen un papel clave en la virulencia de las bacterias patógenas.

Reproducción

Las células bacterianas se dividen por fisión binaria, amitosis o bipartición; por lo tanto, expresan una función $\log_2$ durante el periodo en el cual tiene lugar el máximo de crecimiento. El material genético se duplica, la bacteria alargada se estrecha por la mitad, tiene lugar la división completa y se forman dos células hijas idénticas a la célula madre (figura 2-14).

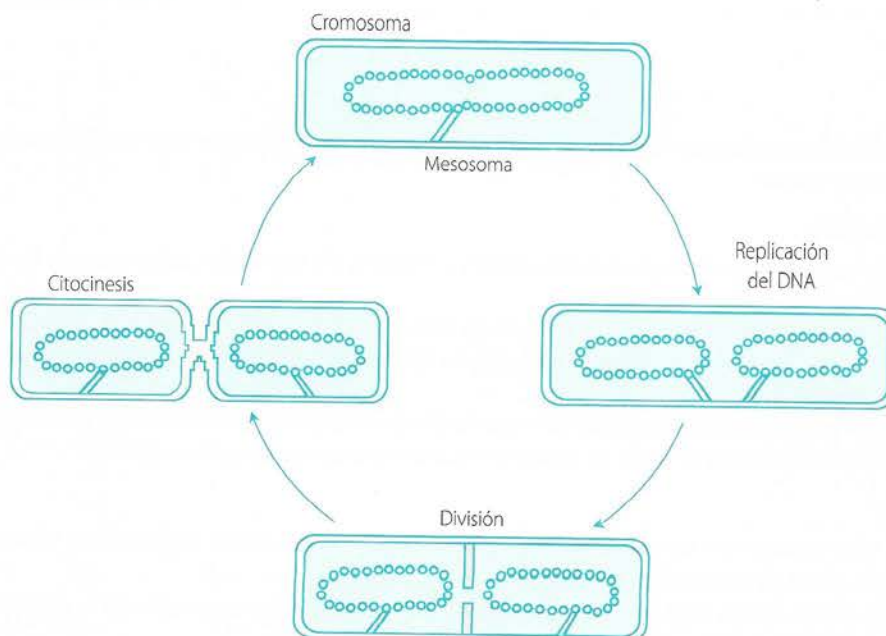


FIGURA 2-14. LAS BACTERIAS SE DIVIDEN POR FISIÓN BINARIA

Algunas bacterias se reproducen cada cierto tiempo. En condiciones favorables, tanto ambientales como nutricionales, si se dividen una vez cada 20 min, transcurridas 11 h habrá cuatro mil millones de descendientes. Estas agrupaciones, conocidas como colonias, pueden observarse a simple vista.



IMPORTANTE:

Fisión binaria. Es una forma de reproducción asexual. En este mecanismo, la bacteria dobla su tamaño, duplica su DNA y se divide, para dar origen a dos células bacterianas idénticas.

Mecanismos de transmisión bacteriana

Las formas de transmisión de las diferentes de bacterias infecciosas se mencionan a continuación:

- Enfermedades causadas por el consumo de alimentos y bebidas contaminadas. Por ejemplo, la fiebre tifoidea y el cólera.
- Enfermedades transmitidas por insectos y otros vectores. La tularemia se adquiere a través de la picadura de garrapatas y tábanos.
- Enfermedades transmitidas a seres humanos por mordeduras de animales, por contacto con sus líquidos corporales o excrementos contaminados, por el consumo de alimentos de origen animal. Ejemplo de zoonosis son las leptospirosis.
- Enfermedades de transmisión sexual (como sífilis y gonorrea) se transmiten de persona a persona por medio de prácticas sexuales inseguras.
- Enfermedades contagiadas a través de la sangre se adquieren por contacto directo con sangre u otros líquidos corporales contaminados. La brucelosis, fiebre Malta o fiebre ondulante.

se transmiten a través de la interacción con orina de las cabras que eliminan frecuentemente *Brucella*.

- Enfermedades transmitidas por el aire se contagian de persona a persona mediante aerosoles y gotitas de secreción expulsadas a través de la nariz y la boca. Por ejemplo, la enfermedad meningocócica y tuberculosis.
- Enfermedades transmitidas por el suelo son las que pueden provocar infección por contacto con heridas abiertas en la piel. Por este mecanismo se transmiten el carbunco y el tétanos.

Enfermedades bacterianas en el hombre

Existen cerca de 200 especies de bacterias causales de padecimientos en el ser humano. La patogenicidad representa una forma de especialización que capacita a ciertos microbios para multiplicarse dentro de animales específicos y dañar las células del hospedero. El resultado de la interacción hombre-bacteria depende tanto del hospedero como de las propiedades del patógeno. Dentro de las enfermedades más peligrosas para la población están: disentería bacilar, cólera, tétanos, gangrena gaseosa, lepra, tuberculosis, sífilis, fiebre tifoidea, difteria, peste, fiebre ondulante y neumonía.



IMPORTANTE:

Enfermedades por bacterias. Los padecimientos producidos por bacterias son de dos tipos: intoxicaciones e infecciones. La intoxicación es causada por la producción de toxinas. La infección se debe a la multiplicación intracelular o extracelular del patógeno.

Infecciones en plantas

En general, las bacterias como patógenos vegetales pueden causar enfermedades graves y económicamente dañinas; ocasionan desde manchas, mosaicos, pústulas en hojas y frutos, o podredumbres malolientes de tubérculos, hasta la muerte de las plantas. Algunas originan distorsión de las hojas y tallos relacionada con hormonas, llamada *agalla de corona*; una proliferación de células vegetales que da como resultado un abultamiento en el cuello de las plantas y sus raíces.

Bacterias en los alimentos

La actividad de las bacterias puede acarrear cambios en la composición de algunos alimentos y provocar un sabor desagradable. Las bacterias participan en la descomposición de diversos productos, por ejemplo: carne, vino, verduras, leche y otros. Además, la ingestión de comestibles contaminados por toxinas de *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* puede ocasionar graves cuadros de intoxicación. Por otra parte, la participación de las bacterias en muchas industrias es de gran importancia como en los casos del curtido de cueros, la conservación del grano, la producción de tabaco, la elaboración de medicinas, detergentes y tejidos. Igualmente, la capacidad fermentadora de varias especies se aprovecha en la producción de bebidas alcohólicas, queso, adobos, requesón, yogurt y salazones.

Tratamiento y prevención

El tratamiento se enfoca a la erradicación de la bacteria causal mediante el uso de antibióticos específicos. El antibiótico es diferente para cada bacteria. La doxiciclina por vía oral, en dosis



RECUERDA:

La virulencia es la capacidad cuantificable de un agente para causar enfermedad. Entre los muchos elementos que determinan la virulencia bacteriana encontramos:

- Factores de colonización:
 - Adhesinas. Son moléculas que promueven la adhesión de la bacteria a la superficie tisular, como los lipopolisacáridos de las bacterias gramnegativas.
 - Invasinas. Son moléculas que favorecen la entrada de las bacterias a las células o tejidos del individuo. Las integrinas, proteínas de superficie de las células hospederas, reconocen a las invasinas bacterianas y, previa reacción con ellas, estimulan el ingreso del agente invasor.
 - Evasinas. Son sustancias o estructuras bacterianas que habilitan a la bacteria para evadir la fagocitosis, el sistema del complemento y los anticuerpos; por ejemplo: las cápsulas, toxinas, variación antigénica y apoptosis.
- Factores de lesión:
 - Endotoxinas. Estas toxinas dan cuenta de manifestaciones clínicas como fiebre, inflamación y choque; por ejemplo: los lipopolisacáridos (LPS) de bacterias gramnegativas.
 - Exotoxinas. Muchas bacterias producen enzimas hidrolíticas que lisan los componentes de la matriz extracelular, lo cual causa la desorganización tisular; por ejemplo: las proteasas.

única, es la primera opción para tratar pacientes con cólera. Las cefalosporinas de primera generación se utilizan contra infecciones por estafilococo. En los Estados Unidos, recientemente, se aprobó una vacuna conjugada meningocócica, la cual contiene los serogrupos A, Y, C y W-135. Esta vacuna dependiente de células T induce producción de anticuerpos bactericidas y promueve la memoria inmunitaria, con lo que se espera lograr una protección de más larga duración.

Para evitar las infecciones causadas por bacterias se recomienda lavar las manos con regularidad, sobre todo después de tocar lesiones cutáneas infectadas u otros objetos que pudieran estar contaminados; no compartir artículos personales como cremas, lociones, jabones, toallas, cepillos de dientes y máquinas de afeitar. Se recomienda cortar la carne y los vegetales en tablas para picar diferentes, para evitar contaminación cruzada. Además, cocinar y enfriar las comidas lo más rápido posible. Las carnes deben estar bien cocidas, y la leche, jugos y otras bebidas ser pasteurizadas. Las personas no deben recurrir a la automedicación ni al uso indiscriminado de antibióticos.



IMPORTANTE:

Antibiótico. Es aquella sustancia natural o artificial con capacidad para inhibir el crecimiento de microorganismos, especialmente bacterias.



RECUERDA:

Los antimicrobianos actúan por una sucesión de mecanismos, muy diferentes entre ellos y cuyos objetivos se encuentran en distintas regiones de la célula blanco. Los betalactámicos, glucopéptidos, bacitracina y estreptograminas ejercen su efecto a través del bloqueo de la síntesis de peptidoglucanos, lo cual ocasiona defectos en la pared celular que llevan a la lisis bacteriana. Las polimixinas alteran la porción fosfolípida de la membrana de las bacterias gramnegativas. Los aminoglucósidos, aminociclitolos, tetraciclinas, cloranfenicol, succedáneos, lincosamidas y macrólidos interfieren con la síntesis de proteínas, a diversos niveles del ribosoma. Las sulfamidas y trimetoprima impiden la síntesis de purinas. Las fluoroquinolonas y novobiocina frenan el superenrollamiento del material genético, por inhibición de la girasa de DNA.

Significado de la presencia de bacterias en los alimentos

Una vez que está listo el alimento para su consumo, el análisis microbiológico puede notificar el resultado real de todo el proceso.

El Comité Internacional de Normas Microbiológicas para Alimentos estableció que la presencia de determinados microorganismos en un producto puede servir como:

- *Indicador de la calidad sanitaria.* Una cifra alta da lugar a especular sobre el uso de ingredientes muy contaminados.
- *Indicador de la incorrección de las manipulaciones efectuadas.* La presencia de un gran número implica exposición de los alimentos a condiciones que pudieran haber permitido la multiplicación extensa de bacterias no deseables.
- *Indicador de la posible presencia de gérmenes patógenos.* Las cifras altas de algunas bacterias se asocian a un mayor riesgo de enfermedad por patógenos procedentes de los intestinos del hombre y otros animales.
- *Indicador de contaminación de origen.* La presencia de bacterias en ciertos comestibles puede deberse al contacto del alimento con agua, tierra o insectos durante su desarrollo.
- *Indicador de la vida de anaquel de un alimento.* El recuento sirve para estimar la fecha de expiración del producto debida al desarrollo bacteriano.
- *Indicador de la eficiencia de un proceso germicida.* La recuperación de cantidades significativas de microbios, después de aplicar un tratamiento antimicrobiano, señala concentración inadecuada o resistencia del germen.

El recuento de bacterias o grupos de bacterias indicadoras de contaminación se utiliza para valorar la calidad sanitaria de alimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. Sin embargo, no existe un indicador universal, por lo que los microbiólogos deben seleccionar el apropiado para la situación específica en estudio.



IMPORTANTE:

Utilidad de la detección de bacterias en los alimentos. Son indicadores de calidad sanitaria: manipulaciones incorrectas, presencia de gérmenes patógenos, contaminación de origen, valor comercial de un alimento o eficiencia de un proceso germicida.

La sociedad humana se beneficia de los microorganismos de muchas formas. Son necesarios para la elaboración de pan, queso, cerveza, antibióticos, vacunas, vitaminas, enzimas y otros productos importantes. De hecho, la biotecnología moderna se basa en fundamentos microbiológicos. Los microorganismos son componentes indispensables de nuestro ecosistema. Gracias a ellos se desarrollan los ciclos del carbono, oxígeno, nitrógeno y azufre, que tienen lugar en los sistemas terrestres y acuáticos. Son también fuente de nutrientes en la base de todas las cadenas alimentarias y redes ecológicas.

9. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La microbiología estudia los microbios, entre los que se incluyen bacterias, hongos, levaduras, virus, parásitos y ciertas algas.
- Los virus hacen copias de sí mismos a través del uso del material genético de las células de un hospedero vivo. La patogénesis viral es una combinación de la disfunción celular provocada por el germen, el efecto citopático y la destrucción de las células inducida por la respuesta inmunitaria.
- Un parásito es cualquier ser que vive a expensas de otro microorganismo. La parasitosis es una enfermedad infecciosa causada por parásitos; en tanto que la infestación es la invasión del organismo por macroparásitos.
- Los hongos son microorganismos eucariontes no fotosintéticos, habitualmente saprófitos. Los mecanismos patogénicos fúngicos son: micetismo, micotoxicosis, hipersensibilidad, y micosis.
- Las bacterias son microorganismos unicelulares microscópicos, cuyo material genético no está contenido por una membrana nuclear. Las enfermedades producidas por bacterias pueden ser intoxicaciones o infecciones. El recuento de bacterias en los alimentos sirve para determinar: calidad sanitaria, presencia de gérmenes patógenos, contaminación de origen, valor comercial de un alimento, etc.

www.



Véase **Bibliografía** cap. 2 Microbiología básica

Véase **Actividades recomendadas** cap. 2 Microbiología básica

Véase **Autoevaluación** cap. 2 Microbiología básica

CAPÍTULO

3

MECANISMOS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar los diferentes tipos de riesgo de contaminación alimentaria.
- Diferenciar los tipos, mecanismos y fuentes de contaminación de los alimentos.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos pasan por etapas diversas antes de llegar al consumidor. Desde la cosecha hasta la mesa, los productos son manipulados por varias personas y, además, sometidos a distintos procesos durante los cuales pueden sufrir contaminación. En muchos casos, los problemas de la inocuidad comienzan antes del procesamiento, en los primeros eslabones de la cadena alimentaria durante la explotación agropecuaria.

La contaminación también se puede producir en el establecimiento elaborador, en donde las fuentes principales son el ambiente y el personal. Por lo tanto, es trascendental el conocimiento del flujo de proceso, desde la recepción y almacenamiento de los ingredientes, hasta el producto terminado, con la finalidad de encontrar la secuencia más apropiada de pasos con un mínimo de entrecruzamientos y retrocesos.

Además, es fundamental que el personal de la planta cuente con capacitación adecuada en hábitos higiénicos y buenas prácticas de manipulación, para evitar contaminar los alimentos al realizar alguna operación incorrecta.

Asimismo, los factores socioeconómicos y culturales propios de la población pueden incidir en la contaminación durante las etapas de distribución, venta y consumo del producto; por ejemplo, los brotes debidos al consumo de platillos tradicionales preparados con ingredientes crudos, en distintos países del mundo. Las áreas mencionadas anteriormente habían recibido escasa atención por parte de los responsables de la inocuidad de los alimentos.

1. Contaminación de los alimentos	34
2. Tipos de contaminación de los alimentos	35
3. Mecanismos de contaminación de los alimentos	36
4. Mecanismos de transmisión de los microorganismos	37
5. Fuentes de contaminación de los alimentos	38
6. Síntesis conceptual	41

1. CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

La palabra *contaminación* se refiere a la entrada de agentes físicos, químicos o biológicos en un alimento, ajenos a su composición natural o legalmente autorizada. En términos más sencillos, la *contaminación es la consecuencia del simple ingreso de agentes extraños al comestible*.



IMPORTANTE:

Contaminación. Es el ingreso de agentes extraños al alimento.

Desde el punto de vista toxicológico, la contaminación de los alimentos se puede dividir en dos grandes clases o grupos:

- *Contaminación abiótica* es aquella generada por la presencia de componentes ajenos de naturaleza química, por ejemplo: aditivos no autorizados, residuos ambientales o derivados industriales.
- *Contaminación biótica* es la producida por la existencia de agentes extraños de origen biológico en los alimentos como bacterias, virus, hongos o parásitos.

Contaminantes abióticos

En este grupo se incluyen sustancias químicas incorporadas fortuitamente en los comestibles. Los efectos adversos en el consumidor son de tipo crónico, excepto cuando esas se ingieren en cantidades muy grandes. Su detección analítica requiere técnicas sofisticadas. Una vez en los alimentos, dichas sustancias normalmente no se pueden eliminar mediante los procesamiento industriales o culinarios tradicionales.

- *Aditivos no autorizados.* Un aditivo es cualquier sustancia que, independientemente de su valor nutricional, se añade de manera intencional, en cantidades controladas, a un alimento con fines tecnológicos. Algunos tipos de aditivos son conservadores, antioxidantes, colorantes, saborizantes, estabilizadores, emulsificantes, etc. Entre los aditivos más polémicos destacan los conservadores con sales de nitrato y nitrito, ya que en los alimentos asados se pueden transformar en compuestos carcinogénicos denominados *nitrosaminas*. Además, no se autoriza su uso en la carne picada, ya que mantienen la apariencia de fresca. La adulteración de leche, productos lácteos, miel, especias y aceites comestibles con aditivos no autorizados, así como la utilización de colorantes como indicadores de calidad en diversos productos con el fin de engañar al consumidor, son prácticas bastante frecuentes.
- *Residuos ambientales.* En las prácticas agrarias encontramos residuos químicos diversos, entre los que destacan los plaguicidas, metales tóxicos y elementos radioactivos. Entre los riesgos a los insecticidas presentes en los alimentos está el desarrollo de cáncer en seres humanos, el cual puede ser causado por metabolitos con alta afinidad por el DNA y con

capacidad mutagénica importante, como es el caso del carbosulfán o del paratión. Los metales tóxicos son aquellos elementos innecesarios, capaces de causar efectos indeseables en el metabolismo aun a concentraciones bajas. Algunos metales, como el plomo o el mercurio, se consideran tóxicos sistémicos debido a que afectan a más de un órgano. En ocasiones, en los alimentos se pueden encontrar diferentes elementos radioactivos, por ejemplo: uranio, torio, potasio, polonio y distintos compuestos de degradación. Los efectos exactos en cada órgano dependen del tipo y cantidad de los radionúclidos ingeridos. El yodo radioactivo se desintegra naturalmente en pocas semanas. Cuando se ingiere, puede acumularse en el organismo, sobre todo en la tiroides, lo que aumenta el riesgo de cáncer de esta glándula, especialmente en niños.

- *Derivados industriales.* La mayor parte de estas sustancias tóxicas se forma durante el tratamiento térmico de los alimentos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos y las aminas heterocíclicas se producen al cocinar a altas temperaturas las carnes de res, cerdo, pescado y aves. Se ha descubierto que ambas sustancias químicas son mutagénicas. Las *aminas biógenas* se forman principalmente por la descarboxilación enzimática de aminoácidos. Entre las más importantes se encuentran las histaminas, las cuales se detectan en quesos, vinos, pescados, embutidos, etc. La intoxicación por histamina da lugar a caída de la presión arterial, vasodilatación, rubor, cefalea y aumento de la temperatura. Las grasas poliinsaturadas son fácilmente oxidadas durante la elaboración de frituras. Un consumo alto de aceites termoxidados ocasiona una hepatomegalia acompañada de pérdida de apetito, diarrea, retraso en el crecimiento, daños hepático y renal, e incluso la muerte.

Contaminantes bióticos

En este grupo se incluyen microorganismos, toxinas microbianas, zooparásitos, fitotoxinas, excretas, restos de insectos, aves, roedores, etc. Gran parte puede provocar trastornos de tipo agudo. Son relativamente fáciles de detectar en los alimentos a través de las alteraciones provocadas, o por medio de técnicas de laboratorio sencillas. Una vez en los comestibles, se dispone de tratamientos que permiten su destrucción o inactivación.

- *Microorganismos.* Los alimentos crudos o procesados no están estériles cuando llegan al consumidor, contienen diversos microbios y muchos son inofensivos. Debido a la actividad microbiana, los alimentos se descomponen, lo cual puede volverlos desagradables o incomibles. Ocasionalmente, pueden contener microbios patógenos, la principal causa de enfermedad y muerte en los países en desarrollo; muchos de estos microorganismos dan cuenta de millones de casos de infección gastrointestinal, con un costo de miles de millones de dólares en atención médica y pérdida de productividad en países desarrollados.
- *Toxinas microbianas.* Algunos microorganismos producen sustancias venenosas de peso molecular alto conocidas como

toxinas. Las *toxinas* promovidas por los microbios pueden ser excretadas al medio que les rodea (exotoxinas) o retenidas dentro de la célula (endotoxinas). La enfermedad se origina por el consumo de los alimentos contaminados con toxinas, o por la deglución del microbio en comestibles contaminados, lo que conlleva una colonización intestinal por parte del germen con producción endógena de toxina.

- **Excretas.** La orina, heces y abono natural son agentes importantes de contaminación del suelo, debido a su concentración y actividad de gérmenes peligrosos. Los animales y las plantas que se desarrollan en suelos contaminados, se infectan con facilidad. Además, los sistemas de disposición de residuales contaminan las redes de abastecimiento de agua. En los países en vías de desarrollo, las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más significativo de muerte prematura, sobre todo en lactantes.
- **Zooparásitos.** Son parásitos propios de los animales; por ejemplo: artrópodos, helmintos y protozoos. Algunos ácaros se alimentan de productos agrícolas almacenados, lo cual provoca pérdidas económicas. En muchas ocasiones, los artrópodos transportan bacterias (como *Salmonella*) que contaminan cereales.
- **Restos de animales.** Algunos alimentos presentan contaminación natural derivada del proceso de cultivo y producción. Asimismo, se ha detectado en diversos productos suciedad considerada como evitable, relacionada con contaminación o adulteración del producto durante el procesamiento. Esta suciedad proviene principalmente de insectos, roedores, pájaros, material en descomposición y cuerpos extraños, y puede ser peligrosa para la salud.

La higiene de los alimentos tiene como objetivo garantizar comestibles libres de contaminantes físicos, químicos o microbianos, para que no representen riesgos para la salud del consumidor.



IMPORTANTE:

Clases de contaminación. En la contaminación biótica, la causa de la alteración es de origen biológico.

En la contaminación abiótica, el contaminante es de naturaleza química.



FIGURA 3-1. LOS AGENTES CONTAMINANTES PUEDEN SER FÍSICOS, QUÍMICOS O BIOLÓGICOS

cocinado o envasado. La mayor parte de los casos de contaminación química ocurre en el hogar o durante los procesos de manufactura; por lo tanto, se debe asegurar la ausencia de sustancias químicas en las áreas de manipulación de alimentos. Estas sustancias se deben mantener en el recipiente donde se compraron y no transferirse a otros, tales como botellas de refresco. Se debe eliminar el recipiente en forma segura, tan pronto como esté vacío. Entre los contaminantes químicos se pueden nombrar la lejía, aditivos, conservadores, parafina y ácidos.

En abril de 2010, en Dallas, se investigaron denuncias por el inicio de mareos agudos entre los clientes de un restaurante. Los síntomas incluyeron desmayos debidos a la presión arterial baja, que se produjeron minutos después del consumo de comida en el establecimiento y fueron congruentes con intoxicación química. Aproximadamente cinco meses después del incidente, las pruebas de laboratorio identificaron azida de sodio (NaN_3) y ácido hidrazoico como los agentes tóxicos en el té helado.



RECUERDA:

La azida de sodio se utiliza en la agricultura para acabar con los insectos en los cultivos. Al mezclarse con agua o con un ácido se convierte rápidamente en ácido hidrazoico, un compuesto muy dañino que emana un olor picante.

2. TIPOS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos pueden ser el vehículo de muchos agentes de diferente naturaleza, que pueden o no alterar sus características (figura 3-1). Los comestibles pueden sufrir los siguientes tipos de contaminación.

Química

Consiste en el ingreso de reactivos químicos a un alimento, mientras se realizan los procesos de almacenamiento, elaboración,

Física

Radica en la incorporación accidental de cuerpos extraños al alimento. Son mezclados con el comestible durante el almacenamiento, elaboración o cocinado. Algunos de los materiales que se encuentran con más frecuencia son clips, aretes, pedazos de vidrio, clavos y tornillos.

En el 2011, en Francia, una importante compañía agroalimentaria multinacional ordenó retirar 34 000 frascos de comida para bebé al temer que estuvieran contaminados con vidrio. La medida preventiva se tomó después de que una madre hallara un pedazo de cristal en un envase de postre.

Biológica

Se origina por el ingreso de microorganismos a un alimento durante los procesos de almacenamiento, elaboración, cocinado o envasado. La contaminación biológica es la causa más común de enfermedad alimentaria, se debe tanto a la ignorancia como a la negligencia del preparador de alimentos. Además, cualquier impedimento para que los manipuladores desarrollen buenas prácticas higiénicas es un factor contribuyente de contaminación bacteriana.

Durante el 2010, se presentaron dos brotes por *Vibrio cholerae* asociados al consumo de arroz con pollo entre los asistentes a un par de reuniones en el noreste de Tailandia. El platillo posiblemente fue contaminado por un manipulador de alimentos infectado que sirvió como fuente de transmisión. El par de brotes consecutivos de cólera, causados por un mismo vehículo, ocurrió porque las medidas de control no fueron seguidas de manera adecuada.



IMPORTANTE:

Tipos de agentes contaminantes. Los agentes ajenos al alimento pueden ser físicos (materia), químicos (sustancias) o biológicos (microbios).

El principal inconveniente con la contaminación de los alimentos es que generalmente resulta imposible detectarla por medio de los sentidos; por ejemplo, no es factible percibir las bacterias o su reproducción a simple vista. Sólo en algunos casos se podría denotar una posible contaminación, como cuando el olor advierte la presencia de plaguicidas, o cuando se encuentran objetos extraños como un pedazo de vidrio o un tornillo en el comestible.

3. FORMAS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Se refieren a la manera en la que ocurre la contaminación del producto. La investigación de las formas de contaminación microbiana es una meta trascendental durante el estudio de epidemias de enfermedades transmitidas por alimentos y de problemas de descomposición de productos en las plantas procesadoras. Los mecanismos de contaminación se mencionan a continuación.



IMPORTANTE:

Mecanismo de contaminación. Es la forma en que se contamina el alimento.

Contaminación de origen

Es el proceso mediante el cual ingresan microbios al alimento natural, en el mismo momento en que se genera. La *contaminación de origen* es aquella que ya viene incluida en el comestible, ocurre tanto en productos de origen animal como vegetal. Por ejemplo, algunos tipos de *Salmonella* pueden infectar el ovario de las gallinas,

de forma que luego el contenido interno del huevo aparentemente normal se puede contaminar con la bacteria, incluso antes de que se forme la cáscara. La fruta y legumbres frescas pueden portar gérmenes cuando se riegan con aguas contaminadas con estiércol de animales o por alcantarillado humano. Un brote por *Campylobacter jejuni* que afectó a cerca de 100 personas en Alaska, en 2008, se debió al consumo de guisantes frescos contaminados con heces de grullas.

Contaminación directa

Es el mecanismo más simple de contaminación; el microbio llega sin algún intermediario al alimento; por ejemplo, el contacto de alimentos crudos con productos cocidos durante el almacenamiento, o el goteo de los jugos de carne sobre los vegetales que se encuentran acomodados inadecuadamente en un nivel más bajo del refrigerador. Durante la contaminación directa, en conjunto con el comestible, pueden contaminarse los ingredientes, utensilios, maquinaria, envolturas y otros, que a su vez se convierten en nuevas fuentes y vehículos de contaminación (figura 3-2). En mayo de 2008, en Texas, se detectaron 1 017 infecciones por *Salmonella enterica* serotipo *Saintpaul*. Los chiles jalapeños fueron la fuente de este brote multietatista; se contaminaron antes de su llegada a los restaurantes y se sirvieron en salsas frescas crudas.

Contaminación cruzada

Es el proceso mediante el cual son transportados microorganismos a través un tercero, desde un producto contaminado a un alimento sano (figura 3-3). El caso clásico se encuentra cuando se corta carne cruda con un cuchillo y posteriormente se rebanan cualquier alimento cocido con el mismo utensilio. La contaminación cruzada se debe habitualmente a una maniobra inapropiada durante la preparación del alimento; sin embargo, en ocasiones no es muy evidente.

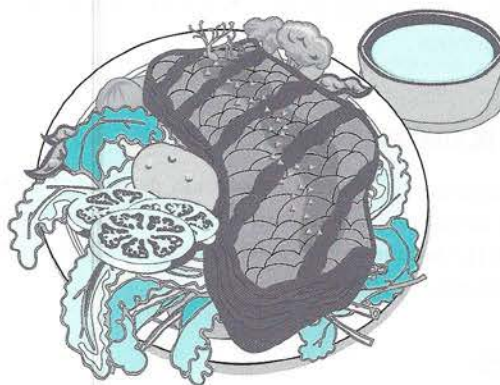


FIGURA 3-2. LA CONTAMINACIÓN DIRECTA OCURRE POR EL CONTACTO ENTRE LOS ALIMENTOS CRUDOS Y COCIDOS

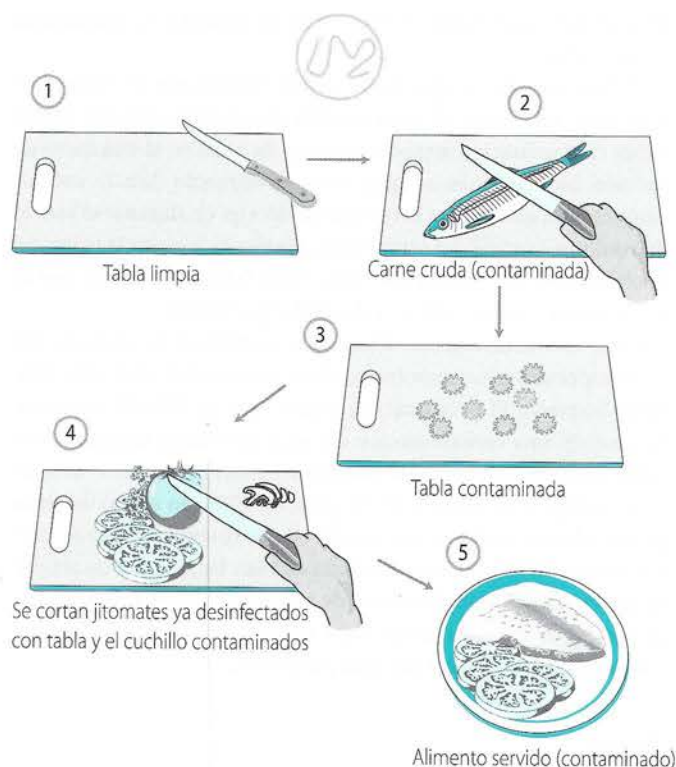


FIGURA 3-3. LA CONTAMINACIÓN CRUZADA CONSISTE EN LA TRANSFERENCIA DE BACTERIAS DE UN ALIMENTO A OTRO A TRAVÉS DE UN INTERMEDIARIO

En la industria alimentaria, la restaurantera y el hogar, las superficies son importantes factores de la contaminación cruzada en los comestibles. La notificación de enfermedades causadas por la ingesta de alimentos que han estado en contacto con superficies, equipos y utensilios contaminados es frecuente. Durante 1998, en los Estados Unidos, 28 personas fueron infectadas por *Salmonella agona*. La salmonelosis se relacionó con el consumo de cereales para el desayuno. La investigación realizada por los *Centers for Disease Control* (CDC), encontró que posiblemente la vía de contaminación fue el equipo y las líneas de procesado.



IMPORTANTE:

Tipos de contaminación. De origen: los microbios ingresan en el alimento natural, mientras se desarrolla.

Directa: el microbio llega sin intermediarios al producto.

Cruzada: los microorganismos son transportados a través de un mediador, a partir de un comestible contaminado a un alimento sano.

4. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Hay elementos que contribuyen de manera crítica en el ingreso de los gérmenes al hombre y los alimentos:

Reservorios

Son sustratos a partir de los cuales los microorganismos se aíslan con regularidad y en donde suelen sobrevivir durante periodos largos. Un reservorio es cualquier animal, planta, suelo o materia donde normalmente vive y se multiplica el microbio, y del cual depende para su supervivencia. Por ejemplo, algunas especies de *Salmonella* y *Campylobacter* infectan primariamente animales y se transmiten al ser humano en los procesos alimentarios.

La *tularemia* es una infección común en roedores salvajes causada por la bacteria *Francisella tularensis*. Puede transmitirse al hombre por: contacto con sangre o tejidos de animales infectados, comer carne de conejo mal cocida, tomar agua contaminada, respirar polvo contaminado que contenga la bacteria, o recibir una mordedura de ciertas variedades de garrapatas. Durante los últimos 40 años, en Bulgaria, han ocurrido dos grandes epidemias de tularemia. En el segundo brote, de 1998 a 2003, se confirmó un total de 262 casos. La alta prevalencia de la forma bucofaringea indujo a suponer que los seres humanos contrajeron la infección por vía alimentaria. El estudio indicó que la contaminación del agua y alimentos por roedores fue la principal fuente de infección en el hombre.

Fómites

Son objetos que circunstancial y temporalmente se encuentran contaminados por un microbio. Los trapos de limpieza que comúnmente se utilizan para limpiar en las cocinas, sirven para trasladar gérmenes de una superficie a otra. Una tabla de picar puede servir como fómite, cuando se usa para partir pollo crudo y luego papas cocidas. Asimismo, los fómites sirven para transmitir agentes infecciosos de una persona a otra. Es el caso de los cubiertos, cuando un enfermo comparte su comida con una persona sana.

Durante el 2012, en Washington, se investigó un brote por norovirus que afectó a nueve miembros de un equipo de fútbol. La enfermedad se asoció con el consumo de aperitivos envasados, que se habían almacenado en una bolsa reutilizable, en el baño del hotel. La contaminación de fómites a través del aire puede originar posteriores fuentes de transmisión. Entre las recomendaciones para evitar la propagación de gérmenes se pueden mencionar las siguientes: implementar baños exclusivos para los enfermos e informar al personal de limpieza sobre la necesidad de servicios adecuados de saneamiento ambiental en las superficies y fómites.

Vectores

Son aquellos organismos que pueden traspasar un microbio causal de enfermedad. Un vector puede trasladar al patógeno de manera interna o externa. La mosca doméstica es reconocida como un factor importante en la diseminación de varias enfermedades infecciosas, tales como cólera, shigelosis y salmonelosis. Las moscas que se posan sobre heces, recogen las bacterias con sus patas y las transfieren a algún alimento que se podría consumir. Por lo tanto, estos insectos también pueden servir como agentes intermediarios que provocan contaminación cruzada durante la elaboración de alimentos. En 1996, una epidemia de colitis hemorrágica fue

causada por *Escherichia coli* O157:H7, en una enfermería escolar de un área rural de Japón. La bacteria se aisló a partir de pacientes y moscas colectadas en el colegio. Se realizaron experimentos en donde se mostró que las EHEC-O157 ingeridas fueron portadas en el intestino de las moscas, hasta ser excretadas, al menos tres días después de su consumo.



IMPORTANTE:

Mecanismos de contagio. Reservorios: son sustratos en donde los microorganismos suelen sobrevivir durante periodos largos.

Fómites: son objetos que se encuentran contaminados por un microbio.

Vectores: son organismos que transmiten microbios patógenos.

Por otro lado, el traspaso de un germen de un individuo a otro por medio del contacto, por ingestión de agua y alimentos, o por vectores, se le denomina *transmisión horizontal*. En tanto que la transferencia de un patógeno de una mujer embarazada al feto, de una madre a su niño durante el nacimiento o alimentación al seno materno, se llama *transmisión vertical*. Un agente patógeno exitoso debe pasar de algún modo de su reservorio al próximo hospedero susceptible.



RECUERDA:

Al ingreso de microorganismos en los alimentos se le llama contaminación; mientras que la entrada de microbios en el individuo recibe el nombre de infección. Es decir, el hombre no se contamina, se infecta.

5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los contaminantes están presentes en el medio ambiente, en las plantas, en los animales, en los insectos y en el propio hombre. La contaminación de alimentos se produce desde cualquiera de estas fuentes, a las cuales se van a incluir las operaciones de distribución, procesado y comercialización. Por lo tanto, una fuente de contaminación es la procedencia u origen del agente contaminante.

Agua

El agua en todas sus variedades puede ser un vehículo de gérmenes hacia los alimentos. El agua puede aportar agentes deterioradores, entre los que se incluyen: sicrótrofos, cromógenos, mucógenos, proteolíticos y lipolíticos. Además, si en el agua se encuentra materia fecal se convierte en una fuente potencial de prácticamente cualquier clase de microbio, incluidos patógenos como *Entamoeba histolytica*, *Aeromonas*, *Campylobacter jejuni*,

Plesiomonas shigelloides, *Vibrio*, virus de hepatitis A, *Salmonella* y *Escherichia coli*.

El agua con microorganismos puede contaminar de varias formas a los alimentos. El agua potable de tuberías dañadas puede sufrir contaminación a través de fugas de agua en el conducto de drenaje. En ocasiones, el agua entra en contacto directo con los alimentos, lo que facilita la contaminación (p. ej., durante el lavado de verduras crudas). En otros casos, el agua es la materia prima en la elaboración de productos, tales como bebidas o salsas; por lo que el control de su pureza es de vital importancia.

En 1993, en Milwaukee, Wisconsin, se informó de un brote por *Cryptosporidium parvum* transmitido a través del agua para consumo humano. El protozoo afectó a más de 400 000 personas. Se produjo una contaminación del agua por heces de ganado vacuno. Es la epidemia de enfermedad asociada al consumo de agua más extensa en la historia de ese país. En 2009, un grupo de niños guatemaltecos presentó un cuadro de gastroenteritis aguda después de participar en una excursión escolar. La alta tasa de ataque, la detección de múltiples cepas de norovirus en los enfermos y la presencia de contaminación fecal indican que probablemente la transmisión fue a través del agua para beber.

Tierra

Es un importante reservorio de gérmenes. Los microbios contribuyen a la fertilidad del suelo mediante la degradación de la materia orgánica de restos de animales y plantas muertos, así como por la participación de algunas bacterias en la fijación del nitrógeno atmosférico. Habitualmente, en la tierra no se observa actividad microbiana, a menos que el grado de humedad rebase un límite; entonces, el desarrollo puede ser muy activo. El tipo y número de microorganismos en el suelo dependen de su composición, estación del año, clima, temperatura, pH, nivel de profundidad, humedad y exposición al sol.

Los géneros de hongos varían con el tipo de tierra y sus propiedades fisicoquímicas. Algunos son de vida libre y otros, como las *micorrizas*, coexisten en forma simbiótica con las raíces de plantas. Son comunes especies de los géneros *Aspergillus*, *Candida*, *Penicillium* y *Rhizopus*. Los mohos y levaduras alcanzan cifras cercanas a un millón por gramo en huertos en los que las frutas caen y permanecen largo tiempo sobre la tierra hasta el deterioro (figura 3-4).

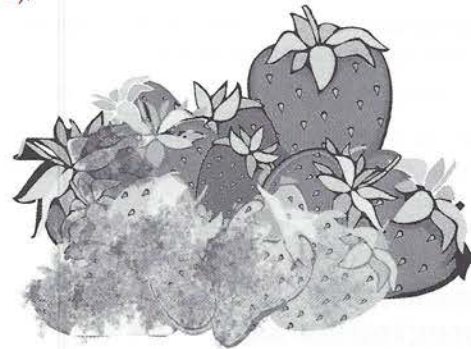


FIGURA 3-4. LOS MOHOS PRESENTES EN LA TIERRA DESCOMPONEN LAS FRUTAS Y VEGETALES

En general, el grupo más numeroso de bacterias en el suelo corresponde a los *actinomicetos*, que pueden sobrevivir en suelos desérticos. Los géneros más comunes son: *Streptomyces*, *Arthrobacter* y *Nocardia*. Igualmente, los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, que juegan un papel significativo en la descomposición de los alimentos enlatados, se detectan fácilmente en la tierra.

Listeria monocytogenes se aísla de la tierra cultivada y no cultivada. En 1981, en Nueva Escocia, Canadá, surgió un brote que comprendió 41 casos asociados al consumo de ensalada de coles. En la granja productora, el vegetal se había contaminado por el contacto con la tierra, en la cual se utilizó como fertilizante materia fecal de borrego. Asimismo, se demostró que algunos de estos animales habían padecido listeriosis debida al consumo de forrajes contaminados.

Aire

Es el nombre que recibe la combinación de gases que forma la atmósfera de la Tierra. La superficie de la tierra es la fuente de los microorganismos en la atmósfera. El viento forma polvo del suelo y estas partículas transportan los gérmenes desde el suelo hacia el aire. Las esporas de hongos constituyen la mayor proporción de microorganismos en el aire. Asimismo, la evaporación del agua en los océanos puede acarrear microbios hasta la atmósfera.

La contaminación aérea en el interior de las plantas elaboradoras de alimentos depende de diferentes factores, tales como la atmósfera natural, sistemas de ventilación, actividad de los trabajadores, aire acondicionado y agua de drenajes destapados, entre otros. Es posible encontrar microbios asociados a la actividad humana. El hombre libera gérmenes hacia el ambiente cuando tose, estornuda o habla, los cuales se pueden dispersar y sedimentar sobre los comestibles y equipo de procesamiento. La contaminación por el aire resulta riesgosa, especialmente al envasar alimentos que ya no recibirán tratamiento térmico posterior (p. ej., la leche en polvo).

La forma primaria de transmisión de los rotavirus es la fecal-oral, aunque en secreciones del conducto respiratorio y otros líquidos corporales se han encontrado bajos títulos del virus. Dado que el virus es estable en el medio ambiente, la transmisión puede ocurrir a través de la ingestión de agua o comida contaminada, y mediante contacto con superficies contaminadas. En marzo de 2000, se presentó entre estudiantes de una universidad del Distrito de Columbia, en los Estados Unidos, un brote de gastroenteritis ocasionado por un rotavirus del grupo A. Algunos alumnos enfermos señalaron haber consumido sándwiches de ensalada de pollo o atún.

Utensilios

Las superficies que entran en contacto con los alimentos se pueden convertir en fuentes potenciales de contaminación. Es una responsabilidad permanente de los establecimientos que manejan comestibles incluir programas de limpieza y desinfección para mobiliario, equipo y utensilios. De manera muy general, el nivel de limpieza de una superficie que entra en contacto con alimentos listos para consumo, guarda relación con la concentración de

microbios que presente una vez saneado. Los microbios pueden desarrollar ciertas propiedades que les permiten permanecer en las superficies de las áreas de preparación de los alimentos (cuadro 3-1).

CUADRO 3-1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROBIOS RESIDUALES EN SUPERFICIES

Propiedad	Descripción
Adhesión	Algunos microbios poseen la facultad de adherirse activa y tenazmente a las superficies, proceso que habrá de interferir en el lavado y desinfección que luego se aplique.
Adaptación	Los microorganismos involucrados muestran un alto grado de ajuste al sustrato. De ahí que cuando se vuelven a poner en contacto con el alimento, rápidamente entran en operación e incrementan su número.
Actividad	La acción de los gérmenes, aun en superficies aparentemente limpias, se puede traducir en la generación de olores inaceptables.

En 2001, en Ecclestone, Lancashire, Inglaterra, se presentaron 30 casos confirmados de infección por *Escherichia coli* O157. Las investigaciones microbiológicas confirmaron como la fuente del brote una balanza de carnicero (figura 3-5). La contaminación ocurrió entre carne cruda y cocida. Las deficientes prácticas higiénicas que se identificaron en el establecimiento, pudieron haber contribuido a la contaminación cruzada. Esta epidemia por *Escherichia* ilustra el alto riesgo que implica la manipulación de alimentos crudos y cocinados en la misma tienda.

Ingredientes

Las materias primas y los aditivos son decisivos en la calidad sanitaria de un alimento, por su contenido de microorganismos patógenos y deterioradores. En los productos cárnicos, como el chorizo y algunos tipos de salchichas, la calidad depende de la microflora que presente la carne cruda utilizada en su elaboración. Las bacterias lácticas de la carne cruda son la causa más común de



FIGURA 3-5. LAS SUPERFICIES DEL MOBILIARIO, EQUIPO Y UTENSILIOS INTERVIENEN EN LA CONTAMINACIÓN DEL COMESTIBLE

la descomposición de las salchichas cocidas empacadas al vacío. En la fabricación de alimentos térmicamente procesados, como las sopas y purés para bebés, es necesario seleccionar harina y azúcar sin presencia de esporas bacterianas.

En 1995, en Noruega, se presentó un brote de intoxicación alimentaria por estafilococo. La leche cruda de bovino usada en la preparación de patatas amasadas contenía *Staphylococcus aureus*, que subsecuentemente produjo suficiente enterotoxina H estafilocócica (SEH), para causar la enfermedad. En 1993, en Pensilvania, se identificó una gran epidemia entre comensales de un restaurante. Una salsa suave, la cual contenía cebollas verdes, fue preparada en grandes hornadas y servidas a todos los asistentes. Las cebollas verdes cultivadas en México, aparentemente fueron contaminadas antes de su arribo al establecimiento, lo que causó este brote inusual por el virus de la hepatitis A.

Fauna

La presencia de animales en establecimientos donde se producen o almacenan comestibles es incompatible con la buena calidad sanitaria. Se considera fauna nociva a todos los animales capaces de contaminar o destruir los alimentos, por acción mecánica o sus excretas. La fauna está constituida por artrópodos, insectos, roedores, aves, perros, gatos y otros. Su importancia sanitaria radica en el potencial que tienen para actuar como vehículos de microorganismos patógenos y de materia extraña.

El cerdo doméstico es una fuente importante de salmonelosis humana, mientras las moscas domésticas son potenciales vectores mecánicos de patógenos en los alimentos. En 2005, se hicieron 144 aislamientos de *Salmonella* en moscas y muestras de heces de cerdos procedentes de 11 granjas del noroeste de Taiwán. Un total de 71.5% de las cepas fue resistente a por lo menos tres antibióticos. Hubo un total de 14 serotipos, de los cuales ocho estuvieron presentes en las moscas y en las heces de los cerdos.

Humana

El hombre es un portador potencial de prácticamente todos los patógenos que pueden ser transmitidos por alimentos. El manejador de alimentos o el consumidor, asintomático o sintomático, puede aportar microorganismos a partir de piel, uñas, mucosas nasal y bucofaríngea, secreciones broncopulmonares, contenido intestinal, orina, cabellos, barba y vellos.

Las manos son una de las vías de contaminación más frecuentes y peligrosas de microbios en los sitios de preparación de comestibles (figura 3-6). La inadecuada práctica de lavado y, en ocasiones, de desinfección propicia el ingreso de gérmenes patógenos a los alimentos. De las manos de personas sanas se han podido recuperar *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Rotavirus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus faecalis*, entre otros patógenos.

En 1998, una epidemia de gastroenteritis aguda afectó a 125 estudiantes de una universidad de Texas. El padecimiento se asoció significativamente con el consumo de alimentos en la cafetería.

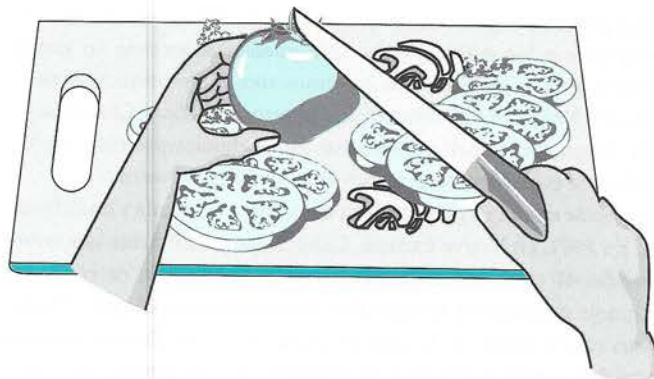


FIGURA 3-6. EL HOMBRE ES LA PRINCIPAL FUENTE DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

El análisis de heces y de jamón serrano mostró evidencia de virus tipo Norwalk. Un cocinero, quien preparó sándwiches para el desayuno, señaló que su hijo había sufrido diarrea acuosa justo antes del brote. Al parecer, la presencia del virus en el comestible se debió a algún artículo contaminado por parte del manipulador de alimentos.



IMPORTANTE:

Fuentes de contaminación. Es la procedencia u origen del agente contaminante.

Las fuentes pueden ser: agua, tierra, aire, utensilios, ingredientes, envases, fauna y el hombre.



RECUERDA:

Los tipos de contaminación se refieren a cuáles son las fuentes y de dónde vienen. Y los mecanismos a cómo llegaron los contaminantes al alimento.

Los microorganismos se encuentran en todas partes; sus pequeñas dimensiones favorecen su movilidad a través de insectos, roedores, envases, ropa, utensilios, equipo de trabajo, suciedad, residuos sólidos, moscas, agua no potable, aguas servidas, cocineros, materias fecales, productos contaminados, aire, y otros agentes. Por ello, pueden alcanzar e irrumpir en los alimentos procedentes de muy diversas fuentes. Asimismo, los gérmenes tienen una gran capacidad de adaptación, que les permite desarrollarse inclusive en entornos hostiles. Prácticamente, todos los comestibles están sujetos a contaminación y entre los que presentan mayor riesgo están las carnes, huevo, productos lácteos, quesos, verduras crudas, pescados y mariscos crudos.

6. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La contaminación es el ingreso de agentes extraños en el alimento. La contaminación abiótica se genera por la presencia de componentes ajenos de naturaleza química; en tanto, la contaminación biótica se produce por la existencia de agentes extraños de origen biológico en los comestibles. Los contaminantes pueden ser físicos, químicos o biológicos.
- Los mecanismos de contaminación son las formas en la que el producto puede contaminarse y se clasifican como: directo, de origen y cruzado. La fuente de contaminación es la procedencia u origen del agente extraño. Entre las principales fuentes se encuentran: agua, tierra, aire, utensilios, ingredientes, envases, fauna y el hombre.

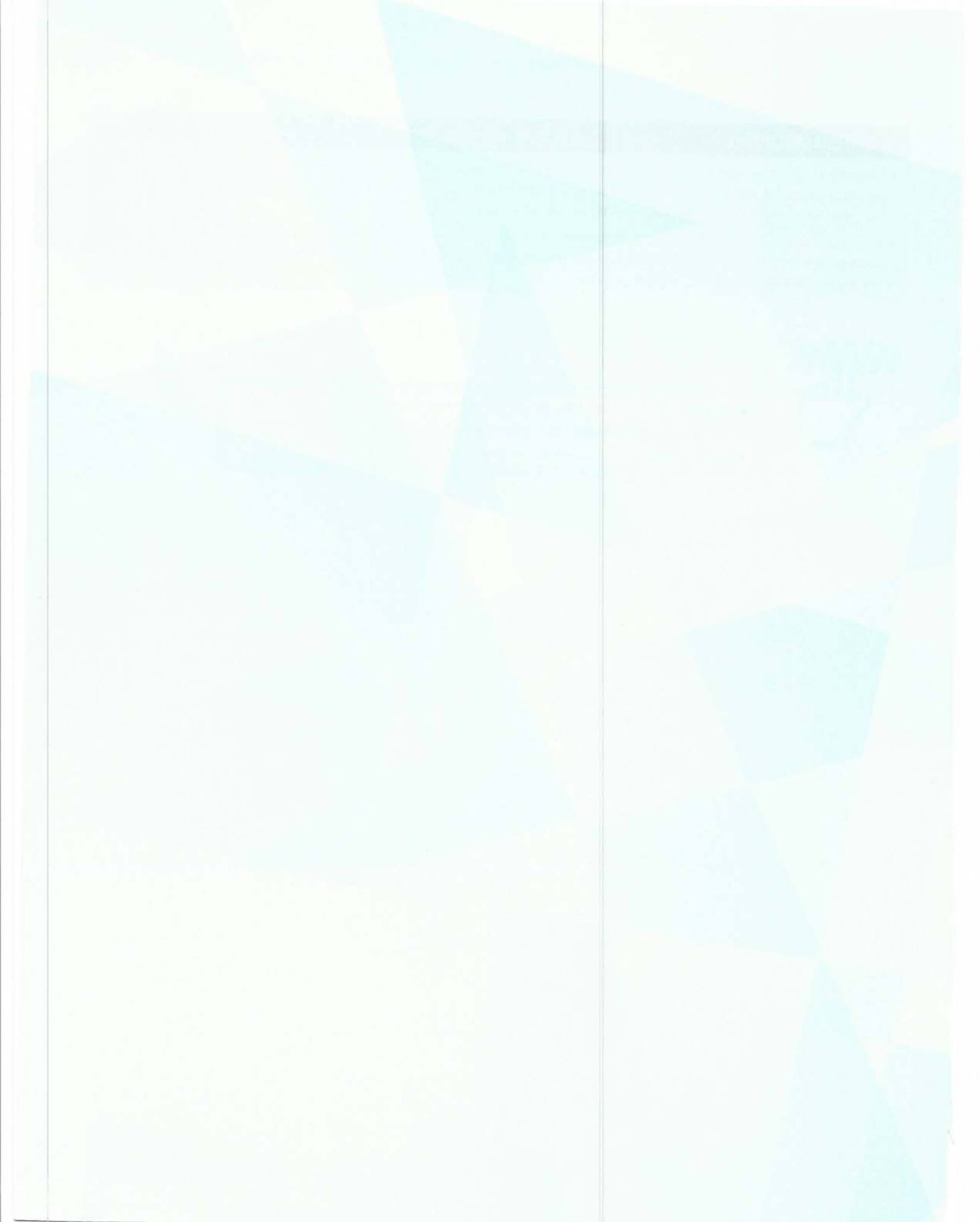
www.



Véase **Bibliografía** cap. 3 Mecanismos de contaminación de los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap.3 Mecanismos de contaminación de los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 3 Mecanismos de contaminación de los alimentos



CAPÍTULO

4

FACTORES ECOLÓGICOS QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO MICROBIANO EN LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar los factores ecológicos que pueden afectar el desarrollo y muerte de los microorganismos en los alimentos.
- Reconocer cómo se usan los factores ecológicos para controlar el desarrollo microbiano.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos, el alimento y el medio ambiente pueden constituir un entorno complejo: un *microecosistema*. En gran parte de los comestibles, la microflora es una mezcla de diversas especies de bacterias, mohos, levaduras, bacteriófagos y virus, en donde se puede apreciar desde inhibición hasta actividad microbiana intensa, de acuerdo a algunos factores propios del hábitat. Esta serie de factores microecológicos determina la resistencia/susceptibilidad a la colonización de un alimento. La comprensión de las interacciones en el sistema puede ser útil para prevenir o retardar la alteración microbiana en todos los productos derivados.

Los distintos agentes que influyen en el desarrollo microbiano en los alimentos, están designados por factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos corresponden a las características fisicoquímicas propias del alimento, mientras que los factores extrínsecos conciernen a las condiciones ambientales. Asimismo, existen agentes relacionados con las características individuales de los microorganismos, los llamados factores implícitos. No se pueden estudiar en forma independiente, ya que los diversos agentes se relacionan unos con otros.

1. Clasificación de los factores ecológicos . . .	44
2. Factores intrínsecos del alimento	44
3. Factores implícitos de los microorganismos . . .	48
4. Factores extrínsecos.	50
5. Síntesis conceptual	52

1. CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS

Hay una serie de factores que interviene en la supervivencia y desarrollo microbiano en los alimentos (**cuadro 4-1**).



IMPORTANTE:

Ecología microbiana. El desarrollo de los microbios en los alimentos depende de las propiedades del comestible, de las características del microorganismo y de su medio ambiente.

2. FACTORES INTRÍNSECOS DEL ALIMENTO

Los factores intrínsecos del alimento son aquellos elementos que forman parte integral de un comestible. Se refieren a las propiedades físicas y a la composición química del propio alimento.

Sustancias antimicrobianas

Son aquellas que combaten o atacan a los microbios. En los alimentos es habitual encontrar agentes que ejercen efectos inhibidores contra alguna clase de gérmenes. Los agentes antimicrobianos en los alimentos se pueden agrupar según su origen en naturales, adicionados y residuales.

Naturales

Son sustancias constitutivas de los alimentos de origen vegetal y animal, que tienen un efecto antimicrobiano. Las investigaciones recientes demuestran que las hierbas y especias usadas comúnmente (como ajo, comino negro, canela, tomillo, pimientas de jamaica, hojas de bahía, mostaza y romero), poseen propiedades antimicrobianas.

Entre las plantas como el perejil, apio, zanahoria, toronja, lima y naranja es común la producción de furocumarinas. Las *furocumarinas* son principios que inhiben el desarrollo bacteriano al interferir con la replicación del DNA. La producción de estas sustancias

se incrementa cuando los vegetales sufren infecciones bacterianas, fúngicas o algún otro tipo de alteración. Actualmente, en la industria alimentaria se usan aceites obtenidos de semillas de toronja como desinfectantes con un poder antimicrobiano semejante al cloro o yodo.

Las plantas están expuestas constantemente a un gran variedad de organismos patógenos, por eso han desarrollado mecanismos de defensa inmediata, los cuales incluyen la síntesis de proteínas con propiedades antimicrobianas. Los principales grupos de péptidos antimicrobianos en las plantas son las tioninas, proteínas de transferencia de lípidos y defensinas. Las *defensinas* ocasionan muerte microbiana a través de la formación de poros transmembrana. Además, se sugiere que los péptidos translocados pueden impedir la actividad enzimática e inhibir la síntesis de pared celular, ácidos nucleicos y proteínas. El ajo y la cebolla contienen alicina y alinina, que han mostrado tener propiedades antitrombóticas, antitumorales, hipolipídicas, antiartríticas, hipoglucémicas y antimicrobianas. Los extractos de ajo inhiben el crecimiento de patógenos bucales, por lo que tienen reconocido valor terapéutico, particularmente en periodontitis.

Adicionadas

Son sustancias antimicrobianas añadidas a los alimentos. Algunas están legalmente autorizadas. El conservador ideal inhibe hongos, levaduras y bacterias, no es tóxico para el ser humano, es fácilmente biotransformable por el hígado, no se acumula en el medio ambiente o en los organismos vivos, es soluble en agua, estable, insaboro, inodoro y de bajo costo.

En los refrescos y alimentos ácidos se usa el benzoato de sodio para inhibir el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos. En panes y pasteles, los propionatos de sodio y de calcio se utilizan como inhibidores de mohos. Entre los conservadores químicos se puede mencionar: el ácido acético, ácido salicílico, ácido sórbico, glicerol, nitritos y otros. Estas sustancias no permiten la reproducción de bacterias en productos lácteos, carnes y enlatados. La función principal de la conservación es retrasar el deterioro de los comestibles y prevenir las alteraciones de su sabor, olor, o aspecto, con la finalidad de producir alimentos más seguros para el consumidor.

Residuales

Son sustancias antimicrobianas que llegan a los alimentos por diversos mecanismos, principalmente de forma accidental. Los germicidas que se utilizan en la desinfección de diversos equipos, podrían ser arrastrados y contaminar las unidades iniciales de fabricación, si no son debidamente retirados antes de procesar el comestible. El uso de antibióticos en carne roja, ave eviscerada, pescados y vegetales sirve para disminuir la alteración por bacterias.

CUADRO 4-1. FACTORES ECOLÓGICOS MICROBIANOS

Tipo	Ejemplo
Factores intrínsecos del alimento	Sustancias antimicrobianas Potencial de hidrógeno Actividad de agua Potencial de oxidorreducción Integridad Nutrientes
Factores implícitos de los microorganismos	Estado fisiológico Adaptación al sustrato Velocidad de crecimiento Asociaciones microbianas
Factores extrínsecos	Temperatura Humedad relativa Atmósfera



IMPORTANTE:

Agentes antimicrobianos. Son sustancias que atacan a los microbios. En los alimentos se pueden agrupar según su origen en naturales, adicionadas y residuales.

**RECUERDA:**

La presencia de antimicrobianos en alimentos se ha asociado, tradicionalmente, con problemas:

- **Alérgicos.** La excreción de antibióticos a través de la leche procedente de animales, que están sujetos a tratamiento antimicrobiano, es un evento de riesgos potenciales porque su ingestión podría provocar una reacción de hipersensibilidad dañina para el hombre.
- **Tóxicos.** En la actualidad no se tienen datos sobre intoxicaciones provocadas por antibióticos de uso común ingeridos a través de la leche y otros alimentos, y se piensa que es porque sus concentraciones resultan ser muy bajas como para provocar un efecto tóxico; con excepción del cloranfenicol que, según algunos investigadores, es capaz de causar anemia aplásica por depresión de la médula ósea, cuando se suministran dosis bajas durante periodos cortos.
- **Asociados a las resistencias bacterianas.** En los Estados Unidos, unas 11 mil toneladas de antibióticos por año se agregan en bajas dosis a los alimentos de cerdos, pollos y ganado sanos para promover su desarrollo, lo que origina bacterias infecciosas resistentes a antibióticos.

Potencial de hidrógeno (pH)

Se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno. El pH mide la concentración de H^+ en una solución. Entre tanto, la acidez expresa el potencial de los ácidos presentes para liberar hidrogeniones. La escala del pH abarca valores que oscilan entre 0 y 14. Un pH inferior a 7 es ácido, un pH de 7 es neutro y un pH superior a 7 es alcalino o básico (**cuadro 4-2**). Otra manera para valorar el pH se basa en la capacidad que tiene la sustancia para donar o aceptar electrones. Si una sustancia admite electrones, entonces es ácida, y si cede electrones se presume alcalina.

CUADRO 4-2. VALORES DE pH EN DISTINTAS SUSTANCIAS

Sustancia	pH
Ácido clorhídrico (HCl)	0.0
Jugos gástricos	1.0
Jugo de limón	2.3
Vinagre	2.9
Vino	3.5
Jugo de tomate	4.1
Café	5.0
Lluvia ácida	5.6
Orina	6.0
Leche	6.6
Agua destilada	7.0
Sangre	7.4
Levadura	8.4
Leche de magnesia	10.5
Agua de cal	11.0
Amoniaco doméstico	11.9
Hidróxido de sodio (NaOH)	14.0

La mayor parte de las bacterias se desarrolla en alimentos de pH neutro a alcalino. Por esta razón, cuando el comestible posee un pH de 7 o mayor es muy vulnerable al crecimiento bacteriano. Usualmente, en los alimentos que tienen un pH menor de 4.5 no se desarrollan bacterias patógenas, se conservan mejor; sin embargo, se tornan más susceptibles a deterioro por hongos filamentosos o levaduras, o ambos. Por ejemplo, los jugos de frutas cítricas.

La acidificación es un método de conservación de los alimentos, previene la proliferación de bacterias y contribuye a mantener la calidad deseada de un producto. Los pepinos, alcachofas, coliflores, pimientos y pescado suelen ser acidificados. No obstante, diversos gérmenes como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus* tienen capacidad para adaptarse a pH bajos.

La adición de jugo de limón al pescado o ceviche inactiva a *Vibrio cholerae* o *Salmonella*. Sin embargo, no es un procedimiento completamente seguro, pues pudieran existir sitios que alojan a las bacterias que no entran en contacto inmediato con el ácido añadido. Además, los aminoácidos que constituyen al alimento están ionizados; por lo cual pueden ejercer un efecto amortiguador y evitar un cambio brusco en el pH, después de agregar el jugo.

Los correctores de la acidez se utilizan para modificar o controlar la acidez o la alcalinidad de un alimento y mantenerla a un nivel adecuado, lo que es importante en términos de procesamiento, sabor y seguridad alimentaria. Los ácidos inorgánicos fuertes (como el ácido clorhídrico) producen un rápido declive del pH externo, aunque su presencia en muchos alimentos es inaceptable. Los ácidos orgánicos débiles como el sorbato, benzoato y propionato son más efectivos que los inorgánicos en la acidificación del medio intracelular. Esto ocurre porque es más fácil su difusión a través de la membrana celular en su forma no disociada o lipofílica. Posteriormente, se disocian en el interior de la célula, inhiben el transporte de nutrientes y la actividad enzimática, y producen un desacoplamiento de la transferencia de electrones de la fosforilación oxidativa; por lo tanto, las bacterias no pueden obtener energía y mueren.

**IMPORTANTE:**

pH. Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Los comestibles con un pH de 7 son muy vulnerables al crecimiento bacteriano. Los alimentos que tienen un pH de 4.5 se tornan más susceptibles al deterioro por mohos y levaduras.

Actividad de agua (A_w)

Se define como la relación entre la presión de vapor de un alimento (p) y la presión de vapor del agua pura (p_0), medidas ambas a la misma temperatura. El requerimiento de agua para mantener las funciones vitales de los gérmenes no se satisface simplemente con el aporte de este elemento. Para aprovecharse, debe encontrarse en una forma fácilmente disponible, es decir, libre. La actividad de agua es la medición de la fuerza que restringe el movimiento de las moléculas de agua que requieren los microorganismos. En otras palabras, A_w es una medida del grado de aprovechamiento del agua de un alimento por los microbios (**cuadro 4-3**).

La escala de A_w se extiende desde 0 hasta 1. Los comestibles que tienen un nivel de actividad de agua próximo a 0.2 son muy secos; aquellos con valor cercano a 0.99 son muy frescos. La A_w se puede reducir a través de un aumento en la concentración de solutos en la fase acuosa del alimento. La adición de sustratos a los comestibles durante la producción de curados, salazonados y almíbares, así como la deshidratación, son métodos de conservación basados en la disminución de la actividad de agua. A menudo, un pequeño descenso de la A_w es suficiente para evitar la alteración del alimento, siempre y cuando vaya acompañada por otros factores antimicrobianos (**cuadro 4-4**).

CUADRO 4-3. ACTIVIDAD DEL AGUA EN DISTINTOS PRODUCTOS

Alimento	A_w
Carne fresca y pescado	0.99
Pan	0.95
Queso Cheddar añejado	0.85
Mermeladas y jaleas	0.80
Frutas secas	0.60
Bizcochos	0.30
Leche en polvo	0.20

CUADRO 4-4. LÍMITES DE A_w INHIBIDORES DE DIFERENTES GRUPOS MICROBIANOS

A_w	Grupos microbianos
0.92	Bacterias patógenas
0.90	Bacterias deterioradoras
0.88	Levaduras deterioradoras
0.75	Bacterias halófilas
0.61	Levaduras osmófilas

El alimento puede almacenarse de forma segura a través de la disminución de la actividad de agua, hasta un punto que no permita el crecimiento de patógenos peligrosos (p. ej., *Staphylococcus aureus*). El alimento con una A_w menor de 0.6 no apoya el crecimiento de levaduras osmófilas. Igualmente, *Clostridium botulinum* es incapaz de crecer a una A_w de 0.93 o de cifras inferiores.

**IMPORTANTE:**

A_w . Es una medida del grado del agua de un alimento, que puede ser aprovechada por los microbios. Los organismos no son eficientes en extraer agua de ambientes con una actividad acuosa < 0.6 .

Potencial de oxidorreducción (E_h)

Es la capacidad del sustrato para ganar o perder electrones. La oxidorreducción se entiende como una reacción en la que ocurre una migración de electrones entre sustancias químicas. La liberación de electrones equivale a oxidación, en tanto que su captura a una reducción. La reacción es simultánea, es decir, la cesión de electrones por una molécula se acopla con la aceptación por otra. Se establece así una diferencia de potencial entre las moléculas de un sistema dado, que se conoce como el potencial de oxidorreducción.

El E_h se define por la concentración relativa de sustancias oxidantes o reductoras contenidas en el alimento (**cuadro 4-5**). En relación a los microbios, cada uno tiene una tolerancia o necesidad específica de una cantidad de oxígeno en su ambiente. Los entornos oxidados proporcionan condiciones aeróbicas y tienen un potencial de oxidorreducción que es medido en milivoltios positivos. Los ambientes reducidos proveen condiciones anaerobias. Su potencial de oxidorreducción es medido en milivoltios negativos.

Según su tolerancia al oxígeno molecular, los microorganismos pueden ser:

- **Aerobios obligados.** Son los que requieren O_2 como aceptor final de electrones en su respiración; el potencial E_h debe ser

CUADRO 4-5. POTENCIAL DE OXIDORREDUCCIÓN EN DISTINTOS ALIMENTOS

Alimento	E_h (mV)
Jugo de uva	+409
Leche	+300
Carne cruda picada	+225
Huevo	+500
Queso emmental	-125
Hígado	-200
Germen de trigo	-470

alto, oxidado o positivo. Es el caso de la mayor parte de los hongos de interés en la microbiología de los alimentos y de algunas especies de bacterias como *Bacillus*, *Micrococcus* y *Pseudomonas aeruginosa*.

- **Anaerobios obligados.** Son aquellos que no usan O_2 molecular como aceptor de electrones en su metabolismo. El Eh debe ser muy negativo o reducido para su crecimiento. Algunos mueren rápidamente al contacto con el oxígeno. Entre las bacterias anaerobias obligadas están *Clostridium botulinum*.
- **Anaerobios facultativos.** Se desarrollan tanto a niveles altos como a bajos de Eh. Algunos microorganismos pueden usar al O_2 como aceptor de electrones. Entre los anaerobios facultativos están *Enterobacteriaceae*, corinebacterias y *Saccharomyces cerevisiae*. Son causa común de deterioro de muchos alimentos, incluidos los de Eh reducido.
- **Microaerófilos.** Éstos pueden usar al O_2 en su metabolismo, pero el desarrollo es limitado si se exponen a concentraciones altas de este gas. Una atmósfera microaerófila típica contiene 85% de N_2 , 10% de CO_2 y 5% de O_2 , la cual se utiliza, por ejemplo, en el cultivo de *Campylobacter jejuni*.

El potencial de oxidorreducción de un alimento es un factor selectivo del tipo y cantidad de microflora presente. Los límites del Eh pueden ir desde -420 mV para las cepas más anaeróbicas, hasta $+300$ mV para las aeróbicas. En otras palabras, los gérmenes aerobios requieren valores de oxidorreducción positivos, mientras que los anaerobios necesitan valores negativos. Cada tipo de microorganismo sólo puede vivir en un estrecho rango de valores de oxidorreducción. En resumen, el potencial de esta última indica las relaciones de oxígeno de los microorganismos vivos y puede utilizarse para especificar el ambiente en que un microbio es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células, sin recurrir al oxígeno molecular.



IMPORTANTE:

Eh. Es la diferencia de potencial establecida por la concentración relativa de sustancias oxidantes o reductoras que contenga el alimento. Las bacterias aerobias requieren valores de oxidorreducción positivos, mientras que las anaerobias necesitan valores negativos.

Integridad

Se define como la calidad de ser íntegro. Desde el punto sanitario, se entiende como íntegro aquel alimento que no presenta alteración en ninguna de sus partes; es decir, permanece inalterado.

En los alimentos suele haber barreras físicas para evitar el acceso de los microorganismos.

- **Protección natural.** Son las cubiertas normales de ciertos alimentos; por ejemplo, la cáscara en huevos, el tegumento en

frutas, y vainas en legumbres. En algunos casos, la estructura física del comestible contribuye a que no queden disponibles los nutrientes a los microbios. En las hojas de espinaca cruda no están accesibles los sustratos para el crecimiento de *Salmonella* o *Listeria monocytogenes*.

- **Protección artificial.** Son imitaciones de recubrimientos que tienen algunos alimentos; por ejemplo, envolturas de tipo plástico, aluminio, envases herméticos, capas de parafina. En algunos alimentos procesados, el recubrimiento con cera los protege contra la contaminación y desarrollo de microorganismos aerobios y ácaros.



IMPORTANTE:

Integridad. Es la capacidad de un alimento para permanecer inalterado. En los comestibles suele haber barreras físicas, tanto naturales como artificiales, para evitar el acceso de los microorganismos.

Nutrientes

Un nutriente es un producto químico exterior que necesitan las células para sus funciones vitales. Los microbios requieren ciertas sustancias básicas para mantener sus actividades metabólicas. Entre estas sustancias se incluyen el agua, una fuente de energía, nitrógeno, vitaminas y minerales. La mayor parte de los gérmenes metaboliza azúcares simples como la glucosa. Algunos pueden metabolizar carbohidratos más complejos, como el almidón o la celulosa encontrada en ciertas plantas.

Asimismo, la tasa de crecimiento es limitada por la disponibilidad de las sustancias nutritivas esenciales. Durante la preparación de alimentos, los procesos como cortar, picar, triturar y desenvainar destruyen las barreras físicas. Así, el interior del comestible se contamina y puede ocurrir el crecimiento microbiano, según las propiedades intrínsecas del alimento. En este caso, la regla elemental es que a mejor disponibilidad de nutrientes, mayor será la actividad microbiana.

En la mayor parte de los comestibles, la abundancia de sustratos nutritivos es suficiente para apoyar el crecimiento de una amplia gama de patógenos transmitidos por alimentos. Por lo tanto, es muy difícil y poco práctico para predecir el crecimiento del patógeno o la producción de toxinas en base a la composición nutritiva del alimento.



IMPORTANTE:

Nutrientes. Los microbios necesitan sustancias básicas para mantener sus funciones metabólicas; por ejemplo: agua, carbohidratos, nitrógeno, vitaminas y minerales.

3. FACTORES IMPLÍCITOS DE LOS MICROORGANISMOS

La microflora de un alimento tiene propiedades biológicas significativas que intervienen tanto sobre su crecimiento como en el predominio de algunas capas sobre otras. *Los factores intrínsecos microbianos son aquellas propiedades directamente relacionadas con las especies microbianas, su metabolismo y las relaciones que establecen.*

Estado fisiológico

Se refiere a las condiciones funcionales en que se encuentra un microorganismo durante una etapa específica de su vida. Las distintas manipulaciones a las que se somete el comestible pueden afectar el funcionamiento de los gérmenes. El tipo de daño celular depende de la clase de tratamiento; por ejemplo, la pared celular y su síntesis son alteradas por la desecación y la liofilización; la integridad y permeabilidad de la membrana se trastornan por el choque osmótico y los detergentes catiónicos; la síntesis de proteínas RNA y DNA es perturbada por el calor.

Los efectos de la aplicación de agentes físicos, químicos o biológicos sobre una población microbiana presente en un alimento son dependientes de la dosis, las condiciones de manejo, o la duración del proceso; por lo tanto, cuando un tratamiento se administra de manera inadecuada, puede provocar la aparición de efectos como el siguiente:

- **Daño subletal.** Es el deterioro previo a la muerte que sufre una bacteria, del cual se puede recuperar si termina el estímulo. La característica más notable de una bacteria dañada es su incapacidad para proliferar en medios de cultivo que contienen sustancias antimicrobianas, a concentraciones que son bien toleradas cuando la célula está íntegra. La presencia de daño subletal tiene dos consecuencias principales; primera, las células deterioradas podrían calificarse como muertas durante la determinación de resistencia al calor, los efectos del calentamiento serían sobreestimados y el proceso de calentamiento resultante sería inefectivo. Segunda, las células dañadas que escapan a la detección durante el periodo posterior al procesamiento, se podrían reparar y causar enfermedad una vez que el alimento sea consumido.

Al mismo tiempo, diversas especies o grupos microbianos tienen distinto potencial de supervivencia, lo cual llega a ser un parámetro decisivo para el desarrollo. En este sentido encontramos dos mecanismos de resistencia:

- **Viable pero no cultivable (VNC).** Es una estrategia de supervivencia para muchas bacterias no esporuladas como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia*, *Shigella* y *Vibrio*, ante los cambios de temperatura, concentración de sal o exposición a sanitizantes. Durante la transición a este estado, las células con forma de bastoncillo se contraen y llegan a formar pequeños cuerpos esféricos. A una población entera de células vegetativas le toma desde dos días hasta algunas semanas para

llegar a ser viable pero no cultivable. Debido al estado VNC, estos gérmenes son capaces de eludir el análisis convencional de los cultivos e indicar falsamente qué alimentos procesados, leche pasteurizada y agua potable son seguros. Se ha comprobado que las bacterias son hábiles para retornar a un estado infeccioso, cuando son inoculadas a animales de laboratorio.

- **Endosporas.** Éstas son formas de supervivencia de algunos grupos de bacterias frente a los efectos de diversos agentes, tales como el calor, desecación, radiación y sustancias químicas. Las endosporas o esporas bacterianas contienen un genoma y toda la maquinaria metabólica básica. La resistencia a las radiaciones se atribuye a los puentes disulfuro, formados por las cisteínas de las proteínas presentes en la cubierta externa. La resistencia frente a los productos químicos se debe a la impermeabilidad de la cubierta. La termoresistencia se explica por el bajo contenido de agua y la concentración incrementada de ácido dipicolínico. Las formas vegetativas de las bacterias esporuladoras, sometidas a 80 °C durante 10 min, mueren; mientras que las endosporas de ciertas especies resisten el calor húmedo de 120 °C durante 10 min, lo cual condiciona los parámetros para esterilizar muchos productos y materiales.



IMPORTANTE:

Estado fisiológico. Son las condiciones funcionales en que se encuentra un microbio durante una fase específica de su vida. Después de un tratamiento inadecuado sobre un alimento se pueden encontrar bacterias en estado de daño subletal, viable pero no cultivable o endospora.

Adaptación al sustrato

El término *adaptación* se refiere a la característica que ha desarrollado un organismo mediante selección natural a lo largo de muchas generaciones, para solventar los problemas de supervivencia y reproducción a los que se enfrentaron sus antecesores. La aptitud para aprovechar la cantidad y el tipo de nutriente está determinada genéticamente y se manifiesta en todo microorganismo que existe en forma natural en el alimento.

En general, las bacterias grampositivas son más exigentes en sus requerimientos alimenticios, ya que no son capaces de sintetizar ciertas sustancias nutritivas necesarias para su crecimiento. Por ejemplo, *Staphylococcus aureus* requiere aminoácidos, tiamina y ácido nicotínico. Las frutas y las verduras son deficientes en vitamina B, consiguientemente no apoyan con eficacia el crecimiento de este patógeno. Por lo general, las bacterias gramnegativas son aptas para satisfacer sus exigencias básicas alimenticias a partir de los carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas que se encuentran en una amplia gama de alimentos.

Usualmente, los gérmenes que predominan en los alimentos son aquellos que pueden utilizar con más facilidad las sustancias nutritivas presentes. Los carbohidratos simples y aminoácidos se utilizan primero, seguidos por las moléculas más complejas. La

complejidad es tal, que varios microorganismos pueden crecer al mismo tiempo en el alimento. La acumulación de productos metabólicos restringe el desarrollo de ciertas especies. En ocasiones, los metabolitos limitantes se utilizan como sustrato por otras cepas, que los usan parcial o totalmente, lo cual origina una asociación entre ambos microbios. La interacción continúa mientras los microorganismos mantengan su actividad metabólica; de tal modo que llegan a dominar la microflora del alimento, como consecuencia de este proceso dinámico.



IMPORTANTE:

Adaptación al sustrato. La aptitud para aprovechar la cantidad y el tipo de nutriente está determinada genéticamente y se manifiesta en todo microorganismo que existe en forma natural en un alimento.

Velocidad de crecimiento

El crecimiento se define como un incremento ordenado de todos los componentes de la estructura celular. El crecimiento microbiano incluye comúnmente un aumento en el número de células. La velocidad de crecimiento de un microorganismo es un factor que sólo se puede establecer en condiciones óptimas específicas. El control genético determina la duración de la fase de latencia, el tiempo de generación y la producción total de células, lo cual ocasiona cambios sustanciales y diferencias, inclusive entre individuos de la misma especie.

La habilidad que posee un microorganismo para competir es controlada por su velocidad de desarrollo. Algunos gérmenes proliferan más rápido porque tienen mayor eficacia en la utilización de nutrientes limitantes, lo cual les da una gran ventaja sobre los microbios de crecimiento lento. Esta situación tiene especial importancia cuando la contaminación ocurre a partir de utensilios o equipo que contienen residuos frescos y húmedos de los ingredientes que se van a procesar. El germen implicado se podría multiplicar sin demora, inclusive en fase logarítmica. Además, el crecimiento es todavía más favorable cuando el germen ha desarrollado resistencia contra algún inhibidor que forma parte de la formulación del producto. El crecimiento es un componente esencial de la función microbiana, ya que en la naturaleza cualquier célula tiene un periodo de vida finito y la especie se mantiene como resultado del crecimiento continuo de la población. El conocimiento de cómo las poblaciones bacterianas se amplifican rápidamente es muy útil para el diseño de métodos de control del crecimiento microbiano.



IMPORTANTE:

Rapidez del desarrollo. El crecimiento microbiano incluye aumento en el número de células. Algunos gérmenes proliferan más rápido porque tienen mayor eficacia en la utilización de nutrientes.

Asociaciones microbianas

Son las relaciones entre distintos tipos de microorganismos. Las siguientes formas de interacción que se presentan entre los gérmenes tienen interés especial en la microbiología de los alimentos:

- **Neutra.** Es la relación en donde la actividad de dos o más especies microbianas no se afecta.
- **Positiva o sinergismo.** Es la relación en donde la actividad de un microorganismo favorece la acción de otro. Por ejemplo:
 - Algunos hongos y bacterias degradan el ácido benzoico, ácido sórbico, nitritos y fenoles. La inactivación de estos compuestos antimicrobianos beneficia la supervivencia de otros microbios presentes en el alimento.
 - En temperaturas tibias, *Clostridium perfringens* puede disminuir el potencial de oxidorreducción de los tejidos de animales recién matados, lo cual favorece aún más el desarrollo de gérmenes anaeróbicos obligados.
 - En el yogurt, *Lactobacillus bulgaricus* degrada la caseína, con lo que proporciona péptidos y aminoácidos a *Streptococcus thermophilus*; el cual, a su vez, estimula el crecimiento del lactobacilo a través de la producción de ácido fórmico y dióxido de carbono.
 - El crecimiento de hongos sobre alimentos ácidos incrementa el pH y así se estimula el desarrollo de *Clostridium botulinum*.
 - El desarrollo de microorganismos xerótrofos (p. ej., *Aspergillus penicillioides* y *Penicillium roqueforti*) se acompaña de la generación de agua. El aumento concurrente de la Aw en los microambientes implicados permite la actividad de microbios con una tolerancia menor para prosperar en condiciones limitadas de agua biológicamente disponible.
- **Negativa o antagonismo.** Es la relación en donde el desarrollo de un microorganismo no favorece la actividad de otro. Por ejemplo:
 - Los coliformes y *Pseudomonas* pueden ocasionar agotamiento de nutrientes en algunos alimentos. Por lo tanto, la carencia de ciertos aminoácidos esenciales inhabilita el crecimiento de *Staphylococcus*.
 - Las bacterias lácticas, como *Lactobacillus reuteri*, se utilizan para fermentar ciertos productos. Estos microorganismos pueden liberar una amplia variedad de metabolitos primarios y secundarios, tales como ácidos orgánicos, diacetilo, CO₂ y antibióticos, que tienen una acción inhibidora sobre otros gérmenes.
 - La microbiota natural de tartas congeladas suspende la actividad de células de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* inoculadas en el producto.
 - La cepa *Fusobacterium mortiferum* produce una sustancia tipo bacteriocina, que inhibe la colonización de *Salmonella enteritidis* en los intestinos de aves de corral.
 - *Lactobacillus acidophilus* ejerce una actividad inhibidora contra *Salmonella enteritidis*, por lo cual se estudia para el control sanitario de pescado, como la sardina.

**IMPORTANTE:**

Sociedades microbianas. Las relaciones entre diferentes tipos de microorganismos pueden ser nulas, sinérgicas o antagónicas.

4. FACTORES EXTRÍNSECOS

Los factores extrínsecos son aquellos elementos que conforman el medio ambiente y que afectan tanto a los microbios como al alimento. Estos agentes externos se pueden relacionar con la manipulación y almacenaje de los comestibles.

Temperatura

La temperatura es la medida del calor. Las reacciones biológicas fundamentales son dependientes de la temperatura y, por ello, influyen de manera decisiva en el desarrollo y la viabilidad de los microorganismos (figura 4-1).

- **Bajas temperaturas.** Las temperaturas bajas prolongan las fases lag y logarítmica de las bacterias. Además, el valor máximo en la curva de crecimiento se afecta. La temperatura mínima observada para el crecimiento bacteriano es de -8°C ; la máxima es algo más de 100°C , aunque en los alimentos no se encuentran gérmenes con ese valor extremo.

Los microbios reaccionan a las bajas temperaturas por medio de un incremento en la proporción de los ácidos grasos saturados. Igualmente, se presentan tasas de reacción muy lentas para las enzimas individuales del microorganismo. La fluidez de la membrana citoplasmática se reduce, lo cual in-

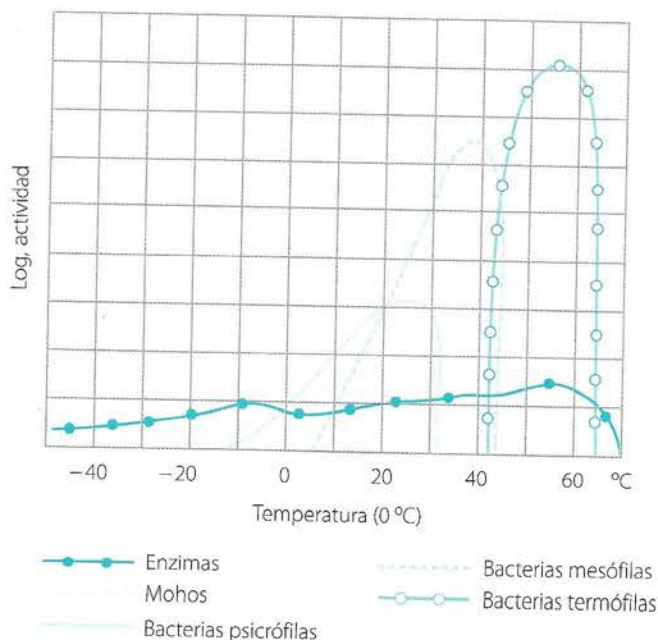


FIGURA 4-1. TASA DE CRECIMIENTO BACTERIANO SEGÚN LA TEMPERATURA

terfiere con los mecanismos de transporte de nutrientes. Estos eventos pueden detener el crecimiento bacteriano.

En general, una temperatura menor a 5°C se considera adecuada para la preservación de alimentos perecederos. Sin embargo, si en un producto tuviéramos inicialmente 50 bacterias/g, éstas alcanzarían una concentración de casi 10 millones/g en sólo ocho días, cuando se refrigera a 4°C . A una temperatura mayor a la máxima, los cambios en la velocidad de crecimiento son mínimos, y a partir de ésta pronto se alcanzan condiciones de daño subletal.

- **Altas temperaturas.** Las temperaturas altas afectan el desarrollo y viabilidad de los gérmenes. Un aumento leve de la temperatura estimula la tasa de crecimiento microbiano dentro de ciertos límites. A partir de un valor más o menos específico para un microorganismo y las condiciones de otros factores ecológicos, incluidos la composición del sustrato, se inicia un proceso progresivo de desvitalización de las células; reversible primero, pero posteriormente letal.

Los componentes estructurales de la célula son desnaturalizados irreversiblemente, en temperaturas superiores a los 80°C . Asimismo, se inactivan las enzimas sensibles al calor. Los sitios críticos de la bacteria implicados en la muerte ante temperaturas altas, son la membrana citoplasmática y el DNA. La muerte por efecto de las altas temperaturas sigue un patrón logarítmico. Si se esquematiza el número de sobrevivientes contra el tiempo de calentamiento a una temperatura definida, se obtiene una línea recta.

La inactivación de gérmenes es una práctica común a través de la cual se consigue la inocuidad de un alimento. La aplicación de niveles extremos no siempre es posible, de manera que se recurre a temperaturas inferiores a las cuales se espera destruir los microorganismos de interés. La exposición de los microbios a temperaturas altas, pero subletales, induce una población de células con mayor resistencia.

**IMPORTANTE:**

Temperatura. Las funciones biológicas microbianas dependen de la temperatura. Las temperaturas bajas extienden las fases lag y logarítmica. Las temperaturas altas perturban el desarrollo y viabilidad de los gérmenes.

Humedad relativa

La humedad es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en un lugar e instante determinados. El nivel de humedad en el ambiente promueve la actividad microbiana sobre la superficie de los alimentos. La humedad relativa que rodea al alimento es importante porque puede afectar la actividad de agua del producto. Por ejemplo, si un alimento ajustado a un nivel de A_w bajo se lleva a un ambiente húmedo, el agua se deposita, lo cual permite el desarrollo de los gérmenes hasta entonces inhibidos. Este incidente se acentúa en el caso de los microorganismos aerobios. Por otro lado,

si aumenta la temperatura, el nivel de humedad relativa disminuye, pero podría ocasionar la desecación del comestible.

Generalmente, los productos alimentarios que dependen de cierta *Aw* para su seguridad o duración, tendrán que ser almacenados en un ambiente que no cambie mucho esta característica. Los alimentos eventualmente entran en equilibrio con la humedad de su entorno. Así, los procesadores y distribuidores tienen que proveer las condiciones de almacenaje apropiadas para considerar este suceso.



IMPORTANTE:

Humedad relativa. El nivel de humedad en el ambiente promueve la actividad microbiana sobre la superficie de los alimentos.

Atmósfera

La *atmósfera* es la envoltura gaseosa que rodea a la Tierra. El comportamiento de los microbios en un comestible se afecta por el tipo y la concentración de gases en la atmósfera que les rodea. Por lo tanto, el control de la composición atmosférica se puede utilizar en la preservación de un alimento. Pero, es indispensable comprender el tipo de microorganismo potencialmente causal del deterioro y la composición de la atmósfera más propicia para retardar o inhibir su crecimiento.

Los gases que afectan el metabolismo microbiano en condiciones ordinarias son:

- **Oxígeno.** Estimula el desarrollo de las bacterias aerobias estrictas como las del grupo de *Pseudomonas* y los hongos. En ausencia del gas, unos y otros se inhiben; análogamente se favorece el desarrollo de anaerobios. Las enzimas catalasa y superóxido dismutasa protegen a los microorganismos aerobios y facultativamente anaerobios contra los efectos tóxicos del oxígeno.
- **Dióxido de carbono.** La acción del CO_2 es algo más compleja debido a las diferentes respuestas que induce entre los microbios. Ciertos gérmenes se inhiben, otros no se afectan, y todavía en unos terceros se observa una estimulación de su desarrollo. En general interfiere con el crecimiento de hongos y bacterias aerobias estrictas (especialmente gramnegativas), algunas de las cuales provocan el deterioro de alimentos con alto contenido de humedad.
- **Dióxido de azufre.** La actividad antimicrobiana se relaciona con las formas moleculares no ionizadas. No se conoce el modo de acción, aunque este gas es muy reactivo y probablemente interacciona con muchos componente celulares. Las bacterias son muy resistentes al gas, por lo que se utiliza con mucha frecuencia como antifúngico.
- **Óxido de etileno.** Este gas resulta muy tóxico para los microorganismos y su actividad se relaciona con su acción como agente alquilante. Los mohos y levaduras son los más sensibles, luego las bacterias y después las endosporas.

Hay varios factores que influyen en la eficacia de las atmósferas antimicrobianas. Entre ellos se incluyen la temperatura del producto, la proporción de volumen del gas según el área de almacenaje, cargas microbianas iniciales y tipo de flora, propiedades de las cubiertas protectoras y la composición bioquímica del alimento. El principio de preservación con atmósferas antimicrobianas se ha aplicado a frutas, verduras, ternera cruda, pollo, pescado, leche, requesón, huevo y una variedad de productos "listos para comer".



IMPORTANTE:

Atmósfera. Los gases que afectan el metabolismo microbiano en condiciones ordinarias son oxígeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre y óxido de etileno.

Interrelaciones

El conocimiento de la influencia que tienen los factores ecológicos sobre los microorganismos adquiere valor objetivo en los alimentos, cuando se les considera de manera dinámica con sus inevitables efectos interdependientes.

En condiciones óptimas, un microbio resulta reprimido si se lleva uno de los factores a situaciones progresivamente extremas. Cuando se considera el efecto simultáneo de dos de ellos, se observa que, en la medida en la que uno de ellos se aproxima al óptimo, la tolerancia al otro factor se incrementa. Por ejemplo, en la industria dulcera y chocolatera con frecuencia se utilizan materias primas como cocoa, leche, huevo, ciertos colorantes y coco, que pueden contener *Salmonella*. Ordinariamente, sólo reciben un tratamiento térmico moderado, lo cual resulta insuficiente para inactivar las bacterias, toda vez que se encuentran en un medio con baja actividad que les confiere mayor resistencia. En un alimento con pH de 5.0, la *Aw* mínima para el desarrollo de *Salmonella* podría ser 0.986. Si fuera necesario, hay que reformularlo con pH de 5.8, lo que favorecería su crecimiento, pero habría que disminuir la *Aw* por debajo de 0.971 para evitarlo.



RECUERDA:

La demanda del consumidor por el uso de factores intrínsecos (p. ej., la acidez y sal), como los únicos medios para inhibir los microbios en los alimentos, ha disminuido. En lugar de establecer un sólo parámetro ambiental hasta el límite extremo del crecimiento, la tecnología de múltiples obstáculos optimiza varios factores. Por ejemplo, en el procesamiento tradicional se usa individualmente un pH de 4.6 o una actividad de agua de 0.85 para evitar el crecimiento de patógenos; mientras que en la tecnología de barreras se puede obtener inhibición similar con el uso simultáneo de un pH de 5.2 y *Aw* de 0.92 en los productos.

Asimismo, como en el caso de la leche, los factores que afectan el crecimiento de los microorganismos son múltiples. En un pH de 6.6 sólo crecen determinados microorganismos. En la leche, la actividad de agua es de 0.99; por lo cual muchos mohos y levaduras no crecen al ser una A_w muy alta. Los microbios al multiplicarse liberan electrones y consumen O_2 , lo que ocasiona una disminución en el potencial de oxidorreducción, que conduce a un cambio en la flora microbiana, y los gérmenes en desarrollo pasan de aerobios a anaerobios. La leche tiene un alto contenido de aminoácidos, por lo que los microbios que no sintetizan proteasas no podrán crecer. Consecuentemente, algunas bacterias como *Streptococcus* y *Lactobacillus* establecen relaciones simbióticas para evitarlo. Otros factores que intervienen son las aglutininas y los sistemas antimicrobianos como la lactoferrina, inmunoglobulinas y lactoperoxidasa-tiocianato.



IMPORTANTE:

Interacciones. La acción simultánea de dos factores ecológicos sobre un microbio es disímil. En la medida que uno de ellos se aproxima al óptimo, la tolerancia al otro se incrementa.

El conocimiento de cada uno de los factores ecológicos y sus interacciones es esencial para evaluar niveles de riesgo en los comestibles, en lo referente a las pérdidas de frescura e inocuidad. Por otra parte, son la base del desarrollo de tecnologías usadas en la preservación de los alimentos.

5. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- El desarrollo de los microbios en los alimentos depende de las propiedades del comestible, de las características del microbio y de su medio ambiente.
- Los factores intrínsecos son aquellos elementos que forman parte integral de un comestible, a saber: los agentes antimicrobianos, el potencial de hidrógeno, la actividad acuosa, el potencial de oxidorreducción y la integridad.
- Los factores implícitos son aquellos relacionados con las especies microbianas, su metabolismo y las relaciones que establecen; por ejemplo: el estado fisiológico, la aptitud para aprovechar nutrientes, el crecimiento microbiano y las asociaciones.
- Los factores extrínsecos son aquellos elementos que conforman el medio ambiente que afecta tanto a los microbios como al alimento. Estos agentes externos son: la temperatura, el nivel de humedad y la atmósfera.



Véase **Bibliografía** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 4 Factores ecológicos que determinan el comportamiento microbiano en los alimentos

PARTE II

PATÓGENOS INVOLUCRADOS EN LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

CONTENIDO

CAPÍTULO 5

Enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales

CAPÍTULO 6

Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales

CAPÍTULO 7

Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos

CAPÍTULO 8

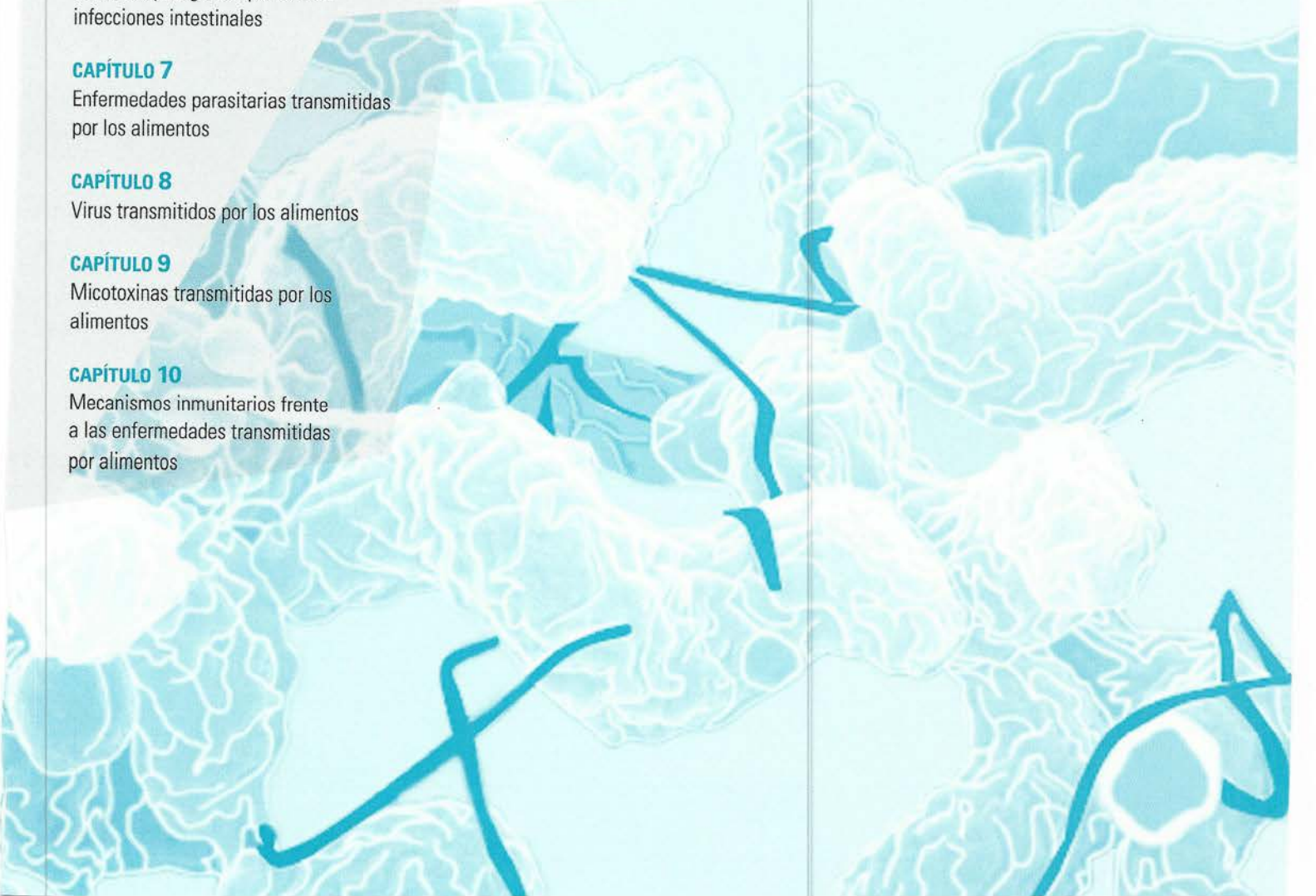
Virus transmitidos por los alimentos

CAPÍTULO 9

Micotoxinas transmitidas por los alimentos

CAPÍTULO 10

Mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos



CAPÍTULO

5

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS Y BACTERIAS PATÓGENAS QUE CAUSAN INTOXICACIONES INTESTINALES



OBJETIVOS

- Reconocer la participación de las bacterias como agentes causales de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).
- Identificar las características de las diferentes bacterias patógenas que originan intoxicaciones intestinales por consumo de alimentos.

1. Concepto de enfermedades transmitidas por alimentos	56
2. Epidemiología de las enfermedades transmitidas por alimentos	56
3. Tipos de enfermedades transmitidas por alimentos	56
4. Enfoque diagnóstico para enfermedades transmitidas por alimentos	57
5. Pasos generales de una investigación de brote	59
6. Factores relacionados en ETA causadas por microorganismos	61
7. Bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales	62
8. <i>Staphylococcus aureus</i>	62
9. <i>Bacillus cereus</i>	65
10. <i>Clostridium botulinum</i>	67
11. Síntesis conceptual	70

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) son una causa importante de morbilidad y mortalidad. Producen un gran impacto económico tanto por los gastos en salud como por las pérdidas relacionadas con la producción de comestibles. A pesar del progreso logrado en el mejoramiento general de la calidad e inocuidad de los alimentos, las acciones de prevención y control se han dificultado debido a factores asociados con la globalización, tales como el crecimiento de la población, la pobreza en los países en desarrollo, la urbanización en los países desarrollados, el aumento en el comercio internacional de alimentos, el surgimiento de nuevos patógenos, la aparición de cepas microbianas con mayor resistencia y los nuevos mecanismos de propagación de gérmenes. Las ETA se han convertido en un problema emergente. La globalización de los mercados y la complejidad de la cadena alimentaria ocasionan que la producción de comestibles inocuos sea una labor muy difícil, en un mundo lleno de patógenos, alérgenos o contaminantes ambientales.

1. CONCEPTO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

Las ETA son padecimientos que sufre un individuo como resultado de la ingestión de agua o productos contaminados. Los contaminantes pueden ser microbios patógenos, productos químicos venenosos u otras materias nocivas. En el caso de los microorganismos, después de que son tragados, pasan al estómago, se adhieren a las células que recubren las paredes intestinales y se multiplican. Los gérmenes pueden permanecer en el intestino o producir toxinas que se absorben en el torrente sanguíneo o invadir directamente los tejidos corporales más profundos, o pueden suceder todos estos eventos. La aparición de los primeros síntomas puede oscilar entre horas a días, según el tipo y cantidad de microorganismos ingeridos. Las manifestaciones clínicas más comunes son vómito, diarrea, cólicos, fiebre y dolor de cabeza.



IMPORTANTE:

Enfermedades transmitidas por alimentos. La OMS define a las ETA como el conjunto de síntomas originados por la ingestión de agua o alimentos que contengan agentes biológicos (p. ej., bacterias o parásitos) o no biológicos (p. ej., plaguicidas o metales pesados) en cantidades que afectan la salud del consumidor en forma aguda o crónica, a nivel individual o de grupo de personas.

2. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

Las ETA constituyen un importante problema de salud pública en el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se producen unos 1 700 millones de casos de enfermedades diarreicas cada año, de los cuales 70% se origina por la ingestión de alimentos o agua contaminados con microorganismos o sus toxinas. Se considera que 88% de los casos es producto de un abastecimiento de agua insalubre, así como de un saneamiento y una higiene deficientes.

A finales del siglo pasado, la enfermedad diarreica aguda (EDA) fue uno de los problemas de salud pública más graves en los países en desarrollo. Las diarreas son la segunda causa de muerte de niños menores de cinco años de edad, y dan cuenta de 760 000 millones de defunciones cada año. La morbilidad es mayor en niños menores de dos años, y se estima que aproximadamente de 80 a 90% de las muertes ocurren en ese grupo de edad.

El problema es importante en los países desarrollados debido a la alta incidencia y a los costos asociados. En los Estados Unidos se presentan alrededor de 76 millones de casos, los cuales dan lugar a 325 000 hospitalizaciones y a 5 000 muertes anuales. Se estima que estos eventos tuvieron un costo superior a los 7 000 millones de dólares. La *European Food Safety Authority* (EFSA) y el *European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC) documentaron 5 262 brotes de ETA en la Unión Europea durante el 2010. Estas epidemias (con registro de 43 000 personas afectadas) causaron

25 fallecimientos. Los principales agentes identificados fueron las salmonelas (31% de todos los brotes), virus (15%) y *Campylobacter* (9%). En los países industrializados se estima que el porcentaje de la población que padece ETA cada año es de 30%.

En general, en América Latina y el Caribe, los sistemas de vigilancia epidemiológica son inadecuados, por lo que es difícil evaluar la situación existente. Los datos recopilados durante el periodo de 1993 a 2002 por el Sistema Regional de Información y Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (SIRVETA), registraron únicamente 6 511 brotes de ETA que afectaron a 232 259 personas; de éstas, 317 fallecieron. Se considera que una de las causas principales por las cuales la información resulta insuficiente, es que la mayor parte de los países reúne datos de síndromes y, en muchos casos, no hay vigilancia formal con estudios de laboratorio.

En los países desarrollados se estima un 10% menos de la cifra real en los casos de enfermedades diarreicas; en los países en desarrollo, el porcentaje es de 1%. Aunque es difícil calcular con certeza la incidencia mundial de las ETA, la importancia del problema es indudable debido a la gran cantidad de personas enfermas o muertas por haber ingerido alimentos contaminados.



IMPORTANTE:

Epidemiología. Según la OMS, se producen unos 1 700 millones de casos de enfermedades diarreicas anualmente, de los cuales 70% se origina por la ingestión de alimentos o agua contaminados con microbios o sus toxinas.

3. TIPOS DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

Alrededor de 250 son los agentes causales de ETA, entre los que se incluyen bacterias, virus, hongos, parásitos, priones, toxinas y metales. Las ETA se pueden agrupar en:

- **Infección.** Es la presencia y multiplicación de microbios en los tejidos del hospedero, después de la ingestión de un producto contaminado. La respuesta del individuo a la infección es muy variable y depende de la interrelación de muchos factores propios y del agente. Las infecciones pueden ser desde subclínicas hasta graves.
- **Intoxicación.** Es una afección ocasionada por el consumo de toxinas o productos químicos nocivos originados por microbios que han contaminado a los alimentos.
- **Toxicoinfección.** Es el resultado del consumo de algún alimento que contenía gran cantidad de gérmenes que, después de ser ingeridos, producen toxinas en el intestino y provocan una enfermedad.

El 90% de las enfermedades transmitidas por alimentos es de origen microbiano. Se trata de síndromes generalmente entéricos causados por determinados gérmenes o toxinas microbianas pre-

sentes en alimentos que se elaboraron o ingirieron en el mismo establecimiento.



IMPORTANTE:

Clasificación de ETA. Se pueden agrupar en: infecciones, intoxicaciones y toxicoinfecciones.



RECUERDA:

Entre las principales fallas durante la manipulación de los comestibles, que facilitan los brotes de ETA, se pueden mencionar las siguientes:

1. Enfriamiento inadecuado.
2. Preparación con demasiada anticipación al consumo.
3. Almacenamiento inadecuado.
4. Conservación a temperatura ambiente.
5. Cocción insuficiente.
6. Conservación caliente a temperatura inadecuada.
7. Higiene personal insuficiente.
8. Contaminación cruzada.
9. Ingredientes de origen dudoso.
10. Contacto de alimentos con animales o sus excrementos.

4. ENFOQUE DIAGNÓSTICO PARA ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

La determinación clínica del agente etiológico de una ETA se basa en:

I. Anamnesis clínico-epidemiológica

La rememoración es esencial para orientar el diagnóstico, por lo que se debe enfatizar la importancia de que el profesional la efectúe de manera detallada y con el tiempo necesario. El personal médico indaga la forma de comienzo, tiempo de evolución y características de la enfermedad durante el interrogatorio. Al mismo tiempo, debe conocer la situación epidemiológica en el área; es decir, si se trata de casos esporádicos, brote, endemia o epidemia.

En la anamnesis clínico-epidemiológica de una enfermedad gastrointestinal actual se deben incluir preguntas como:

- ¿Cuáles fueron los primeros síntomas?
- ¿Cuándo comenzaron?
- ¿Tiene fiebre o escalofríos, o ambos? ¿Tiene o tuvo náuseas o vómito, o los dos? ¿Está decaído?
- ¿Tiene algún dolor? ¿En dónde?
- ¿Tiene o tuvo dolor abdominal? ¿Con qué características? ¿Dónde le duele?
- ¿Ha notado ruidos intestinales? ¿Tiene pujo o tenesmo?
- ¿Qué características tiene la materia fecal? ¿Es semilíquida, líquida o desligada?
- ¿Qué color tienen las heces? ¿Ha observado sangre, pus o jirones de mucosa?
- ¿Cómo orina? ¿Con qué frecuencia?
- ¿Le duele la garganta? ¿Tiene dolor al tragar?
- ¿Ha percibido si surgió una erupción? ¿Cuándo apareció y en qué parte del cuerpo?

El profesional médico también busca antecedentes epidemiológicos de interés referidos a la enfermedad actual. Durante la entrevista puede realizar algunas de las siguientes preguntas:

- ¿Ha tenido algún cuadro similar anteriormente?
- ¿De dónde proviene el agua que se utiliza en el hogar?
- ¿Tiene antecedentes de alergias?
- ¿Relaciona esta enfermedad con alguna comida en particular?
- ¿Qué alimentos ha ingerido en las últimas 72 horas?
- ¿Cómo estaban preparados los alimentos? ¿En dónde los consumió?
- ¿Hay otras personas que hayan experimentado el malestar? ¿Acudieron a consulta médica?
- ¿Tiene animales domésticos? ¿Viven adentro de la casa? ¿Se lava las manos después de tener contacto con la mascota?
- ¿Ha viajado en los últimos 7 a 10 días?
- ¿Ha estado expuesto por trabajo o recreación a metales pesados, plaguicidas o agentes similares?
- ¿Cuál es su ocupación?
- ¿Ha presentado alguna enfermedad similar? ¿Recuerda las circunstancias?
- ¿Qué inmunizaciones ha recibido aparte de las incluidas en el esquema de vacunación?
- ¿Está vacunado contra hepatitis A, fiebre tifoidea, o cólera? ¿Cuál fue la fecha de la vacunación?

Por la condición clínica del paciente, en ocasiones, la anamnesis se debe realizar a partir de la información que proporciona un familiar o, por lo menos, de la persona que lo acompañó a la consulta.

II. Exploración física completa

Durante la enfermedad gastrointestinal debe practicarse de rutina la exploración física, en busca de:

- Desplazamiento del globo ocular hacia atrás (enoftalmos).
- Signo del pliegue. Distensión abdominal.
- Aumento del peristaltismo intestinal y de los ruidos hidroaéreos.
- Hígado doloroso a la percusión o a la palpación, hepatomegalia, hepatoesplenomegalia.
- Erupción eritematosa de la mucosas bucofacial (enanema).
- Erupción cutánea generalizada de cualquier tipo (exanema).
- Deshidratación de grado variable.

- Alteración del estado de conciencia en los casos con deshidratación grave.
- Síndrome meníngeo o encefalítico.

III. Diagnóstico clínico-epidemiológico

La formulación del diagnóstico presuntivo se realiza en base al razonamiento lógico formal apoyado con los conocimientos y la experiencia del profesional interviniente, para asociar los datos recogidos del interrogatorio y la exploración física. En la enunciación del diagnóstico presuntivo es fundamental el manejo de algunos conceptos básicos como son:

- a) Periodo de incubación. Es primordial para la orientación etiológica (**cuadro 5-1**):

- b) Alimento consumido. Es de suma utilidad para el diagnóstico con los aspectos citados precedentemente (anamnesis clínico-epidemiológica, exploración física, estimación del periodo de incubación) (**cuadro 5-2**).
- c) Síntomas y periodo de incubación. La combinación de estas dos variables permite la formulación del diagnóstico sindrómico y etiológico presuntivo (**cuadro 5-3**).

Después que se establece el diagnóstico clínico presuntivo de un caso en el o los afectados, se debe corroborar mediante estudios adicionales y hacer la notificación a las autoridades de salud pública. Se recomienda revisar la definición de caso sospechoso de la entidad tratada. La notificación es el punto inicial para realizar la investigación epidemiológica, según lo disponga la autoridad sanitaria.

CUADRO 5-1. PERIODO DE INCUBACIÓN DE DISTINTOS AGENTES PATÓGENOS

Tiempo	Agente
< 1 h	Químico (antimonio, cadmio, cobre) Tóxico (toxina de <i>Tetradon</i> , hongos del grupo muscarina)
< 3 h	Químico (nitritos, fluoruro de sodio, escombroides) Tóxico (vomitoxina, toxinas de bivalvos)
1 a 8 h	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> (enterotoxina preformada)
6 a 72 h	<i>Salmonella</i> spp.
8 a 22 h	<i>Clostridium perfringens</i> , <i>Bacillus cereus</i> (toxina diarreógena)
> 14 h	<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella</i> spp.
> 24 h	Rotavirus, astrovirus, adenovirus entérico, calicivirus, virus tipo Norwalk, <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Entamoeba histolytica</i> , <i>Trichinella spiralis</i> , intoxicación por mercurio
> 7 días	<i>Brucella</i> spp., <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , virus de hepatitis A

CUADRO 5-2. AGENTES PATÓGENOS RELACIONADOS CON ALIMENTOS

Producto	Agente patógeno
Carne y derivados	<i>Salmonella</i> sp., <i>C. perfringens</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Streptococcus</i> spp., <i>B. cereus</i>
Aves	<i>Salmonella</i> spp., <i>Campylobacter</i> spp., <i>S. aureus</i> , <i>Shigella</i> spp., <i>C. perfringens</i>
Conservas caseras	<i>C. botulinum</i>
Leche y derivados	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Brucella</i> spp., <i>Streptococcus</i> spp., <i>L. monocytogenes</i> , <i>B. cereus</i>
Ensaladas	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>C. parvum</i> , <i>G. lamblia</i>
Cereales	<i>B. cereus</i> , vomitoxina
Peces	<i>Vibrio</i> spp., mercurio
Mariscos	<i>Vibrio</i> spp., virus de hepatitis A, virus tipo Norwalk, cadmio, toxina diarreógena, toxina amnésica, toxina neurotóxica
Agua	<i>Vibrio</i> spp., <i>E. coli</i> , <i>G. lamblia</i> , <i>C. parvum</i>
Alimentos secos	<i>C. perfringens</i>
Alimentos precocidos	<i>C. perfringens</i>

CUADRO 5-3. DIAGNÓSTICO ETIOLÓGICO PRESUNTIVO A PARTIR DE SÍNTOMAS Y PERIODO DE INCUBACIÓN

Síntomas y periodo de incubación	Agente causal
Náuseas, vómito y dolor abdominal dentro de 1 h	Metales pesados (cobre, zinc, cadmio)
Parestesias dentro de 1 h	Intoxicación por pescado (escombroides o histaminosis), por bivalvos (saxitoxina, neurotoxina, toxina amnésica)
Confusión, delirio, alucinaciones dentro de 2 h	Intoxicación por hongos (ácido iboténico, muscimol, muscarina y otros)
Náuseas y vómito dentro de 16 h	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>B. cereus</i>
Parestesias dentro de 1 a 6 h	Ciguatera, intoxicación por bivalvos (saxitoxina)
Cólico abdominal y diarrea dentro de 8 a 16 h	<i>C. perfringens</i> , <i>B. cereus</i>
Fiebre, cólico abdominal y diarrea dentro de 6 a 48 h	<i>Salmonella enterica</i> , <i>Shigella</i> spp., <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>
Cólico abdominal y diarrea acuosa dentro de 6 a 72 h	<i>E. coli</i> enterotoxigénica, <i>V. cholerae</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella enterica</i>
Fiebre y cólico abdominal dentro de 16 a 48 h	<i>Yersinia</i> spp.
Diarrea sanguinolenta sin fiebre dentro de 72 a 120 h	<i>E. coli</i> enterohemorrágica

**IMPORTANTE:**

Diagnóstico de ETA. La determinación clínica del agente etiológico se basa en: anamnesis clínico-epidemiológica, exploración física completa y diagnóstico clínico-epidemiológico.

5. PASOS GENERALES DE UNA INVESTIGACIÓN DE BROTE

Habitualmente, los casos y epidemias de enfermedades diarreicas no se reconocen, investigan o notifican. En la actualidad, se dispone de muchos recursos para investigar las ETA a nivel mundial. En la práctica, la investigación epidemiológica de campo es un trabajo en equipo que precisa ser ejecutado mediante un enfoque sistemático, con pasos ordenados y secuenciales (figura 5-1). Los pasos para la investigación de brotes son:

1. **Reconocimiento de la existencia del brote.** Se reúne la información de algunos casos, para realizar una estimación general y rápida de la posibilidad de que haya sucedido un evento de importancia epidemiológica. Cuando se sospecha una epidemia, se verifica el diagnóstico de los casos notificados; luego se establece si la presencia observada de la enfermedad es superior a la esperada. Se debe considerar la existencia de una epidemia cuando se detecta una ETA extraña para el área, o si surgen varios casos relacionados por un evento común. En esta etapa es fundamental hacer la descripción del evento y la identificación de las causas.
2. **Verificación de diagnóstico.** Inmediatamente se procede a la investigación de campo, en la cual se visita a los comensales expuestos, enfermos o no, y al establecimiento donde se prepararon y consumieron los productos contaminados. Se aplica un formulario normalizado, de registro colectivo, para anotar los datos sobre fecha y hora de ingestión de los

alimentos dentro de las 72 h previas al inicio de los síntomas, fecha y hora del inicio del cuadro clínico, sintomatología predominante, y lugar donde se consumieron. Una actividad determinante es establecer la definición de caso, que precisa los criterios de inclusión o exclusión, la cual puede ser clínica o de laboratorio. Además, es indispensable efectuar oportunamente la recolección de las muestras clínicas y de alimentos, antes que los pacientes reciban antibióticos y los restos de los comestibles sean desechados.

3. **Organización de información.** Para el análisis del brote se consideran las variables: tiempo, lugar y persona. La magnitud de la epidemia se define desde el punto de vista geográfico y temporal, en donde se detallan las características epidemiológicas de los individuos expuestos (enfermos o sanos), tales como: sexo, edad, residencia, asistencia a eventos o viaje reciente. La sintomatología predominante y el tiempo de incubación ayudan a establecer el tipo de afección causada por el agente del brote. Durante la inspección del local elaborador se comprueba el estado de las instalaciones y equipos, el grado de protección de los alimentos y las costumbres de los manipuladores, para establecer los factores determinantes de la epidemia. Los numerosos puntos críticos en donde puede ocurrir la contaminación microbiológica o química de los alimentos deben localizarse e identificarse. Para ello, es necesario correlacionar el tiempo y la temperatura en cada una de las fases del procesamiento de los distintos alimentos. Estos datos sirven para aclarar la causa del brote y para prevenir otros similares.
4. **Formulación de hipótesis.** En muchas ocasiones, a partir de los antecedentes de los casos y de la inspección inicial del lugar, se puede elaborar una suposición preliminar acerca de la causa del brote y el grado de riesgo para la población. Con la información obtenida también se establecen las fuentes y los mecanismos de la contaminación. En algunas ocasiones, la ruta de los agentes extraños desde la obtención/preparación

INVESTIGACIÓN DE UN BROTE

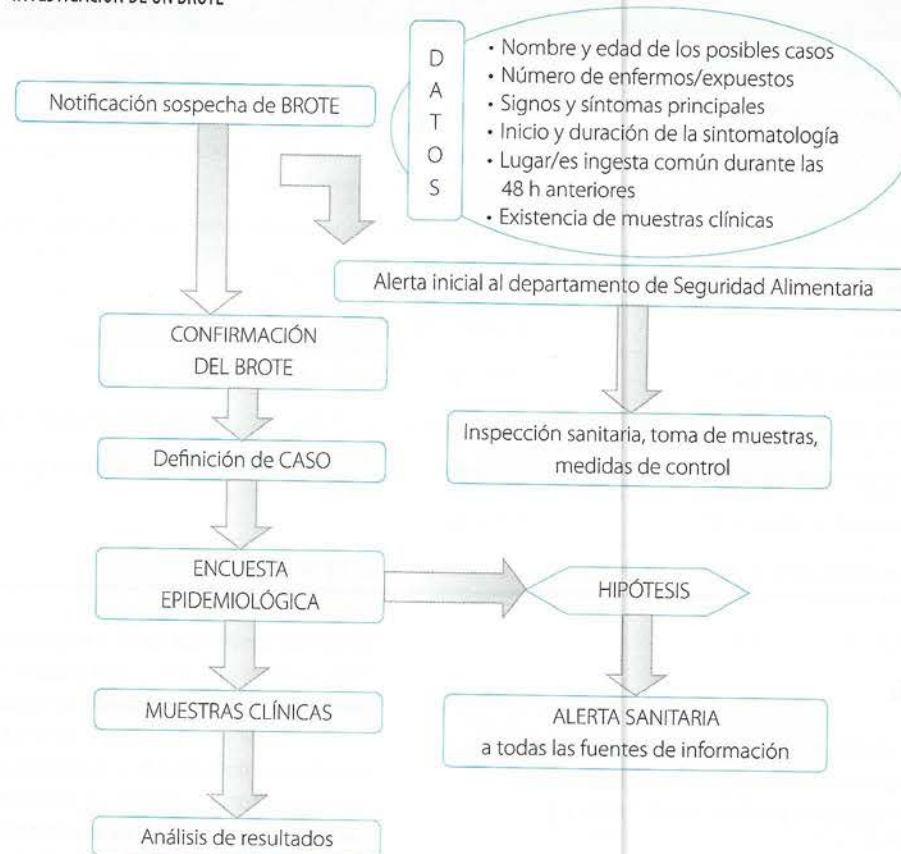


FIGURA 5-1. PASOS SECUENCIALES DURANTE LA INVESTIGACIÓN DE UN BROTE

de los alimentos hasta las personas afectadas resulta clara. Sin embargo, se debe analizar el escenario meticulosamente porque la respuesta más obvia no es siempre la correcta.

5. *Recolección de muestras.* Para facilitar la identificación del agente causal es preciso tomar las muestras correctamente, para evitar su contaminación. Las muestras clínicas las analiza el servicio de salud que atiende a cada paciente. Los especímenes se recolectan tempranamente a partir de un número suficiente de comensales. A los manipuladores de los alimentos sospechosos se les puede tomar muestras de secreciones bucofaríngeas y nasales, así como de lesiones cutáneas y heces. Los restos de los productos ingeridos en común por los afectados y las muestras de los ingredientes usados para elaborar el alimento, se envían al laboratorio correspondiente para su análisis.
6. *Análisis de los datos.* Enseguida de conseguir los resultados de las inspecciones de los locales, alimentos y personal, se comparan con la información epidemiológica obtenida. En esta etapa se determina el tiempo probable de exposición de los casos a los alimentos contaminados, el modo de transmisión del agente causal y la fuente, ya sea única o múltiple. Se identifica a los grupos humanos expuestos al riesgo y se determina el probable agente causal, la gravedad de la enfermedad y el pronóstico. Igualmente se calculan las tasas de ataque de la enfermedad, de internación, de letalidad y la

de ataque para cada alimento consumido. Los investigadores realizan entrevistas sistemáticas acerca de una lista de posibles exposiciones con personas enfermas y con un grupo de personas comparable que no están enfermas. Al comparar la frecuencia con la que una exposición es notificada por personas enfermas y por personas sanas, se puede medir la asociación de la exposición con la enfermedad.

7. *Medidas de control.* Estas medidas se toman urgentemente, con el objetivo de identificar la forma de evitar la transmisión y prevenir la presencia de nuevos casos. Entre las disposiciones se pueden mencionar: la clausura del local donde se elaboraron los alimentos; el decomiso de las materias primas sospechosas; la prohibición del consumo del producto; la higiene del local, utensilios y equipo de cocina; la educación sobre higiene de los alimentos a los manipuladores; la prevención de transmisión por practicantes médicos; el aislamiento de pacientes; tratamiento del suministro de agua; la eliminación de desechos humanos, y otras medidas que se consideren necesarias.
8. *Diagnóstico etiológico del brote.* La determinación se realiza en el laboratorio mediante aislamiento e identificación del agente causal de las muestras procedentes de los pacientes, de los alimentos implicados o de la materia prima utilizada en la elaboración de esos alimentos, de acuerdo a la hipótesis planteada. La sola presencia de *Salmonella* sp., *Listeria*

monocytogenes, o *Escherichia coli* O157:H7 es suficiente para la confirmación. En contraste, para *S. aureus*, *B. cereus* y *C. perfringens* deben recuperarse más de 100 000 microorganismos por gramo del alimento. En caso de aislarse *Salmonella* de cualquiera de las muestras, la cepa se remite al laboratorio de referencia para su serotipificación.

9. **Informe final.** Es preciso organizar los datos obtenidos en un informe final para facilitar la comprensión de quienes lo utilicen con posterioridad. El informe contendrá una descripción de los factores que desencadenaron los eventos, la valoración de las medidas tomadas para su control y las recomendaciones para la prevención de episodios similares en el futuro. La documentación se remite al nivel jerárquico superior y a todas las personas involucradas en el estudio del brote. El resumen de las epidemias se notifica con periodicidad a las jurisdicciones de salud correspondientes. El informe debe ser amplio y oportunamente divulgado en forma y tiempo a las autoridades, profesionales de la salud y medios de comunicación.



IMPORTANTE:

Pasos generales de una investigación de brote. Establecer la existencia del brote, verificar el diagnóstico, organizar la información, formular una hipótesis, recolectar muestras, analizar los datos, implementar medidas de control, diagnosticar el agente etiológico del brote e informar las conclusiones.

Una investigación que aclare la fuente y el mecanismo de la contaminación del alimento puede proporcionar información vital,

incluso aunque haya terminado el brote. La comprensión puntual del evento puede orientar la decisión de reanudar las operaciones habituales y conducir a medidas de prevención más generales, para reducir el riesgo de que ocurran brotes similares en otros lugares.

6. FACTORES RELACIONADOS EN ETA CAUSADAS POR MICROORGANISMOS

La cantidad de gérmenes necesarios para causar una enfermedad se conoce como *dosis infectante* (cuadro 5-4). Sin embargo, la aparición de los malestares en un individuo, después del consumo de un alimento contaminado por un microbio patógeno o sus toxinas, depende de:

- El *microorganismo*. La gama de enfermedades transmitidas por los alimentos cambia constantemente. Hace un siglo, la fiebre tifoidea y el cólera eran padecimientos habituales. Las mejoras en la seguridad alimentaria (p. ej., la pasteurización de la leche, el enlatado seguro y la desinfección de los suministros de agua) han controlado esas enfermedades. En fechas recientes, se han descubierto nuevos patógenos (p. ej., *Cyclospora* y *Vibrio parahaemolyticus*) que han tomado su lugar.
- El *alimento*. La composición natural del producto interviene en el riesgo de enfermar cuando se ingiere. Los alimentos que no poseen las propiedades para soportar la multiplicación de un patógeno, pueden evitar el daño, aun cuando el microorganismo sea consumido con el alimento. Por otro lado, algunos elementos de los comestibles posibilitan el paso de un germen hacia el estómago, como ocurre con los productos grasos en la salmonelosis, los cuales incrementan el peligro de sufrir infección.

CUADRO 5-4. UMBRALES Y NIVELES DE CALIDAD

Agente	Persona sana (Dosis estimada patógena)	Criterio de calidad sugerido para adquirir alimento crudo
Bacteria	Número de microorganismos	Número de microorganismos
<i>Bacillus cereus</i>	10e5 a 10e11 UFC (dosis)	< 10e2 UFC/g
<i>Clostridium botulinum</i>	3 × 10e3 UFC/g (detección de toxina)	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	10e6 a > 10e10 UFC (dosis)	< 10 UFC/g
<i>Campylobacter jejuni</i>	> 500 UFC/g (dosis)	< 1 UFC/25g
<i>Salmonella</i> spp.	1 a 10e9 UFC (dosis)	< 1 UFC/25g
<i>Shigella dysenteriae</i>	10e1 a > 10e4 UFC (dosis)	< 1 UFC/25g
<i>Staphylococcus aureus</i>	10e5 a > 10e6 UFC/g (nivel de toxina)	< 10e2 UFC/g
<i>Vibrio cholerae</i>	10e3 UFC (dosis)	< 1 UFC/g
<i>Yersinia enterocolitica</i>	3.9 × 10e7 UFC (dosis)	< 10e2 UFC/g
<i>Listeria monocytogenes</i>	> 10e3 a > 10e5 UFC (dosis)	< 10 UFC/g

- El *individuo*. Hay una gran variedad de respuestas químicas, mecánicas, celulares e inmunitarias que se han desarrollado a lo largo de la evolución humana, con la finalidad de impedir la invasión de los microorganismos. Entre estos mecanismos, el más importante es el inmunitario. Una perturbación leve en uno de estos elementos puede dar lugar a una infección por gérmenes poco virulentos.

**IMPORTANTE:**

Elementos relacionados con las ETA. La aparición de los síntomas, después del consumo de un alimento contaminado por un microbio patógeno o sus toxinas, depende de la especie de microorganismo, del tipo de alimento y de las características del individuo.

7. BACTERIAS PATÓGENAS QUE CAUSAN INTOXICACIONES INTESTINALES

La intoxicación alimentaria es un síndrome que resulta de la ingestión de alimentos contaminados con microorganismos, toxinas microbianas o sustancias químicas. Estos agentes nocivos tienen un periodo corto de incubación y afectan a la mayoría de los individuos que compartieron el alimento. Las intoxicaciones por alimentos se pueden clasificar de acuerdo al tiempo de aparición de los síntomas, en:

- Agudas.** Se caracterizan por la aparición inmediata del cuadro clínico enseguida de la absorción de una dosis importante del agente tóxico. Su evolución es muy diversa; puede progresar desde la recuperación parcial o total, con o sin secuelas, hasta la muerte. Algunos agentes provocan males-tares tan sólo después de 6 h, por ejemplo: hongos amanita, escombrotóxina, dinoflagelados, *S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, zinc, cesio, cadmio y arsénico.
- Subagudas.** Se trata de intoxicaciones que no presentan síntomas inmediatos, perceptibles y claros, aunque sí se producen trastornos a distintos niveles biológicos. Los síntomas aparecen varios días después de la ingestión del tóxico. En relación al tiempo, se origina una caída lenta y progresiva del estado de salud en forma de pequeñas mesetas. Entre los agentes están: el paraquat, la ciguatoxina, el plomo o el talio.
- Crónicas.** Son consecuencia de la absorción repetida del agente tóxico, aun en cantidades muy pequeñas, durante periodos prolongados; su acumulación permite, con el tiempo, alcanzar las dosis adecuadas para provocar sus efectos patológicos. Los síntomas aparecen poco a poco, aunque excepcionalmente pueden surgir de modo repentino cuando el tóxico se mueve de los depósitos dentro del cuerpo. Habitualmente, estas intoxicaciones son provocadas por medicamentos, aditivos alimentarios y plaguicidas.
- Recidivantes.** Son cuadros patológicos que reaparecen después de un determinado periodo de salud. Las repeticiones de los síntomas conducen al individuo a estados de deficien-

cia biológica, los cuales dificultan cada vez más su recuperación. Un caso: en algunas personas, la ingesta periódica de zumos de fruta semisintéticos muy ricos en amoníaco ocasiona hiperamoniemia, debido a un déficit congénito de ornitina-transcarbamilasa, una enzima que interviene en la transformación del amonio en urea. La hiperamoniemia es una causa potencial de encefalopatía recidivante.

**IMPORTANTE:**

Intoxicaciones por alimentos. Se pueden clasificar según el tiempo de aparición de los síntomas en: agudas, subagudas, crónicas y recidivantes.

Por lo general cuando la historia clínica y el análisis microbiológico de las heces indican una causa no inflamatoria de la diarrea, en donde existen señales de una epidemia que afecta a otras personas, entonces, el interrogatorio sobre los alimentos consumidos y el tiempo transcurrido entre la comida sospechosa y la aparición de la diarrea puede dar indicios decisivos sobre el agente causal de la enfermedad.

8. STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Los estafilococos se reconocen como causa de enfermedades piógenas desde los primeros tiempos de la microbiología. Durante el decenio de 1870, Koch, Pasteur y otros microbiólogos pioneros describieron los cocos grampositivos en el pus.

Morfología y estructura

Los estafilococos (*staphyle*, racimo de uvas) son esferas facultativamente anaerobias, grampositivas, de 0.8 a 1.0 μm de diámetro. Estos cocos aparecen aislados, en pares, en cadenas cortas y tienen una fuerte tendencia a formar grupos (figura 5-2). La pared celular estafilocócica contiene peptidoglucanos, que constituyen el exoesqueleto, y ácidos teicoicos específicos de cada especie. Algunas cepas de *S. aureus* poseen cápsulas que inhiben la fagocitosis por los neutrófilos, a menos que se encuentren opsonizadas por anticuerpos específicos.



FIGURA 5-2. MORFOLOGÍA DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Clasificación

Las tres especies principales de estafilococos de importancia clínica (*Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* y *S. saprophyticus*) pertenecen a la familia *Staphylococcaceae*.

Ecología

La mayoría de los seres humanos es portadora sana de gran número de estafilococos y microbios relacionados en la flora normal de la piel y mucosas de las vías respiratorias. Sin embargo, algunos de ellos son miembros pasajeros de la microflora y causan enfermedades en el hospedero. Otros estafilococos viven libremente en la naturaleza y pueden colonizar la piel.

Mecanismo de transmisión

La enfermedad alimentaria por estafilococos no es una infección, sino una intoxicación que resulta de la ingestión de alimentos contaminados por toxina preformada. El origen de la contaminación suele ser la manipulación de los comestibles por un individuo portador de *S. aureus*. Los gérmenes crecen con rapidez, incluso a temperatura de la habitación, y se pueden acumular concentraciones peligrosas de enterotoxina en los alimentos en unas pocas horas. Como las toxinas son muy termorresistentes, el calor no hace que los productos que contienen enterotoxina sean seguros para el consumo.



IMPORTANTE:

***Staphylococcus aureus*.** Los estafilococos son esferas facultativamente anaerobias, grampositivas, que se agrupan en racimos. Los seres humanos llevan estafilococos en la piel y mucosas de las vías respiratorias. La fuente de la contaminación del comestible suele ser un individuo portador.

Genética

La resistencia a la penicilina depende de la producción de betalactamasa, una enzima codificada por un plásmido que hidroliza el anillo betalactámico del antibiótico. Muchas de las toxinas son controladas por plásmidos; algunas pueden estar bajo control cromosómico y extracromosómico, y para otras el mecanismo no está bien definido.

Productos extracelulares

Coagulasa. Esta enzima favorece la conversión de fibrinógeno en fibrina y activa los pasos finales de la cascada de la coagulación, a través de mecanismos que difieren de los fisiológicos humanos.

Superantígenos pirogénicos. La familia de PTSAg incluye la toxina del síndrome de choque tóxico-1 (TSST-1). Son proteínas multifuncionales que invariablemente tienen actividad letal, pirogenicidad, superantigenicidad y la capacidad para inducir hiper-

sensibilidad letal a la endotoxina. Los superantígenos se unen a las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) clase II y a las regiones beta del receptor de células T, lo que provoca la activación de las células presentadoras de antígeno y de los linfocitos T. Estas interacciones conducen a la excesiva producción de citocinas proinflamatorias y proliferación de células T, que causan el síndrome de choque tóxico cuyos síntomas característicos son fiebre, hipotensión y choque.

Enterotoxinas. Las enterotoxinas estafilocócicas (SE) son una familia de proteínas termoestables, con peso molecular de 26 900 y 29 600 Da. Se han identificado algunos tipos serológicos diferentes, por ejemplo: SEA, SEB, SEC, SED, SEE, SEG, SEH, SEI, SER, SES y SET. La mayor parte posee actividad emética.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. La resistencia a la penicilina depende de la betalactamasa, una enzima codificada por un plásmido. Las sustancias pueden producir coagulasa, superantígenos pirogénicos y enterotoxinas.

Manifestaciones clínicas

Después de la ingestión (en un plazo de 1 a 6 h) aparecen náuseas, vómito y diarrea (figura 5-3). Además, suele presentarse dolor abdominal, calambres y deshidratación. La enfermedad cura espontáneamente; por lo general en plazo de uno o dos días se logra la recuperación completa.

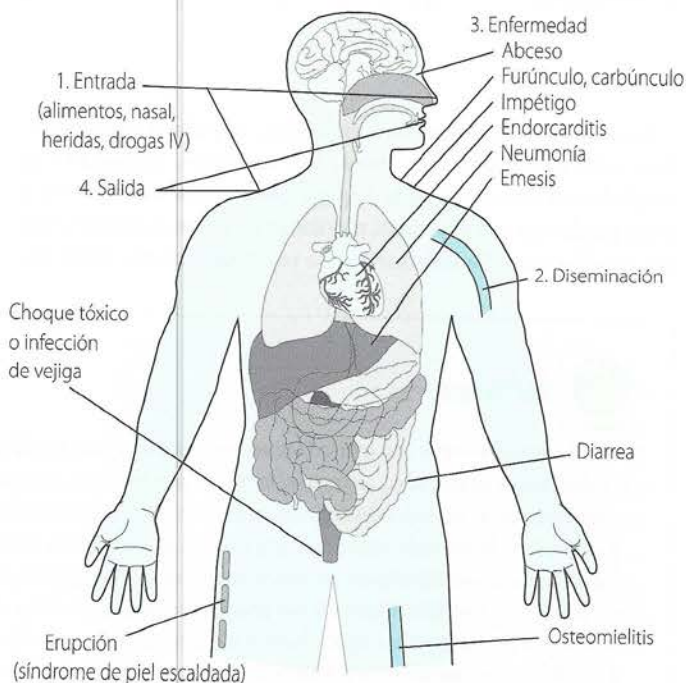


FIGURA 5-3. SINTOMATOLOGÍA DE LA INTOXICACIÓN POR *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

**IMPORTANTE:**

Sintomatología. Los síntomas de la intoxicación son náuseas, vómito y diarrea. Además, suele presentarse dolor abdominal, calambres y deshidratación.

Mecanismos patogénicos

Las SE pueden inducir vómito; el blanco para iniciar el reflejo se localiza en la víscera abdominal, aunque los receptores celulares aún no se identifican. La acción vomitiva depende de la activación del centro emético medular en el tallo cerebral, el cual se estimula por impulsos transmitidos a través de los nervios vago y simpático. Asimismo, se propone que el efecto emético es resultado de una respuesta inflamatoria hacia la enterotoxina. Por otro lado, los superantígenos microbianos pueden alterar la inmunidad del hospedero a través de una activación aberrante y subsiguiente anergia de células T vírgenes respondedoras. Las SE son poderosos superantígenos que estimulan proliferación no específica de las células T. La enterotoxina B estafilocócica directamente induce tolerancia en células T CD4 de memoria.

**IMPORTANTE:**

Patogenia. Las toxinas estafilocócicas estimulan a los nervios vago y simpático, los cuales inducen la activación del centro emético medular en el tallo cerebral, que responde a través del vómito.

Brote

Los comestibles mantenidos en la zona de peligro de temperatura, tales como alimentos tibios, lácteos, flanes, sándwiches de ensalada con jamón, ensalada de papa, postres rellenos de crema y otros productos con proteínas, participan en casos de intoxicación por estafilococos. La enfermedad ha resultado algunas veces por

el consumo de queso; en una ocasión, una contaminación ocurrió por la fuga en una válvula entre la línea de pasteurización y las bandejas. La carne cruda rara vez se involucra en enfermedad por alimentos, porque no provee las condiciones ideales para el crecimiento del estafilococo. En 1998, en Guadalajara, México, se detectó un brote por enterotoxina de *S. aureus* que afectó a casi 100 personas quienes consumieron pastel de moka. El estafilococo se aisló de la nariz y piel de uno de los pasteleros. Los factores contribuyentes de esta epidemia fueron un aumento de actividad de agua en la interfase entre la moka y la masa del pastel, el almacenaje del postre en un área no refrigerada, y una temperatura ambiente excepcionalmente alta.

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. Algunos comestibles involucrados son alimentos tibios, lácteos, flanes, sándwiches de ensalada con jamón, ensalada de papa, quesos, postres rellenos de crema y otros productos con proteínas. En 1998, en Guadalajara, México, un brote afectó a casi 100 personas que consumieron pastel de moka.

Tratamiento

Se debe reemplazar la pérdida de líquido intestinal por vía oral o parenteral. Los agentes antimicrobianos no tienen valor en el tratamiento por intoxicaciones alimentarias estafilocócicas. En caso de infección, la penicilina G es el fármaco de elección; se suele recomendar cefalosporina cuando las cepas producen penicilinasas.

Prevención

Se recomiendan estrictas medidas de higiene, tales como:

- Conservar alimentos a menos de 4 °C o más de 60 °C.
- Cocer bien los alimentos.
- Mantener las manos limpias y la piel libre de infecciones o heridas.

**RECUERDA:**

Staphylococcus aureus son causa frecuente de infecciones piógenas en piel y otros padecimientos como osteomielitis, artritis séptica, infecciones profundas, abscesos, neumonía, empiema, endocarditis, pericarditis, meningitis y enfermedades mediadas por sus toxinas, donde se incluyen intoxicación alimentaria, fiebre escarlata, síndrome de piel escaldada y síndrome de choque tóxico.

Los puntos de entrada más comunes son las lesiones de la piel y las vías respiratorias.

La coagulasa estafilocócica, al interactuar con el fibrinógeno, forma un coágulo que juega un papel importante en la localización de la infección. Los fibroblastos y sus productos pueden formar una pared alrededor del área inflamada, la cual contiene bacterias y leucocitos. Esto origina un típico furúnculo lleno de pus o un absceso.

La inflamación estafilocócica tiene consecuencias graves cuando las bacterias invaden el torrente sanguíneo. La septicemia resultante puede ser letal. La bacteriemia puede servir de fuente para abscesos internos, lesiones cutáneas, infecciones de pulmones, corazón, riñones, meninges y músculos esqueléticos.

- Evitar que el personal presente infecciones respiratorias, intestinales y de la piel.
- Enfriar rápido los alimentos, antes de guardar en refrigeración.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se recomienda conservar los alimentos a menos de 4 °C o más de 60 °C; cocer bien los alimentos; evitar que el personal presente infecciones respiratorias, intestinales y de la piel; enfriar rápido los alimentos, antes de guardar en refrigeración.

9. BACILLUS CEREUS

Bacillus cereus son ubicuos y durante mucho tiempo se les consideró ser típicas bacterias saprófitas. La bacteria tiene una capacidad notable para sobrevivir ante el fuerte estrés ambiental.

Morfología y estructura

Son bacterias formadoras de esporas, crecen de preferencia en condiciones aerobias. Son bastoncillos grampositivos. Generalmente son móviles con flagelos peritricos. Las esporas son centrales, de forma elipsoide y, al formarse en el interior de la célula, dan lugar a un hinchamiento ligero del esporangio (figura 5-4). Poseen antígenos somáticos, flagelares y de esporas.

Clasificación

Las esporas formadas se clasifican en la familia *Bacillaceae*, género *Bacillus*. Otras especies de este género incluyen *Bacillus anthracis*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis* y *B. coagulans*.

Ecología

Bacillus se distribuye ampliamente en la naturaleza. Es común encontrarlo en la tierra, cereales, almidones, hierbas, especias y otros productos secos. Se puede aislar frecuentemente de alimentos naturales e industrializados. Por lo general, se hallan en ma-

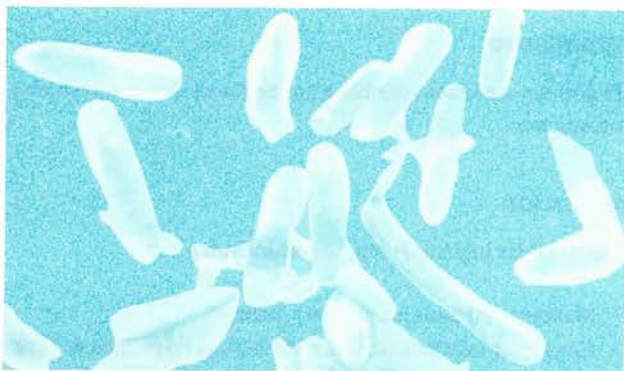


FIGURA 5-4. MORFOLOGÍA DE *BACILLUS CEREUS*

teria orgánica en descomposición, verduras y agua de consumo. Además, se adapta eficientemente para crecer en el aparato gastrointestinal de mamíferos e insectos.

Mecanismo de transmisión

Bacillus se ha encontrado en superficies de carnes rojas y de pollo, debido probablemente a la contaminación a partir de tierra o polvo. La enfermedad se puede producir por la ingestión de los microbios o sus toxinas. Las causas de la intoxicación alimentaria suelen depender de las esporas que sobreviven al proceso de cocción. Las esporas germinan, y las células vegetativas se multiplican y producen la toxina.

**IMPORTANTE:**

***Bacillus cereus*.** Son bastoncillos grampositivos, formadores de esporas, aerobios facultativos, con flagelos peritricos. Es común encontrarlos en la tierra, cereales, almidones, hierbas, especias, materia en descomposición y verduras. La enfermedad se puede producir como consecuencia de la ingestión de alimentos contaminados por los microorganismos o sus toxinas.

Genética

La estructura del genoma de *Bacillus cereus* es relativamente compleja, su DNA es modulado entre un cromosoma de tamaño variante y grandes plásmidos.

Productos extracelulares

Hemolisina BL. Es una enterotoxina proteínica constituida por tres subunidades y ocasiona el síndrome diarreico.

Toxina emética. Se le conoce también como *cereulida*. Es una proteína de peso molecular bajo y codificada a partir de un plásmido. Es producida en los alimentos, en donde es resistente al calor. Se ingiere preformada y es la causa de vómitos.

Citotoxina K (CytK). Es una proteína de 34 kDa altamente citotóxica. Además, la CytK es necrótica y hemolítica.

**IMPORTANTE:**

Genética y sustancias producidas. El DNA es modulado por un cromosoma de tamaño variante y grandes plásmidos. Las sustancias pueden producir hemolisina BL, toxina emética y citotoxina K.

Manifestaciones clínicas

Bacillus cereus causa dos tipos clínicos de intoxicación alimentaria. El síndrome emético tiene un periodo de incubación de unas 4 h después de la ingesta de comida, y se caracteriza por náuseas y

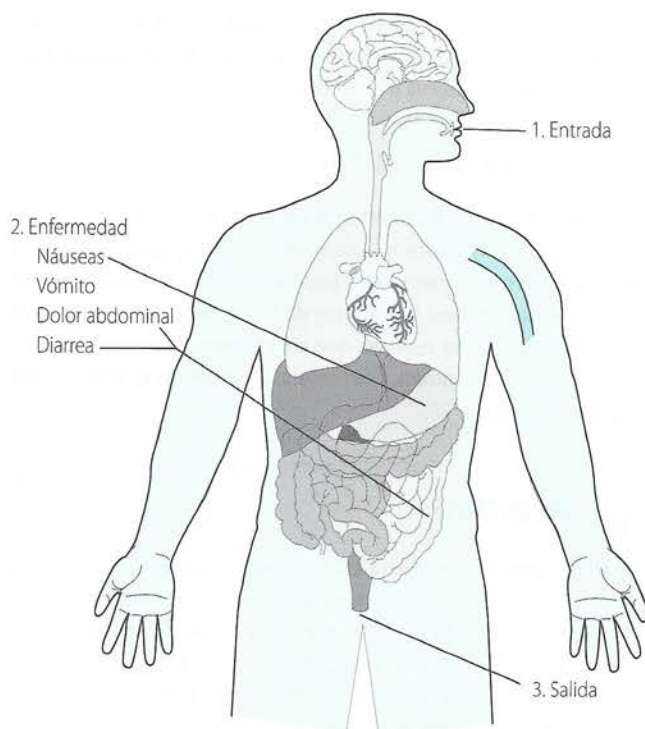


FIGURA 5-5. SINTOMATOLOGÍA DE LA INTOXICACIÓN POR *BACILLUS CEREUS*

vómito intensos (figura 5-5). El síndrome diarreico tiene un tiempo de incubación de 16 a 18 h y se presentan cólicos y diarrea. La opinión generalizada es que se requiere la ingestión de un gran número de esporas, aunque hay cepas de *B. cereus* que pueden causar episodios de intoxicación por alimentos, incluso con dosis bajas.



IMPORTANTE:

Sintomatología. Se presentan dos tipos clínicos de intoxicación alimentaria: el síndrome emético se caracteriza por náuseas y vómito intensos; el síndrome diarreico se define por cólicos y diarrea.

Mecanismos patogénicos

Generalmente, la toxina se produce tras el consumo de esporas del bacilo, seguido de germinación y desarrollo del microorganismo en el intestino. Una estructura especial en la superficie de *B. cereus*, la capa S, tiene una participación importante en la adhesión a la células del hospedero y en la fagocitosis. Este patógeno puede causar infecciones gastrointestinales y no gastrointestinales. Entre los principales factores de virulencia se puede mencionar a la toxina emética, enterotoxinas, hemolisinas y fosfolipasa C, así como muchas enzimas (p. ej., betalactamasas, proteasas y colagenasas). La diarrea secretora se caracteriza por un trastorno en el movimiento del agua y los electrolitos a través del epitelio del intestino delgado. Se ha sugerido que esto ocurre porque la enterotoxina emplea la ruta del AMPc para alterar el transporte de electrones.

La secuencia de aminoácidos de la proteína CytK sugiere que puede pertenecer a la familia de las toxinas barril-beta formadoras de poro, lo cual explicaría su potente acción citotóxica contra el epitelio intestinal humano, en los casos de enteritis necrótica.



IMPORTANTE:

Patogenia. La enterotoxina estimula el sistema AMPc adenilciclase, con lo que provoca la acumulación de líquido en el intestino y la diarrea secretora.

Brote

El arroz frito ha sido la causa de algunas epidemias caracterizadas por el síndrome emético. Los alimentos que contienen leche en polvo pueden tener gran cantidad de esporas. En Québec, Canadá, en 2002, 70% (25 de 36) de los asistentes a una fiesta presentaron gastroenteritis. El estudio de cohorte mostró una asociación considerable entre la ensalada de patata servida y la enfermedad. Se aisló *Bacillus cereus* a partir de la mayonesa usada para preparar la ensalada. En este brote, la multiplicación bacteriana fue facilitada en varios puntos en el intervalo entre la preparación de la comida y su consumo por parte de los invitados. Los productos fueron elaborados por una persona inexperta en el abastecimiento de alimentos y el control de temperaturas, en particular cuando el comestible se sirve fuera del restaurante. Puesto que las esporas son resistentes a la inactivación con la mayor parte de los desinfectantes de alimentos, el enfoque principal para la prevención de brotes por *B. cereus* debe ser el control de la temperatura.



IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. El bacilo esporulado contamina con frecuencia cereales, leche, alimentos deshidratados, budines, cremas pasteurizadas y especias. En 2002, en Québec, Canadá, los asistentes a una fiesta presentaron gastroenteritis. Esta última se asoció al consumo de ensalada de patata.

Tratamiento

El germen suele ser sensible a aminoglucósidos, vancomicina y clindamicina.

Prevención

Las medidas higiénicas que se recomiendan son:

- Mantener tapados los granos y harinas.
- Conservar los alimentos fuera de la zona de peligro de temperatura.
- Evitar el contacto de los productos con el suelo.

**RECUERDA:**

Bacillus cereus también puede provocar infecciones locales y sistémicas, esencialmente en pacientes inmunoincompetentes, neonatos y drogodependientes. Los pacientes con heridas quirúrgicas, traumáticas o catéteres igualmente se afectan. Las cepas aisladas sintetizan exotoxinas necrosantes semejantes a hemolisinas y fosfolipasas. Las infecciones en las heridas posoperatorias o postraumatismo producidas por *B. cereus*, se asocian con la elaboración de un factor de permeabilidad vascular dermonecrótico. La bacteriemia en la mayor parte de los casos es transitoria; ocasionalmente se observan infecciones graves.

- Enfriar y refrigerar rápidamente los alimentos ya cocinados.
- Recalentar a más de 74 °C.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se debe conservar tapados los granos y harinas; los alimentos deben estar fuera de la zona de peligro de temperatura; impedir el contacto de los productos con el suelo; los alimentos cocinados deben enfriarse y refrigerarse rápidamente; recalentar a más de 74 °C.

10. CLOSTRIDIUM BOTULINUM

El nombre de esta bacteria proviene del latín *botulus*, que significa salchicha, dado que en los primeros casos estudiados se incriminó con frecuencia a este alimento como fuente de la enfermedad.

Morfología y estructura

Es un bacilo grampositivo móvil, de 3 a 8 µm de largo por 0.5 a 1.3 µm de ancho, que se presenta solo o en cadenas cortas. No produce cápsula. Se suelen observar esporas hinchadas en posición subterminal (figura 5-6). Presenta antígenos en la superficie celular, flagelos, esporas y endotoxinas.

Clasificación

Los clostridios patógenos de la familia *Clostridiaceae* se caracterizan por sintetizar y secretar exotoxinas muy potentes, entre



FIGURA 5-6. MORFOLOGÍA DE *CLOSTRIDIUM BOTULINUM*

ellos: *Clostridium botulinum*, *C. tetani*, *C. perfringens* y *C. histolyticum*. *Clostridium botulinum* se puede dividir en cuatro tipos: los del grupo I producen toxinas proteolíticas de los tipos A, B o E. Los del grupo II dan toxinas B, E o F, no proteolíticas. Los del grupo III liberan toxinas C y D, no proteolíticas. Los que pertenecen al grupo IV elaboran toxina tipo G, débilmente proteolítica. La enfermedad humana está vinculada sobre todo a los tipos A, B y E.

Ecología

La mayor parte de las especies sólo lleva una existencia saprófita, pero algunas existen como saprófitas y parásitas. Muchas especies pueden presentar el papel de patógenos oportunistas para el hombre. Hay clostridios en tierra, polvo, aguas negras y lodo. Algunas especies abundan en las heces de animales y humanas, y a veces en las vías genitales femeninas. Las esporas sobreviven en la naturaleza durante periodos muy prolongados y se distribuyen ampliamente en el suelo; con frecuencia contaminan vegetales, frutas y otros materiales.

Mecanismo de transmisión

El botulismo es una grave intoxicación resultante de la ingestión de alimento mal conservado que contiene toxina preformada. Si el comestible que se debe preservar está contaminado con esporas botulínicas, el ambiente de la masa del alimento es anaerobio y el pH es casi neutro o ligeramente superior; entonces, las esporas que sobrevivan al tratamiento con calor podrán germinar, desarrollarse y producir la toxina. Los alimentos enlatados poseen estas características.

**IMPORTANTE:**

***Clostridium botulinum*.** Es un bacilo grampositivo móvil, esporulado, no produce cápsula. Hay clostridios en la tierra, polvo, aguas negras y lodo. Algunas especies abundan en las heces de animales y humanas. Las esporas se distribuyen en el suelo, contaminan vegetales, frutas y otros materiales. La intoxicación resulta por la ingestión de un alimento que contiene toxina preformada.

Genética

La producción de toxinas C y D depende de la lisogenia por ciertos fagos; es decir, los genes que las codifican son portados por un bacteriófago, con el cual las bacterias están infectadas. La toxina tipo G parece estar presente gracias a un plásmido.

Productos extracelulares

Neurotoxina. Se han descrito siete toxinas inmunitariamente diferentes (tipos A, B, C, D, E, F y G). Las toxinas se unen de manera estrecha a la membrana presináptica e impiden una neurotransmisión adecuada. Las neurotoxinas botulínicas son sintetizadas como una simple cadena proteínica de 150 kDa, que tiene poca actividad. La forma activa se produce a partir de una proteólisis, que fragmenta al precursor en una cadena ligera de cerca 50 kDa y una cadena pesada de aproximadamente 100 kDa, las cuales están unidas por un puente bisulfuro. Un simple gramo de toxina cristalizada, dispensada e inhalada de modo regular, puede matar a más de un millón de personas.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Los genes que codifican las toxinas C y D son portados por un fago. La toxina tipo G parece ser sintetizada a partir de un plásmido. Puede producir siete neurotoxinas inmunitariamente diferentes.

Manifestaciones clínicas

El botulismo se manifiesta como un trastorno neurológico. Los síntomas por lo común comienzan 12 a 36 h después de la ingesta de los alimentos contaminados. Los síntomas generales de debilidad, lasitud y mareos aparecen en etapa temprana (figura 5-7). Las terminales de los nervios craneales son las primeras afectadas y en forma más grave; se produce parálisis o debilidad descendente simétrica. La audición se puede alterar, al igual que la visión, tal vez por la participación de músculos extraoculares. Se desarrolla diplopía (visión doble) y nistagmo (movimiento involuntario de los ojos), y las pupilas quizás estén fijas y dilatadas. No hay fiebre, pero la boca tiende a secarse y doler. La diplopía va seguida de dificultad para tragar y parálisis bulbar. La muerte suele producirse por insuficiencia respiratoria, paro cardíaco, neumonía por broncoaspiración o una combinación de estos procesos.



IMPORTANTE:

Sintomatología. Se incluyen diplopía, visión borrosa, párpados caídos, dificultad para hablar y tragar, sensación de sequedad en la boca y debilidad muscular descendente. La parálisis de los músculos respiratorios o cardíacos puede ocasionar la muerte.

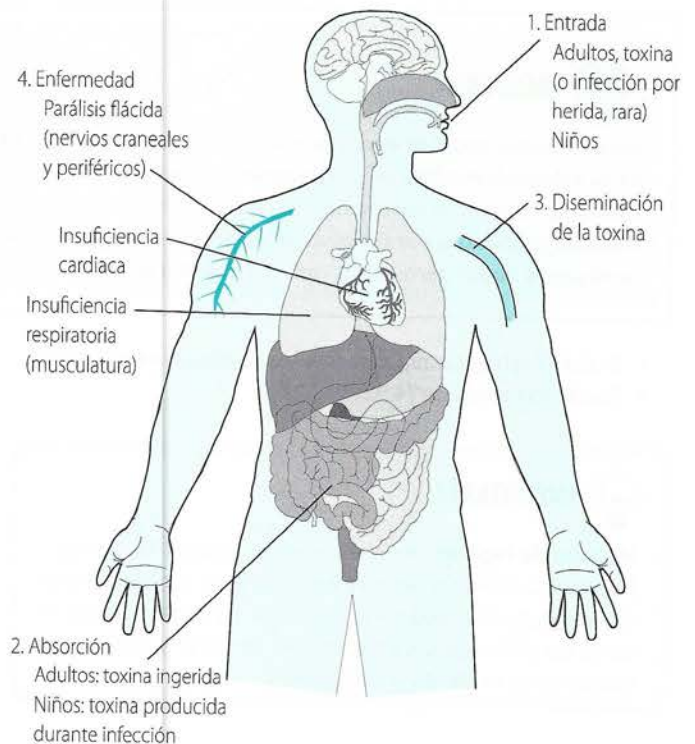


FIGURA 5-7. SINTOMATOLOGÍA DE LA TOXICOINFECCIÓN E INTOXICACIÓN POR *CLOSTRIDIUM BOTULINUM*

Mecanismos patogénicos

Las toxinas interfieren en la neurotransmisión en las sinapsis colinérgicas periféricas, porque se unen estrechamente a la membrana presináptica e impiden la liberación del neurotransmisor acetilcolina. La cadena pesada está involucrada en el reconocimiento de un receptor específico en la superficie neuronal y media la entrada de la cadena ligera hacia el citosol. Esta última cadena cataliza la proteólisis de las proteínas SNARE, las cuales están implicadas en la exocitosis de las vesículas sinápticas que contienen acetilcolina. Por lo tanto, se bloquea la liberación de acetilcolina a la unión neuromuscular y se produce parálisis flácida.



IMPORTANTE:

Patogenia. La cadena pesada de la toxina botulínica se une estrechamente a la membrana de la neurona; la cadena ligera entra en el citoplasma e impide la exocitosis de la acetilcolina, lo cual provoca la parálisis muscular.

Brote

Los alimentos susceptibles de causar botulismo incluyen: enlatados caseros de jamón ahumado, magro de cerdo, patés, embutidos, frutas y verduras.

Los productos cárnicos son el vehículo principal en países europeos (p. ej., el pescado en naciones que pertenecían a la ex URSS),

además de Japón; y las verduras en China, España y los Estados Unidos. Un brote por toxina B que afectó a 56 personas se debió a una salsa picante servida en un restaurante mexicano en los Estados Unidos. Aunque normalmente se preparaba con chiles jalapeños frescos, en ocasiones se recurría a utilizar chiles procesados en el hogar; el pH del producto era de 5.5, suficiente para el desarrollo de *Clostridium*. A la inspección se encontraron algunos envases deteriorados (en este caso específico, una lata en mal estado pudo haber facilitado el ingreso del germen).

En 2003, en Texas, se notificó una epidemia entre los asistentes a un banquete. Se identificaron 15 casos de botulismo en 38 personas. La toxina botulínica se detectó en las muestras de heces de nueve pacientes. El 63% de las personas que comieron un plato de ají presentó botulismo. Un contenedor de chile sin abrir contenía la toxina tipo A. El ají se compró en una tienda de salvamento, donde los productos perecederos se refrigeraron inadecuadamente. Por lo tanto, se vuelven necesarias inspecciones más rigurosas y sin previo aviso, para descubrir los malos manejos de los alimentos en esta variedad de tiendas.

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. Los alimentos susceptibles de causar botulismo incluyen: enlatados caseros de jamón ahumado, magro de cerdo, patés, embutidos, frutas y verduras. La toxina se ha encontrado en productos cárnicos, verduras, salsa picante, berenjena rellena, langosta, salchichas, atún, pescado ahumado y salado. En el 2003, en Texas, se informó de una epidemia entre los asistentes a un banquete. El 63% de las personas que consumió un plato de ají presentó botulismo.

Tratamiento

Puesto que la muerte por botulismo es consecuencia de insuficiencia respiratoria, tiene importancia esencial efectuar pronto la

traqueotomía y utilizar un respirador mecánico. Además, se debe administrar inmediatamente antitoxina A-B-E de tipo trivalente por vía intravenosa. La antitoxina puede reducir la gravedad de los síntomas cuando se administra a principios del curso de la enfermedad. La mayoría de los pacientes se recupera en semanas a meses.

Prevención

Los principales consejos son:

- Evitar la compra de conservas caseras.
- Inspeccionar las latas y desechar aquellas que estén abombadas, golpeadas o dañadas.
- Reducir la compra de conservas de ajo en aceite, utilizar de inmediato y mantener en refrigeración.
- Hervir durante 20 min los alimentos envasados en casa antes de consumirlos.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Las principales exhortaciones son: evitar la compra de conservas caseras; inspeccionar las latas y desechar aquellas que estén abombadas, golpeadas o dañadas; reducir la compra de conservas de ajo en aceite, utilizar de inmediato y mantener en refrigeración; hervir durante 20 min los alimentos envasados en casa antes de consumirlos.

Los cambios en las poblaciones, en los estilos de vida de los consumidores y en las preferencias alimentarias han originado variaciones en la formulación, manufactura y distribución de los productos. Estos cambios, sumados a la habilidad que tienen los microorganismos para evolucionar rápidamente y adaptarse a su medio ambiente, presentan nuevos retos microbiológicos para todas las personas involucradas en la industria alimentaria.

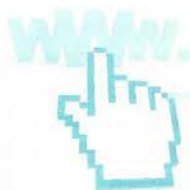
**RECUERDA:**

El botulismo es una enfermedad rara con cuatro síndromes que ocurren naturalmente:

- a) Botulismo alimentario. Es causado por ingestión de productos contaminados con la toxina botulínica.
- b) Herida botulínica. Se debe a la colonización por *Clostridium botulinum* en una lesión y la producción *in situ* de la toxina.
- c) Botulismo infantil. Es causado por la colonización intestinal y la producción de toxina.
- d) Toxemia botulínica. Es una forma aún más extraña de colonización intestinal y producción de toxina en adultos.

5. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las enfermedades transmitidas por alimentos son afecciones que sufre un individuo por ingerir agua o productos contaminados. Las ETA se pueden clasificar en infecciones, intoxicaciones y toxicoinfecciones. El diagnóstico clínico del agente etiológico de una ETA se basa en: anamnesis clínico-epidemiológica, exploración física completa y diagnóstico clínico-epidemiológico.
- La intoxicación es una afección ocasionada por el consumo de toxinas o productos químicos nocivos, debido a bacterias que han contaminado a los alimentos.
- *Staphylococcus aureus*. Son esferas grampositivas, en racimos. Los seres humanos son portadores a través de la piel y vías respiratorias. La fuente de la contaminación del comestible suele ser un individuo asintomático. Los malestares por la intoxicación son náuseas, vómitos y diarrea. Además, suele presentarse dolor abdominal, calambres y deshidratación.
- *Bacillus cereus*. Son bastoncillos grampositivos. Es común encontrarlos en la tierra, cereales, almidones, hierbas, especias, materia en descomposición y verduras. La enfermedad se debe a la ingestión de alimentos contaminados por los microorganismos o sus toxinas. Se presentan dos tipos clínicos de intoxicación alimentaria: el síndrome emético y el síndrome diarreico.
- *Clostridium botulinum*. Es un bacilo grampositivo. Hay clostridios en la tierra, polvo, aguas negras y lodo. Las esporas se distribuyen en el suelo, contaminan vegetales, frutas y otros materiales. La intoxicación resulta por la ingestión de un alimento que contiene toxina preformada. Los síntomas incluyen diplopía, visión borrosa, párpados caídos, dificultad para hablar y tragar, sensación de sequedad en la boca y debilidad muscular descendente. La parálisis puede ocasionar la muerte.



Véase **Bibliografía** cap. 5 Enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales

Véase **Actividades recomendadas** cap. 5 Enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales

Véase **Autoevaluación** cap. 5 Enfermedades transmitidas por alimentos y bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales

CAPÍTULO

6

BACTERIAS PATÓGENAS QUE CAUSAN INFECCIONES INTESTINALES



OBJETIVOS

- Reconocer las características de las diferentes bacterias patógenas que originan infecciones intestinales por consumo de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Una infección consiste en la presencia y multiplicación de microbios patógenos en los tejidos del hospedero, después de la ingestión de un alimento contaminado. Las infecciones del aparato gastrointestinal se encuentran entre las enfermedades infecciosas más frecuentes, únicamente superadas por las de las vías respiratorias. En las gastroenteritis, los síntomas más comunes son fiebre, vómito, dolor abdominal y diarrea moderada a intensa. La presencia y naturaleza de la diarrea son datos importantes que constituyen la base para la clasificación de las infecciones gastrointestinales.

Diarrea acuosa. Es la forma más común de gastroenteritis y se caracteriza por evacuaciones intestinales abundantes, más o menos líquidas. La diarrea se debe a una alteración en los mecanismos de absorción del agua en el intestino delgado proximal, ocasionada por bacterias secretoras de enterotoxinas, tales como: *Escherichia coli* enterotoxigénica, *Campylobacter jejuni* y *Vibrio cholerae*.

Diarrea invasiva. La disentería comienza con evacuaciones intestinales frecuentes, pero las heces son de menor volumen y contienen moco, pus y sangre. Las manifestaciones clínicas habituales son fiebre, dolor abdominal y tenesmos. Los patógenos *Shigella dysenteriae* y *Escherichia coli* enterohemorrágica provocan cambios inflamatorios y destructivos en la mucosa del colon, debido a la invasión directa o la producción de citotoxinas, las cuales dan como resultado el pus y la sangre observados en las heces. El daño no causa una pérdida importante de líquido, ya que el colon tiene menor capacidad de absorción y secreción que el intestino delgado.

Frente a la sospecha de un cuadro de gastroenteritis se recomienda realizar una historia clínica detallada. Los antecedentes epidemiológicos, la existencia de factores predisponentes, la presencia de sintomatología clínica y el tipo de diarrea pueden orientar acerca del patógeno implicado. No obstante, el diagnóstico definitivo sólo se puede obtener mediante un estudio microbiológico.

1. <i>Vibrio cholerae</i>	72
2. <i>Shigella dysenteriae</i>	74
3. <i>Salmonella typhi</i>	76
4. <i>Escherichia coli</i>	79
5. <i>Campylobacter jejuni</i>	81
6. <i>Listeria monocytogenes</i>	83
7. <i>Yersinia enterocolitica</i>	86
8. <i>Aeromonas hydrophila</i>	88
9. Síntesis conceptual	91

1. *VIBRIO CHOLERA*

Los vibriones se encuentran entre las bacterias más comunes de aguas poco profundas en todo el mundo. El cólera se conoce y se teme desde hace miles de años; en el siglo V a.C., Tucídides describió lo que tal vez era un brote de cólera en Atenas.

Morfología y estructura

La mayor parte de *Vibrionaceae* son bacilos cortos, incurvados, móviles, no esporulantes, gramnegativos, que se presentan solos o en cadenas en forma de S o de espiral; la motilidad se suele efectuar gracias a un flagelo único, grueso, polar y revestido (figura 6-1). En gran parte de los aspectos estructurales es similar a *Enterobacteriaceae*. Los lipopolisacáridos (LPS) de *Vibrio cholerae* poseen lípido A, polisacáridos de región nuclear y polisacáridos de cadena lateral externos O específicos, que rigen la variabilidad de los antígenos O somáticos. Los antígenos flagelares (H) son compartidos por muchos vibriones.

Clasificación

Vibrio cholerae pertenece a la familia *Vibrionaceae*. La especie *V. cholerae* se conforma de tres grupos en función de la presencia del antígeno somático O y de su capacidad de formar toxina: cepas O1, cepas O1 atípicas y cepas No O1. Entre las cepas O1 se reconocen dos biotipos: el clásico y El Tor. Los dos biotipos tienen tres serotipos: Ogawa, Inaba e Hikojima. Hay al menos 139 grupos de antígenos O.

Ecología

El hábitat natural de la bacteria es el intestino del hombre. Además, son microorganismos acuáticos que habitan en aguas marinas o saladas; muchos de ellos son halófilos.

Mecanismo de transmisión

Con mucha más frecuencia que los alimentos, el agua es un vehículo de infección por cólera; pero estudios recientes muestran

que los mariscos también pueden ser reservorios de *V. cholerae*. El microbio puede sobrevivir en el aparato gastrointestinal de individuos asintomáticos y ser transmitido por contaminación fecal al agua y a los alimentos.



IMPORTANTE:

***Vibrio cholerae*.** Son bacilos cortos, incurvados, móviles, no esporulantes, gramnegativos. Pueden habitar en el intestino del hombre y en aguas marinas o saladas. Se transmiten por agua y alimentos contaminados, o a través de portadores asintomáticos.

Genética

Los vibriones coléricos desarrollan rápida resistencia para antibióticos a través de plásmidos. Las bacterias pueden experimentar cambios genéticos mediante mutación, transformación, transducción y conjugación.

Productos extracelulares

Mucinas. Esta enzima digiere la mucina de superficie de mucosa intestinal y, por lo tanto, expone receptores que permiten la adherencia de los gérmenes al borde ciliado de las células.

Toxina colérica. Es una exotoxina proteínica, diarreógena, termolábil y ácido lábil. La enterotoxina contiene cinco subunidades (B) de unión de 11 500 Da, una subunidad (A1) activa de 23 500 Da, y una segmento puente (A2) de 5 500 Da que une A1 a las cinco subunidades B.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Los vibriones desarrollan resistencia a antibióticos por medio de plásmidos. Producen mucinasa y toxina colérica.



FIGURA 6-1. MORFOLOGÍA DE *VIBRIO CHOLERA*

Manifestaciones clínicas

En el hombre, el cólera se limita al intestino delgado. Los gérmenes nunca invaden el torrente vascular ni tejidos vecinos. Después de un periodo de incubación de 48 h a 5 días se inicia una enfermedad afebril súbita, con sensación de plenitud abdominal y pérdida de apetito, que pronto va seguida de comienzo de diarrea, vómito y entumecimiento de las piernas (figura 6-2). La característica del cólera es una diarrea acuosa inodora, pero copiosa, con 20 a 30 deposiciones líquidas al día. El moco eliminado con el contenido acuoso del intestino proporciona a las defecaciones un aspecto característico que se ha calificado de heces en “agua de arroz”. La pérdida de líquido puede alcanzar un litro por hora y persistir durante varias horas. La fuerte deshidratación provoca choque, acidosis y muerte.

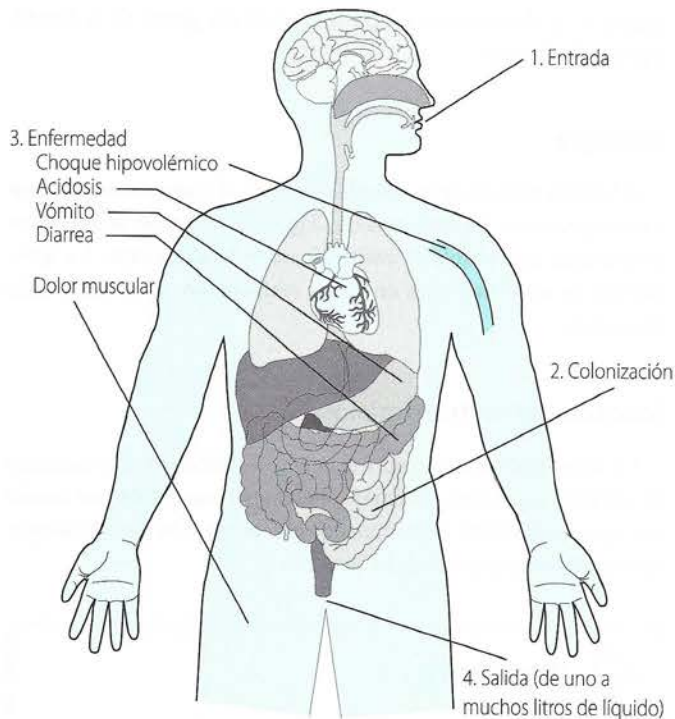


FIGURA 6-2. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *VIBRIO CHOLERA*



IMPORTANTE:

Sintomatología. El evento principal del cólera es una diarrea acuosa inodora, pero copiosa, con 20 a 30 deposiciones líquidas al día.

Mecanismos patogénicos

Vibrio cholerae causa diarrea principalmente porque expresa un factor de colonización, fimbrias (pelos) correguladas por toxina (TCP) y una exotoxina, la toxina colérica (CT). Esta última se mueve desde la membrana plasmática a través del trans-Golgi y el retículo endoplasmático, hasta el citosol de la célula del hospedero por medio de un proceso llamado *retrotranslocación*. Después de entrar al citosol, la cadena A1 rápidamente se repliega, evita al proteosoma e induce la acción tóxica. La CT estimula la actividad de la adenilciclase, que sintetiza mucho AMP cíclico (AMPc) a nivel intracelular. El incremento del AMPc origina el paso acelerado del líquido hacia a luz del intestino delgado, lo cual produce la intensa diarrea y la rápida pérdida de agua y electrolitos. Por otro lado, se supone que la CT activa un reflejo neural a través de la

liberación de 5-hidroxitriptamina (5-HT) desde las células enterocromafinas. La 5-HT inicia respuestas fisiológicas como náuseas, vómito, secreción intestinal y peristaltismo.



IMPORTANTE:

Patogenia. La toxina colérica estimula a la adenilciclase, que incrementa la síntesis de AMPc intracelular. Este aumento provoca el movimiento rápido del líquido hacia a luz del intestinal, lo cual produce la intensa diarrea con pérdida de agua y electrolitos.

Brote

Vibrio cholerae muestra un claro potencial para reproducirse en los alimentos; por ejemplo, en 16 h a 22 °C, el número aumenta de mil a un millón/g en pollo cocinado, y a 37 °C se incrementa a mil millones. A partir de 1960 surgieron evidencias de que *Vibrio* podía persistir en ambientes marinos en ausencia de indicios de contaminación por descargas de aguas negras. Se presentaron casos de gastroenteritis de variada intensidad por consumo de alimentos marinos provenientes de esos sitios. En los Estados Unidos, entre 1973 y 1978, hubo tres incidentes en los que se identificó *V. cholerae* El Tor, Inaba. En los dos primeros se trató de casos individuales, pero el tercero involucró a 11 personas (ocho con síntomas y tres asintomáticas); los alimentos fueron ostiones crudos y jaiba insuficientemente cocida.

En julio de 2002 y junio de 2003, hubo dos epidemias de cólera en un pueblo de Karachi, Paquistán. El primer brote fue causado por *Vibrio cholerae* O139 y el segundo por *V. cholerae* O1. El contacto persona a persona y los depósitos de agua parecieron ser las rutas de transmisión principales en este incidente.



IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. Los eventos han ocurrido por consumo de ostiones, pescados, frutas y verduras crudos, jaiba mal cocida y pollo.

En 2003, en Pakistán, se presentó un brote debido a ingesta de agua de un depósito contaminado.

Tratamiento

Éste consiste en rehidratar por vía intravenosa u oral con una solución que contenga electrolitos adecuados. Las tetraciclinas, ampicilina, cloranfenicol y trimetoprima-sulfametoxazol son eficaces.



RECUERDA:

La finalidad del tratamiento es restablecer los líquidos y electrolitos por medio de la hidratación. Los antibióticos tienen un papel secundario, ayudan a disminuir el volumen de las deposiciones, reducen el periodo de síntomas y favorecen la excreción bacteriana.

Prevención

Se deben mantener estrictas medidas de higiene, entre éstas:

- Utilizar agua potable.
- Lavar y desinfectar frutas, verduras y hortalizas.
- Cocer y freír los alimentos a más de 60 °C.
- Lavarse las manos frecuentemente.
- Evitar contaminación cruzada.
- Aislar a los pacientes.
- Efectuar seguimiento de los contactos.



IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Se recomienda utilizar agua potable; lavar y desinfectar frutas, verduras y hortalizas; cocinar los alimentos a más de 60 °C, y lavarse las manos frecuentemente.

2. SHIGELLA DYSENTERIAE

El término *disentería* lo acuñó Hipócrates para indicar una alteración caracterizada por la frecuente eliminación de heces con sangre y moco, acompañada de defecaciones forzadas y dolorosas.

Morfología y estructura

Las shigelas son pequeños bacilos gramnegativos delgados, móviles y no capsulados (figura 6-3). Son anaerobios facultativos, aunque crecen mejor en condiciones aeróbicas. Las shigelas presentan un patrón antigénico complejo. Los antígenos somáticos O son lipopolisacáridos. Las shigelas tienen la capacidad de adherirse a las mucinas de las células epiteliales del intestino delgado y colon, al parecer, por la presencia de receptores de cadena lateral en las lipoproteínas de la pared celular.

Clasificación

Shigella dysenteriae pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Los miembros del género *Shigella* se dividen en cuatro grupos:

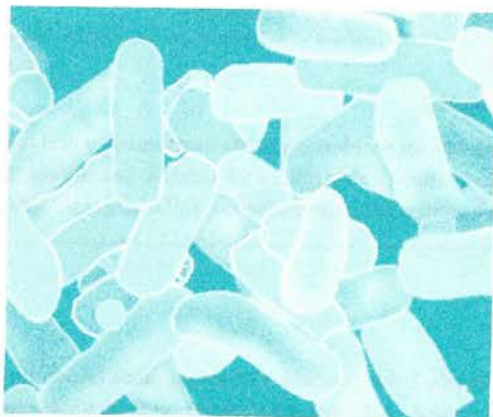


FIGURA 6-3. MORFOLOGÍA DE SHIGELLA DYSENTERIAE

grupo A: *S. dysenteriae*; grupo B: *S. flexneri*; grupo C: *S. boydii*, y grupo D: *S. sonnei*.

Ecología

El hábitat natural de las shigelas se limita al intestino del hombre y otros primates. La presencia de *Shigella* en el medio ambiente es una prueba irrevocable de contaminación fecal reciente. La apreciación de estas bacterias en aguas ambientales no es un evento frecuente.

Mecanismo de transmisión

La shigelosis humana con frecuencia se transfiere por contacto de persona a persona. Además, puede ser transmitida por medio del agua y alimentos contaminados con heces. Las moscas juegan un papel como vectores de la bacteria.



IMPORTANTE:

***Shigella dysenteriae*.** Las shigelas son pequeños bacilos gramnegativos delgados, móviles y no capsulados. El hábitat se restringe al intestino del hombre y otros primates. Se transfiere por vía fecal-oral, a través de agua, alimentos contaminados y por medio de vectores.

Genética

Adquieren resistencias medicamentosas múltiples a partir de microbios de otras especies y géneros por acción de plásmidos. La invasividad se asocia a una mezcla de proteínas solubles codificadas por un plásmido.

Productos extracelulares

Toxina de Shiga. Es una proenzima de varias cadenas con un PM de 68000. La holotoxina incluye una subunidad A y cinco subunidades B. La subunidad B se une a receptores glucolípidos, principalmente Gb3. Funciona como citotoxina, "enterotoxina" y "neurotoxina". Inhibe la síntesis de proteínas por las células del hospedero, provoca diarrea y pérdida de líquido. Además, impide la absorción de azúcar y aminoácidos en el intestino delgado.

Endotoxina. Es un lipopolisacárido tóxico que liberan todas las shigelas después de su autólisis. Esta sustancia probablemente contribuye a la irritación de la pared intestinal.

Sistema de secreción tipo 3 (T3SS). Es un mecanismo de translocación de proteínas, codificado en un gran plásmido. La nomenclatura para estos elementos incluye las siglas Ysc (*Yersinia secretion*). En este sistema hay 11 proteínas conservadas en diferentes T3SS, de las cuales 10 comparten semejanza con el aparato de exportación flagelar.

**IMPORTANTE:**

Genética y sustancias producidas. Adquieren resistencias antimicrobianas múltiples a partir de plásmidos. Pueden producir toxina de *Shiga*, endotoxina y sistema de secreción tipo 3.

Manifestaciones clínicas

La disentería es una enfermedad grave causada por *S. dysenteriae* o por otras bacterias del mismo género. La shigelosis es una infección menos intensa. En ambos casos, el comienzo es repentino y suele seguir a un periodo de incubación de dos días. En la disentería, los primeros síntomas son fiebre y cólicos, seguidos de una diarrea dolorosa al cabo de pocas horas (figura 6-4). De manera característica, las heces son acuosas y contienen moco, pus y sangre. Son frecuentes las náuseas, pero no el vómito. En unas pocas horas, la diarrea disminuye y se intensifica el tenesmo. Las lesiones que producen diarrea se limitan sobre todo al íleon terminal; mientras que las que originan tenesmo, conllevan pequeños abscesos ulcerados en todo el colon. Luego que el proceso infeccioso cede, el tejido de granulación llena las úlceras y forma tejido cicatrizal. Durante la recuperación, la mayoría de las personas expulsa bacilos disentéricos por un tiempo corto, y unas cuantas se convierten en portadoras crónicas que pueden presentar brotes recurrentes de la enfermedad.

**IMPORTANTE:**

Sintomatología. En la disentería aparece fiebre y cólicos, seguidos de una diarrea dolorosa. En forma característica, las heces contienen agua, moco, pus y sangre.

Mecanismos patogénicos

Una vez que *Shigella* llega al intestino a través de los alimentos, se adhiere preferentemente a la mucina del colon. Los bacilos invaden las células epiteliales de la mucosa (p. ej., las células M), se multiplican en el citoplasma y se propagan hacia las células adyacentes. El sistema de secreción tipo 3 se encarga (mediante sus proteínas efectoras) de los procesos de citotoxicidad de macrófagos, la invasión a enterocitos y la modulación de la respuesta inmunitaria celular. La infección se caracteriza por la inducción de inflamación aguda, que causa destrucción tisular masiva en la mucosa intestinal. Los microabscesos en la pared del intestino grueso y el íleon terminal producen necrosis de la mucosa, úlceras superficiales, hemorragia y formación de una "seudomembrana" sobre la región ulcerada. Durante la fase temprana, hay una significativa sobreexpresión de CD95/CD95-L, expresión de perforinas y granzima A, así como una regulación negativa de Bcl-2 e IL-2, lo cual indica que *Shigella dysenteriae* induce apoptosis en tejido rectal. El mecanismo preciso por el cual la toxina de *Shiga* activa la apoptosis aún no está claro; aunque la evidencia indica que la señalización a través

de la vía MAPK puede contribuir a la inducción de muerte celular. Las posibles complicaciones de la shigelosis incluyen bacteriemia, convulsiones, agravamientos neurológicos, artritis reactiva y síndrome urémico hemolítico.

**IMPORTANTE:**

Patogenia. La infección se caracteriza por inflamación aguda, que causa destrucción tisular masiva en la mucosa intestinal. Al parecer, *Shigella dysenteriae* induce apoptosis de células epiteliales del colon distal.

Brote

La bacteria puede sobrevivir y aun multiplicarse en diversos alimentos como quesos no fermentados, leche pasteurizada, huevo, frutas y alimentos marinos. En 1978, en Canadá, se asoció un brote en 69 personas por el consumo de puré de patata. La media del periodo de incubación fue de 49.5 horas. El alimento preparado se dejó a temperatura ambiente y se consumió 8 h después. Entre quienes prepararon los alimentos, dos vivían en un área donde se habían presentado cinco casos de shigelosis, ocho días previos al incidente. Una serie de epidemias por *Shigella dysenteriae* tipo 1 ha afectado a África desde 1979. Puesto que, en este estudio, las manos fueron el vehículo más importante de transmisión de *Shigella*, las intervenciones en la comunidad se orientaron en promover el lavado de manos con jabón y agua, en particular después de la defecación y antes de la preparación de alimentos.

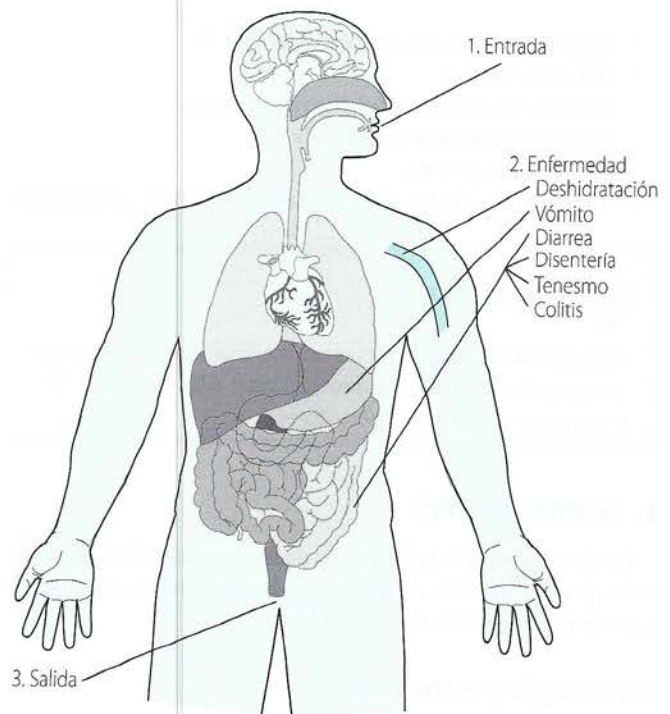


FIGURA 6-4. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *SHIGELLA DYSENTERIAE*

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. Entre los productos están quesos no fermentados, leche pasteurizada, huevo, frutas y alimentos marinos. En 1978, en Canadá, un brote se asoció con el consumo de puré de patata.

Tratamiento

Consiste en rehidratar y administrar antibióticos, tales como trimetoprima-sulfametoxazol, ampicilina, tetraciclina, ácido nalidíxico y ácido oxálico.

**RECUERDA:**

La meta del tratamiento es reponer los líquidos y electrolitos perdidos a raíz de la diarrea. La administración de medicamentos para detener las evacuaciones no se realiza ordinariamente, ya que puede provocar que la infección tarde más en desaparecer. Los antibióticos pueden contribuir a abreviar la duración de la infección y a impedir la diseminación hacia otras personas. Asimismo, se pueden recetar para pacientes con malestares graves.

Prevención

Se deben mantener precisas medidas de higiene, entre éstas:

- Enfriar rápido y refrigerar a menos de 4 °C.
- Evitar las moscas.
- Preparar los alimentos bajo estricta higiene.
- Evitar la contaminación cruzada.
- Utilizar agua potable.
- Aislar a los pacientes, detectar casos subclínicos y portadores.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se recomienda enfriar rápido y refrigerar a menos de 4 °C; evitar las moscas; aislar a los pacientes; detectar casos subclínicos y portadores.

3. SALMONELLA TYPHI

La fiebre tifoidea es la más grave de las diversas infecciones causadas por *Salmonella*; en siglos pasados fue una de las más frecuentes enfermedades de origen hídrico.

Morfología y estructura

Las salmonelas son bacilos gramnegativos, no esporulados. Las bacterias son móviles por medio de flagelos peritricos, con excep-

ción del serotipo *gallinarum-pollorum*. Asimismo, se desarrollan en aerobiosis, pero pueden hacerlo también en condiciones de anaerobiosis (figura 6-5).

Las salmonelas tienen antígenos somáticos (O), que son componentes lipopolisacáridos de la pared celular, y antígenos flagelares (H), que son proteínas. *S. typhi* posee un antígeno capsular polisacárido, llamado Vi, que es la causa de su virulencia. La presencia del antígeno Vi en la superficie celular puede bloquear la fagocitosis. El LPS es la endotoxina de las bacterias gramnegativas y es el principal componente de su membrana externa; participa en diversas funciones biológicas como la activación celular para la producción de citocinas proinflamatorias, el choque endotóxico y como adyuvante.

Clasificación

La familia *Enterobacteriaceae* contiene importantes géneros patógenos, como *Salmonella*. Los estudios de hibridación DNA-DNA han demostrado que existen siete grupos evolutivos. La mayor parte de los serotipos de *Salmonella* que afectan al hombre pertenece al grupo I. Existen cuatro serotipos de salmonela que causan fiebre entérica: *S. paratyphi* A (serogrupo A), *S. paratyphi* B (serogrupo B), *S. choleraesuis* (serogrupo C) y *S. typhi* (serogrupo D).

Ecología

Los microbios existen en la excreta; también pueden llegar a los cursos de agua, donde logran persistir largo tiempo y ser transportados a grandes distancias sin perder su infecciosidad. Las salmonelas sobreviven durante semanas en agua y alimentos. Los únicos reservorios de infección por *Salmonella typhi* son los seres humanos, portadores convalecientes y portadores crónicos. Muchos animales (p. ej., bovinos, cerdos, roedores y aves) presentan infección natural por varios tipos de salmonelas y tienen bacterias en sus tejidos, excremento o huevos.

Mecanismos de transmisión

Las heces de portadores asintomáticos o de personas con enfermedad subclínica no detectada constituyen la fuente más im-

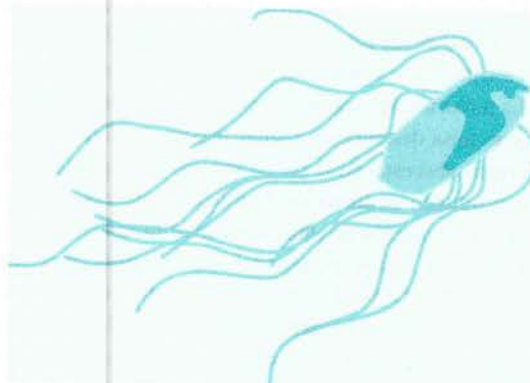


FIGURA 6-5. MORFOLOGÍA DE *SALMONELLA TYPHI*

portante de contaminación. Las principales malas prácticas durante la elaboración de los alimentos que originan brotes por salmonelas, son: inadecuado cocimiento, uso de ingredientes crudos contaminados y contaminación cruzada.



IMPORTANTE:

Salmonella typhi. Son bacilos gramnegativos, no esporulados, móviles. Pueden vivir en la excreta y en los recorridos de agua; además, sobreviven por semanas en agua y alimentos. Los reservorios de infección son los seres humanos. La vía de transmisión es la fecal-oral, a través de aguas no higienizadas, alimentos manipulados por portadores, ingestión de crustáceos contaminados o vegetales regados con aguas residuales.

Genética

Los cambios genéticos de las salmonelas son provocados por unos 80 fagos diferentes. *Salmonella* y *E. coli* pueden compartir genes a través de la conjugación. Algunas bacteriocinas y múltiples factores de resistencia medicamentosa codificados en plásmidos son transferidos con frecuencia entre salmonelas. Los genes para factores de virulencia se agrupan en islas de patogenidad (SPI-1) dentro de un *locus* del cromosoma bacteriano.

Productos extracelulares

Las *bacteriocinas* ayudan a que los gérmenes puedan competir con la flora abundante y mixta de la porción inferior de las vías digestivas y, por lo tanto, permiten la invasión tisular y el paso del microorganismo de un hospedero a otro.

Sistema de secreción de proteínas tipo 3 (T3SS). Este mecanismo transfiere más de 20 proteínas del citoplasma bacteriano hacia el citoplasma celular, con el objetivo de invadir e interferir la función de la célula del hospedero. Se considera el sistema de secreción de proteínas más complejo asociado con la virulencia bacteriana.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Los cambios genéticos son provocados por fagos. Algunas bacteriocinas y factores de resistencia antibacteriana se codifican en plásmidos. Los factores de virulencia se codifican en genes en las islas de patogenidad. Pueden sintetizar bacteriocinas y elementos del sistema de secreción de proteínas tipo 3.

Manifestaciones clínicas

La infección empieza como una septicemia generalizada, que se caracteriza por una bacteriemia primaria fluctuante, la cual casi siempre es constante durante el periodo de incubación de una a

dos semanas. El tiempo de incubación varía en proporción inversa al número de gérmenes ingeridos; se presentan fiebre, malestar, cefalea, estreñimiento, bradicardia y mialgia (figura 6-6). La temperatura aumenta en forma rápida y única hasta un valor de meseta, que a veces representa una fiebre extrema; entonces, el hígado y bazo se hipertrofian. Esta fiebre depende de las citocinas TNF- α , IL-1 α y otras liberadas por los macrófagos. Otros síntomas incluyen cefalea frontal sorda, lengua saburral, postración, molestia e hipersensibilidad en abdomen, exantema, tos no productiva, esplenomegalia y leucopenia. Las principales lesiones son necrosis e hiperplasia del tejido linfóide, hepatitis, necrosis focal del hígado e inflamación de la vesícula biliar, pulmones, periostio y otros órganos. Después del proceso infeccioso, algunas personas se convierten en portadoras permanentes y albergan la salmonela en vías biliares, intestino o aparato urinario.



IMPORTANTE:

Sintomatología. En muchas ocasiones se presenta un cuadro sistémico caracterizado por fiebre y malestar general. Además, se puede observar hepatoesplenomegalia, roséola, lengua saburral, bradicardia y a veces estupor.

Mecanismos patogénicos

Las salmonelas colonizan el epitelio intestinal por medio de la activación de su propia fagocitosis, utilizan un sofisticado grupo de proteínas efectoras que son inyectadas en el citoplasma de la cé-

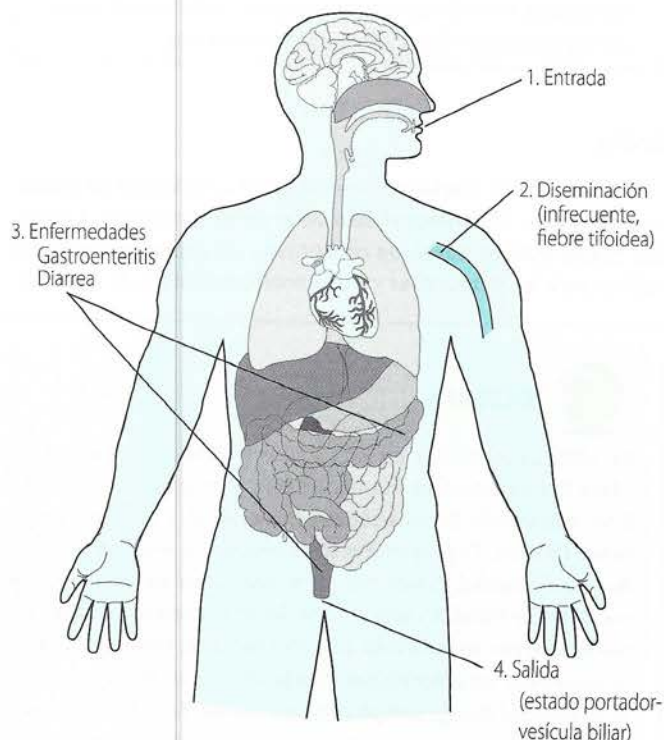


FIGURA 6-6. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *SALMONELLA TYPHI*

lula a través del aparato de secreción tipo 3. La acción sinérgica de estos factores secretados provoca una reorganización del citoesqueleto considerable, lo cual induce una protrusión vigorosa de la membrana y la ingestión de la bacteria unida a la célula intestinal. Algunas salmonelas usan a las células M como puerto de entrada para invadir tejidos profundos del intestino, alcanzan los ganglios linfáticos locales y otros sitios extraintestinales donde crecen, en gran parte dentro de macrófagos que inicialmente no son activados. *Los serotipos de Salmonella asociados con gastroenteritis orquestan una respuesta inflamatoria y secretora intestinal; mientras los serotipos que causan fiebre entérica, establecen una infección sistémica a través de su habilidad para sobrevivir y multiplicarse en los fagocitos mononucleares.* Más tarde, cuando los macrófagos son superados, se establece una bacteriemia persistente y se desarrolla en forma gradual una enfermedad febril aguda de tres a cinco semanas de duración, con muchos síntomas. Las islas de patogenicidad (SPI-1) juegan un papel clave tanto en la gastroenteritis como en la infección sistémica. Entre las múltiples funciones se incluyen: citotoxicidad de macrófagos, invasión de células epiteliales, inflamación y secreción de líquidos en íleon, y liberación de citocinas. Asimismo, las SPI-1 inducen apoptosis en macrófagos, pero la inhiben en células epiteliales.



IMPORTANTE:

Patogenia. Los serotipos que causan fiebre entérica establecen una infección sistémica a través de su habilidad para sobrevivir y multiplicarse en los fagocitos mononucleares. Las islas de patogenicidad (SPI-1) participan en la citotoxicidad de macrófagos, invasión de células epiteliales, inflamación, secreción de líquidos en íleon y liberación de citocinas.

Brote

La leche, carne, mariscos y huevos secos constituyen un sustrato que sostiene fácilmente el desarrollo de las salmonelas. Los pollos preparados en barbacoa constituyen un excelente medio de cultivo para las salmonellas y otros enteropatógenos. *S. typhimu-*

rium inoculada a una dosis inicial de 2 800 células/g, se incrementa a 720 millones/g después de sólo 8 h a 40 °C. En Florida, un brote de fiebre tifoidea afectó al menos a 16 personas durante el invierno de 1998. El consumo de fruta batida con mamey congelado se asoció con la enfermedad. El mamey congelado fue preparado en plantas de Guatemala y Honduras. El riesgo de brotes por enfermedades exóticas vinculadas a alimentos contaminados importados se incrementa notablemente, ya que la procedencia de los comestibles es cada vez más globalizada.



IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. Entre los productos se puede mencionar leche, carne, mariscos, huevos secos y barbacoa de pollo. En 1998, en Florida, se presentó un brote de fiebre tifoidea, que afectó al menos a 16 personas. El consumo de fruta batida con mamey congelado se relacionó con la enfermedad.

Tratamiento

El cloranfenicol es el quimioterápico de elección. Algunos otros antibióticos como ampicilina oral y trimetoprima-sulfametoxazol son útiles.

Prevención

Las recomendaciones sanitarias incluyen:

- Evadir la contaminación cruzada.
- Refrigerar a 4 °C o menos.
- Mantener los alimentos a más de 60 °C.
- Recalentar a más de 74 °C.
- Promover la higiene personal y el lavado de manos.
- Impedir contaminación de agua y alimentos por roedores y otros animales que secretan salmonelas.
- Evitar que portadores trabajen como manejadores de alimentos.



RECUERDA:

En 1906, se identificó, en los Estados Unidos, a la primera persona sana en portar los patógenos asociados con la fiebre tifoidea. Mary Mallon nació en Irlanda en 1869 y emigró hacia América en 1884. En el verano de 1906, el banquero Charles Henry Warren llevó a su familia de vacaciones a Long Island, y contrató a Mary como cocinera. De los 11 habitantes de la casa, seis enfermaron de fiebre tifoidea. El propietario de la residencia requirió los servicios del ingeniero civil George Soper para que investigara el origen de la enfermedad. Soper encontró que en los siete empleos que había tenido la cocinera desde 1900, se habían producido 22 casos de fiebre tifoidea y una muerte. Mary Mallon se resistió a la única cura en esa época, la extirpación quirúrgica de la vesícula biliar, por lo cual fue encarcelada durante tres años. Después de su liberación, reincidió como manejadora de alimentos; fue aprehendida de nuevo por las autoridades sanitarias y encarcelada por el resto de su vida. Mary murió el 11 de noviembre de 1938, de neumonía, en el hospital donde cumplía su cuarentena. En calidad de cocinera infectó a 47 personas con *Salmonella*, de las que tres fallecieron. Llegó a ser famosa con el sobrenombre de «Mary la tifosa».

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se recomienda evitar la contaminación cruzada; refrigerar a 4 °C o menos; mantener los alimentos a más de 60 °C; recalentar a más de 74 °C, y evitar que portadores manipulen alimentos.

4. ESCHERICHIA COLI

Escherichia coli es una bacteria comensal que puede representar hasta 1% de la población bacteriana intestinal. Algunas bacterias suelen denominarse coliformes, porque tienen la forma de *Escherichia* y son habitantes normales del tubo digestivo.

Morfología y estructura

Son bacilos gramnegativos, no esporulados, y miden de 1.0 a 2.0 μm $\times$ 0.5 μm . Los gérmenes móviles de esta familia poseen flagelos peritricos (figura 6-7).

La proteína antigénica de los flagelos (H) es serológicamente diferente según las cepas, incluso dentro de una misma especie. Un antígeno K presente (polisacárido o proteína capsular de cubierta) puede enmascarar al antígeno lipopolisacárido estructural somático (O), que forma parte integral de la pared celular. Los serotipos de *E. coli* dependen de combinaciones diversas de antígenos O, K y H. Los antígenos K se dividen en tres principales grupos denominados: L, A y B. Por ejemplo, la cepa O157:H7 tiene antígeno somático 157 y antígeno flagelar de tipo 7. *Escherichia coli* produce dos tipos de fimbrias o cilios que rigen su capacidad patógena. El primero es el de cilios sensibles a la manosa, y el segundo es el de antígenos de factor colonizante resistentes a la manosa (CFA). Los CFA (I y II) fijan *E. coli* enteropatógena al epitelio intestinal humano.

Clasificación

Escherichia pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. *E. coli* patógena se puede dividir en seis grupos: enterohemorrágica (EHEC),

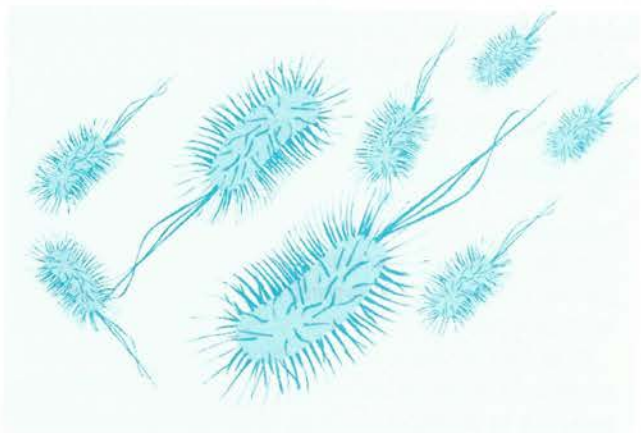


FIGURA 6-7. MORFOLOGÍA DE *ESCHERICHIA COLI*

enteroinvasiva (EIEC), enteropatógena (EPEC), enteroadherente (EAEC), enterotoxigénica (ETEC) y enteroagregativa (EAGC).

Ecología

E. coli habita normalmente en el intestino del hombre y animales de sangre caliente, y desempeña un importante papel en la fisiología del intestino. *Escherichia coli* vive en el colon sin provocar trastornos aparentes; sin embargo, hay cepas que producen una poderosa toxina que puede causar una infección grave. Es importante como indicador biológico de contaminación fecal en abastecimientos de agua y alimentos, porque abunda en heces, persiste en medios externos y es fácil de descubrir.

Mecanismos de transmisión

E. coli se transmiten al consumir alimentos o agua contaminados con excretas de un animal o persona infectada. Un cocinero puede contaminar el comestible si no se lava las manos después de usar el sanitario. Algunas personas se han enfermado después de nadar en agua de lagos contaminados con heces de personas o animales enfermos. Asimismo, puede ocurrir la transmisión de la bacteria por el contacto de persona a persona; por ejemplo, en familias, servicios de guarderías y otros centros institucionales.

**IMPORTANTE:**

***Escherichia coli*.** Son bacilos gramnegativos, no esporulados; algunos poseen flagelos peritricos. Habitan en el intestino del hombre y animales de sangre caliente. Pueden persistir en medios externos. La vía de transmisión es la fecal-oral, a través de aguas no higienizadas, alimentos contaminados con heces, o vegetales regados con aguas residuales.

Genética

Escherichia pueden adquirir rápidamente resistencias antimicrobianas múltiples a través del intercambio de episomas o plásmidos. Además, los plásmidos transmisibles controlan la producción de enterotoxinas, expresión de CFA y la elaboración de bacteriocinas.

Productos extracelulares

Enterotoxinas. La ETEC secreta enterotoxinas termoestables (ST) y termolábiles (LT). Estas enterotoxinas de *E. coli* establecen reacción cruzada con las toxinas de *V. cholerae* y tienen mecanismos de acción molecular similares que provocan la activación de adenilciclase.

Toxinas tipo Shiga (STX). Son proteínas estructural y antigénicamente relacionadas a la toxina de Shiga producida por *Shigella dysenteriae* tipo 1. Las STX o verotoxinas se consideran el principal factor de virulencia de la EHEC, alteran la función de absor-

ción y secreción de las células epiteliales intestinales, e inducen inflamación extensa en el intestino delgado. Asimismo, alteran la funcionalidad celular, inhiben la síntesis de proteínas y causan apoptosis.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Pueden adquirir resistencias antimicrobianas múltiples a través del intercambio de episomas o plásmidos. Los plásmidos controlan la producción de enterotoxinas, bacteriocinas y la expresión de cilios resistentes a la manosa. Pueden producir enterotoxinas y toxinas tipo *Shiga*.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación de las infecciones entéricas es de 24 a 72 horas. Las cepas de *E. coli* enteropatógena son causa de epidemias de diarrea infantil en guarderías. *E. coli* enterotoxigénica origina brotes semejantes a los del cólera; la enfermedad se conoce como diarrea del "turista" o viajero (figura 6-8). *E. coli* enteroinvasivas están representadas por un grupo de cepas "tipo *Shigella*" que invaden la mucosa intestinal, destruyen las células epiteliales y originan disentería bacteriana. *E. coli* O157H7 causa colitis hemorrágica. La secreción de moco es una respuesta típica de las células intestinales afectadas por *E. coli* enteroagregativa. El grupo de *E. coli* enteroadherente se identifica como agente causal de diarrea

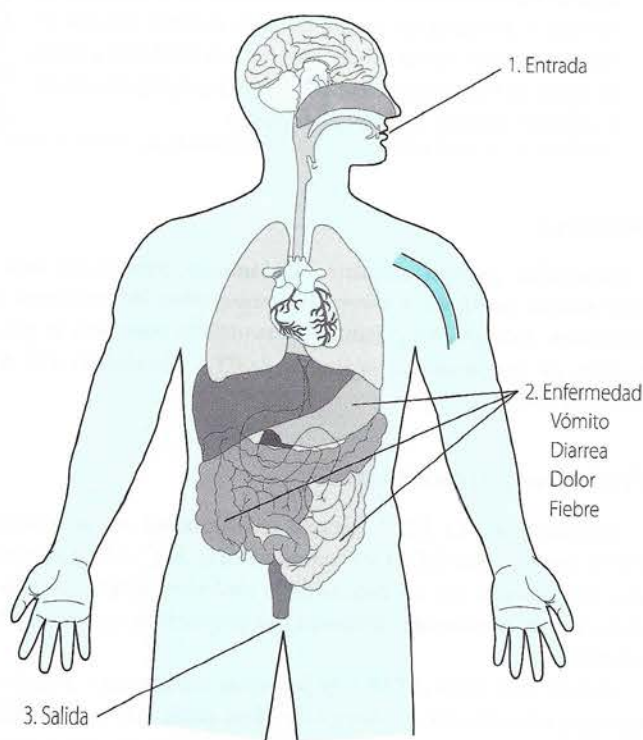


FIGURA 6-8. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *ESCHERICHIA COLI*



IMPORTANTE:

Sintomatología. La diarrea es súbita, intensa y a menudo con sangre. Otros síntomas pueden ser fiebre, gases, inapetencia, cólicos estomacales y a veces vómito.

Mecanismos patogénicos

Las fimbrias permiten a la bacteria colonizar la mucosa ileal. Las enterotoxinas citotóxicas inducen diarrea acuosa. Los factores de invasión codificados por plásmidos permiten la incursión en la mucosa y las enterotoxinas citotóxicas codificadas por bacteriófagos, inducen daño tisular; la presencia de cualquiera de estos factores provoca una reacción inflamatoria con influxo de linfocitos, lo cual ocasiona disentería. Las EHEC productoras de toxinas tipo *Shiga* (STX) colonizan la mucosa del colon; durante la invasión dañan el revestimiento de la pared intestinal, lo que produce la diarrea que muchas veces es hemorrágica.

En el síndrome urémico hemolítico, las STX entran a la circulación, se unen a sus receptores específicos globotriaosilceramida (Gb3) en las células endoteliales de los capilares glomerulares, y el endotelio se daña. Debido a la lesión celular probablemente se libera el factor de Von-Willebrand, que se une a los receptores específicos situados en las membranas plaquetarias, lo que induce la formación de microtrombos, la disminución de la luz capilar de los pequeños vasos y la aparición de una trombopenia. Las células endoteliales incrementan la liberación del inhibidor tipo 1 del plasminógeno activador, que inhabilita la acción fibrinolítica del plasminógeno activador e impide la lisis de los microtrombos formados. El efecto perjudicial de STX sobre las células endoteliales renales y de otros órganos se amplía por los lipopolisacáridos y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α). Igualmente, las proteasas liberadas por los neutrófilos pueden contribuir al daño de las células endoteliales, lo cual explicaría la relación entre la intensidad de la neutrofilia y un mal pronóstico.



IMPORTANTE:

Patogenia. Las cepas enterohemorrágicas productoras de toxinas tipo *Shiga* (STX) colonizan la mucosa del colon, en donde dañan el revestimiento de la pared intestinal, que a su vez promueve la diarrea hemorrágica.

En el SUH, las STX entran a la circulación y se unen a los receptores Gb3 en las células endoteliales; los capilares glomerulares se dañan; el factor de Von-Willebrand se libera e induce microtrombos, que conducen a trombopenia.

Brote

En 1997, en Japón, se describió un brote masivo ocasionado por *E. coli* enteroagregativa, afectando a 2 697 niños de escuelas primarias; los síntomas consistieron en dolor abdominal, náuseas y diarrea intensa. Un brote de 24 casos de colitis hemorrágica fue identificado al este de Angola, en 1985; las papas preparadas en cocinas caseras se consideraron como vehículo de *E. coli* O157H7. En la Unión Americana, en 2004, se presentó un brote multiestatal de infecciones por *Escherichia coli* enterohemorrágica; cinco pacientes se hospitalizaron y tres desarrollaron síndrome urémico hemolítico, ninguno murió. El estudio caso-control encontró una asociación entre la enfermedad y el consumo de tacos de ternera en una cadena de restaurantes de comida rápida estilo mexicano. Una investigación inicial implicó al proveedor de ternera como el responsable; aunque la inspección de la granja no fue posible. Otros comestibles involucrados en enfermedad por *E. coli* son carne molida cruda o mal cocida, agua contaminada, leche y quesos sin pasteurizar, pasteles con crema y otros alimentos preparados.



IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. Entre los comestibles involucrados en enfermedad por *E. coli* están carne molida cruda o mal cocida, papas caseras, agua contaminada, leche y quesos sin pasteurizar, pasteles con crema y otros alimentos preparados. En la Unión Americana, en 2004, se presentó un brote multiestatal, en donde tres pacientes desarrollaron síndrome urémico hemolítico. La posible causa fue el consumo de tacos de ternera estilo mexicano.

Tratamiento

La mayoría de las personas se recupera en 5 a 10 días sin necesidad de antibióticos. No existe evidencia de que los antimicrobianos mejoren la evolución de la enfermedad, y se cree que el tratamiento con algunos antibióticos puede precipitar complicaciones renales. *E. coli* son sensibles a uno o más antibióticos (p. ej., tetraciclinas, sulfamidas, cloranfenicol, ampicilina y cefalexina). En el síndrome urémico hemolítico se suelen necesitar transfusiones de sangre y diálisis renal.



RECUERDA:

E. coli es la bacteria gramnegativa asociada con más frecuencia a infecciones extraintestinales. Estas cepas se denominan ExPEC (*Escherichia coli* patógena extraintestinal), se encuentran muy a menudo en la flora normal intestinal del individuo, sin causar gastroenteritis. La bacteria produce diversas enfermedades extraintestinales: infecciones en vías urinarias; bacteriemia y sepsis adquirida en la comunidad; meningitis y sepsis neonatal; infecciones intraabdominales y neumonía nosocomial; ocasionalmente osteomielitis, celulitis e infecciones de heridas.

Prevención

Las medidas higiénicas son las siguientes:

- Cocinar los alimentos a más de 60 °C.
- Usar agua potable (0.5 ppm de cloro residual).
- Promover el lavado de manos.
- Consumir sólo leche y productos lácteos pasteurizados.
- Evitar la contaminación cruzada.
- Cocinar totalmente toda la carne molida de res o hamburguesas.
- Refrigerar a 4 °C o menos.
- Procesar de manera apropiada las aguas residuales.



IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Se recomienda cocinar los alimentos a más de 60 °C; usar agua potable; promover el lavado de manos; evitar la contaminación cruzada; refrigerar a 4 °C o menos, y procesar de manera adecuada las aguas residuales.

5. CAMPYLOBACTER JEJUNI

La palabra *Campylobacter* deriva del griego *Campylo*, que significa curvado, y *bacter*, que significa bastón; se acuñó así para distinguir este género de vibriones de aspecto idéntico.

Morfología y estructura

Son pequeñas bacterias curvadas en forma de espirales o sacacorchos, no esporuladas; su tamaño varía entre 0.2 a 0.8 µm de ancho y 1.5 a 5 µm de largo (figura 6-9). Es una bacteria gramnegativa y muestra motilidad rápida gracias a flagelos polares o bipolares. *Campylobacter jejuni* es un microaerofílico obligado. Se han identificado por lo menos 90 serotipos de *Campylobacter* en base al antígeno somático (O) y más de 50 serotipos en base a los antígenos capsulares y flagelares; estos últimos pueden experimentar variación de fase.

Clasificación

Campylobacter jejuni está incluido en la familia *Campylobacteraceae*. Las especies de este género, señaladas como patógenas humanas, son *C. fetus*, *C. faecalis*, *C. coli* y *C. laridis*.

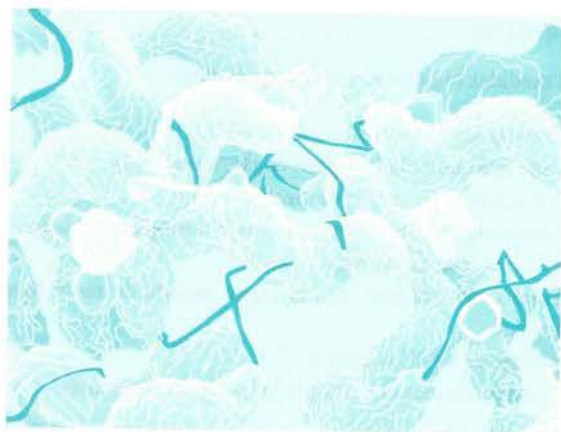


FIGURA 6-9. MORFOLOGÍA DE *CAMPYLOBACTER JEJUNI*

Ecología

Es huésped normal en los intestinos de muchos animales de sangre caliente, ya sea domésticos o silvestres (p. ej., aves de corral, cerdos, vacas, ovejas, avestruces, mariscos, perros y gatos). Existe en las aves silvestres y migratorias acuáticas, lo cual es de particular importancia porque estos pájaros pueden introducir al microorganismo en las aguas superficiales y en los alimentos de los animales domésticos usados para el consumo humano. Las bacterias son ubicuas en la naturaleza, se encuentran frecuentemente en el medio ambiente y en muchos alimentos crudos.

Mecanismo de transmisión

La transmisión se presenta por la vía fecal-oral, y a través de alimentos y agua contaminados. Los gérmenes se eliminan con las heces de animales domesticados en apariencia sanos. Se ha señalado que de 50 a 100% de pollos, patos y vacunos excretan *Campylobacter jejuni*. Además, los microorganismos se pueden aislar con facilidad en aguas superficiales. Las carnes provenientes de animales infectados con frecuencia se contaminan con el contenido intestinal durante el proceso de sacrificio de los animales. La enfermedad también se contrae por el contacto con animales infectados.



IMPORTANTE:

Campylobacter jejuni. Son pequeños espirilos, no esporulados, gramnegativos, con flagelos polares o bipolares. Se encuentran en el medio ambiente y en muchos alimentos crudos. Son huéspedes normales del intestino de muchos animales. Las vías de transmisión son los alimentos, agua o hielo contaminados y el contacto con agua para actividades recreativas.

Genética

Tiene un cromosoma circular, cuya secuencia completa contiene 1.64 millones de pb de longitud, con 25 regiones polimórficas.

El genoma es inusual, ya que prácticamente no hay secuencias de inserción o sucesiones asociadas a fagos y tiene muy pocas secuencias de repetición. Los plásmidos regulan la resistencia múltiple ante diferentes antibióticos.

Productos extracelulares

Enterotoxina. Es una exotoxina termolábil que tiene un mecanismo de acción similar al de la toxina colérica, causa diarrea secretora al estimular la actividad de adenilciclase en las mucosas intestinales.

Citotoxina. Es una exotoxina que afecta algunos tipos celulares.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Los plásmidos regulan la resistencia múltiple frente a antibióticos. Pueden producir enterotoxina y citotoxina.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación para la gastroenteritis inducida por *Campylobacter* varía de dos a cinco días y la duración de la enfermedad se puede extender hasta 10 días. Algunos de los síntomas de la campilobacteriosis son: fiebre (algunas veces mayor de 40 °C), dolor abdominal y de cabeza que suelen preceder a los episodios de diarrea (figura 6-10). Las heces rápidamente se vuelven líquidas y de olor muy desagradable. Al segundo y tercer días,

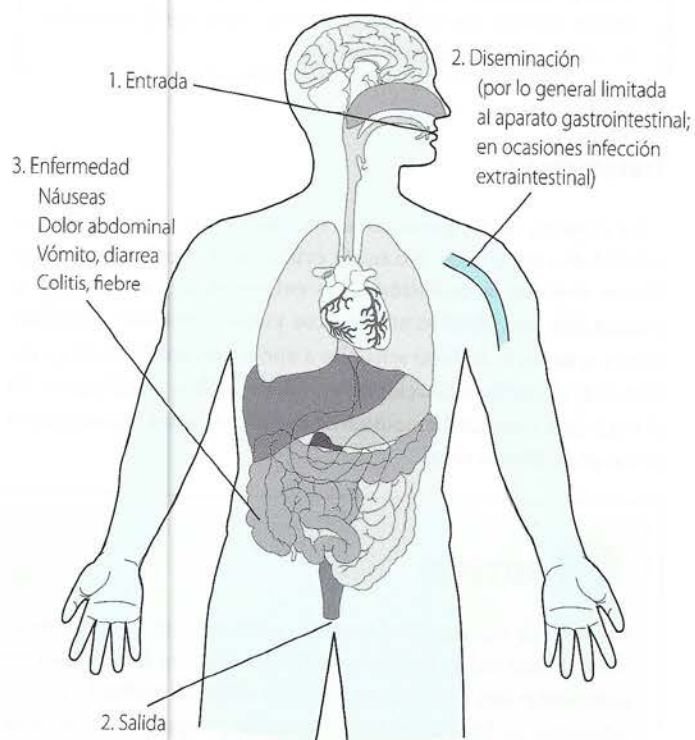


FIGURA 6-10. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *CAMPYLOBACTER JEJUNI*

puede aparecer sangre fresca en las heces diarreicas y estar manchadas con bilis y secreción mucosa; con mucha frecuencia también se encuentran leucocitos polimorfonucleares. El síndrome de Guillain-Barré es una forma de parálisis semejante a la poliomielitis, se caracteriza por arreflexia y debilidad en las extremidades.



IMPORTANTE:

Sintomatología. Se presenta diarrea, dolor abdominal, fiebre, cefalea, náuseas y vómito. Las heces son líquidas, a menudo con sangre, olorosas, manchadas con bilis y secreción mucosa.

Mecanismos patogénicos

La bacteria coloniza los intestinos delgado y grueso. La interacción de *C. jejuni* con las células provoca numerosos cambios en la señal de transducción y liberación de citocinas proinflamatorias, lo que causa una diarrea inflamatoria con fiebre. Las heces contienen leucocitos y sangre. El papel de las toxinas en la patogénesis no es claro. Los lipopolisacáridos de *C. jejuni* tienen epítopes similares a los gangliósidos GM1, GM1b, GD1a y GalNAc-GD1a, expresados en nervios periféricos humanos; por lo tanto, los anticuerpos dirigidos contra los antígenos bacterianos tienen reacción cruzada con una o más estructuras neurales y se desencadena una enfermedad autoinmunitaria posinfección conocida como síndrome de Guillain-Barré.



IMPORTANTE:

Patogenia. Los anticuerpos dirigidos contra los antígenos bacterianos tienen reacción cruzada con los gangliósidos expresados en nervios periféricos humanos, lo que desencadena el síndrome de Guillain-Barré.

Brote

El origen de la infección humana suele ser el alimento de origen animal, en especial la leche cruda y las carnes de ave poco cocidas. Otros vehículos incluyen almejas crudas, carne de vaca, leche y quesos de cabra no pasteurizados. Aunque *C. jejuni* es sensible al almacenamiento en frío, los gérmenes pueden ser aislados en un porcentaje bajo de carnes de pollo y res que se han congelado durante meses. En 1984, los niños de un colegio preescolar visitaron una planta embotelladora de leche certificada, en donde les ofrecieron helados de crema, kéfir (búlgaros) y leche cruda. Después de tres días, nueve niños y tres adultos experimentaron fiebre y gastroenteritis; los coprocultivos resultaron positivos a *Campylobacter jejuni*. Un brote de gastroenteritis causado por *Campylobacter* se identificó, en 2003, en una escuela de Madrid, España. El estudio de cohorte retrospectivo mostró que una crema elaborada con leche se asoció a la enfermedad. La crema probablemente se contaminó con *Campylobacter jejuni* a partir de un pollo cru-

do preparado un día antes en la misma cocina. En este caso, la principal recomendación fue mejorar la educación sanitaria de los manipuladores de alimentos.



IMPORTANTE:

Alimentos implicados en epidemias. En especial, la leche cruda y las carnes de ave poco cocidas. Además, las almejas crudas, carne de vaca, quesos de cabra no pasteurizados, helados de crema y kéfir. En 2003, en Madrid, España, se identificó un brote de gastroenteritis causado por *Campylobacter*. La crema se contaminó a partir de un pollo crudo preparado un día antes en la misma cocina.

Tratamiento

Especies de *Campylobacter* son sensibles a eritromicina, tetraciclina, cloranfenicol y otros.



RECUERDA:

Algunas complicaciones pueden incluir bacteriemia, hepatitis, pancreatitis y abortos. Entre las complicaciones posteriores a la infección están la artritis reactiva y los trastornos neurológicos como el síndrome de Guillain-Barré.

Prevención

Las recomendaciones higiénicas son las siguientes:

- Lavarse bien las manos.
- Cocinar los alimentos a 60 °C o más.
- Utilizar agua hervida (0.05 ppm de cloro residual).
- Impedir el contacto con animales y personas infectados, así como con sus excretas.
- Evitar la contaminación cruzada.



IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Lavarse bien las manos, cocinar los alimentos a 60 °C o más, utilizar agua hervida, evitar la contaminación cruzada, impedir el contacto con animales y seres humanos infectados, y con sus excretas.

6. LISTERIA MONOCYTOGENES

En 1926, se identificó *L. monocytogenes* durante una epizootia en cobayos y conejos.

Morfología y estructura

Es un bacilo corto grampositivo, no esporulado, de $1.2 \mu\text{m} \times 0.5$ a $1.3 \mu\text{m}$ (figura 6-11). Posee flagelos peritricos. El microorganismo tiene antígenos somáticos termoestables (O) y flagelares termolábiles (H), que permite clasificarlo en 13 serotipos.

Clasificación

Listeria monocytogenes pertenece a la familia *Listeriaceae*. Además, existen otras especies afines como *L. ivanovii*, *L. innocua*, *L. weishimeri*, *L. seeligeri* y *L. denitrificans*.

Ecología

El microorganismo está distribuido abundantemente en la naturaleza; se ha aislado en ríos, aguas negras, tierra, fango, silos y vegetación. *Listeria monocytogenes* infecta diversas especies de aves y mamíferos, y algunos crustáceos y garrapatas.

Mecanismo de transmisión

La infección por contacto persona a persona es el mecanismo de transmisión en 76% de los casos de listeriosis humana. La vía oral está bien reconocida a través de brotes en los que se identifica un alimento como vehículo del microorganismo. Se sabe de casos de listeriosis neumónicas que se adquieren por inhalación de polvos contaminados. Los recién nacidos se pueden contagiar por la madre infectada en el momento del parto.



IMPORTANTE:

Listeria monocytogenes. Es un bacilo corto grampositivo, no esporulado. Posee flagelos peritricos. Se ha aislado en ríos, aguas negras, tierra, fango, silos y vegetación. Además, infecta aves, mamíferos, crustáceos y garrapatas. La transmisión puede deberse al contacto persona a persona y a través de alimentos contaminados.



FIGURA 6-11. MORFOLOGÍA DE *LISTERIA MONOCYTOGENES*

Genética

Se desarrollan rápidamente mutantes no móviles, que pueden cambiar nuevamente para recuperar las formas móviles. Existe una amplia variedad de genes de virulencia que codifican numerosas proteínas de superficie, las cuales condicionan su patogenicidad y supervivencia en un rango amplio de ecosistemas.

Productos extracelulares

Hemolisina. Las cepas virulentas producen una hemolisina que es oxígeno-lábil y tienen actividad cardiotoxica.

Listeriolisina O. Esta enzima provoca la lisis de la membrana del fagolisosoma y permite a la listeria escapar hacia el citoplasma de la célula epitelial.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. Existe una amplia variedad de genes que condicionan su patogenicidad y supervivencia en un rango amplio de ecosistemas. Pueden producir hemolisina y listeriolisina O.

Manifestaciones clínicas

Se describe un periodo de incubación de dos a seis semanas. La infección puede ser asintomática o asociarse a malestar general, náuseas, diarrea y poca fiebre (figura 6-12). En los adultos, el inicio es menos abrupto, con fiebre, cefalea y malestar general; siguen dolor muscular, rigidez del cuello, náuseas, vómito y fotofobia. Puede terminar en somnolencia, convulsiones, deshidratación

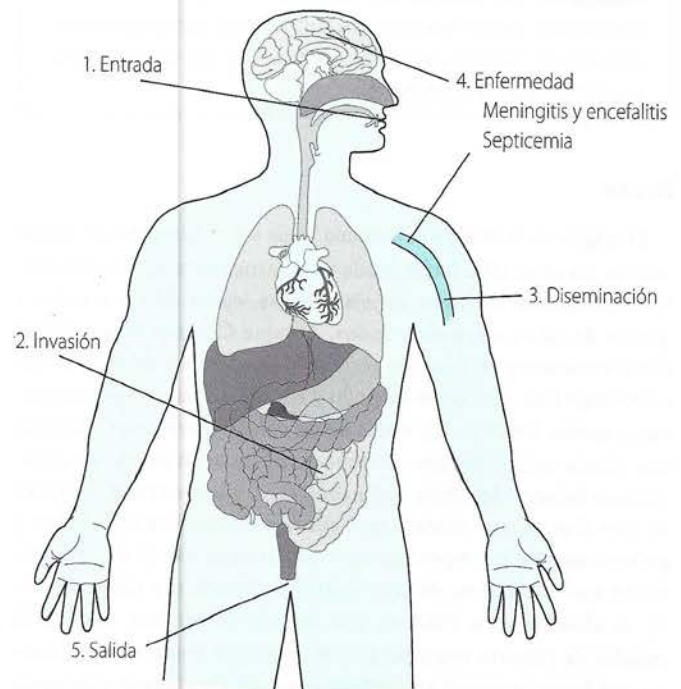


FIGURA 6-12. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *LISTERIA MONOCYTOGENES*

y coma. En casos graves progresa con meningitis, septicemia, endocarditis o encefalitis. Las mujeres embarazadas y sus fetos, lactantes, ancianos, inmunodeprimidos por cualquier causa y quienes son tratados de padecimientos crónicos, muestran mayor susceptibilidad. En resumen, los principales síndromes clínicos por *Listeria monocytogenes* incluyen: gastroenteritis febril, infección perinatal e infección sistémica marcadas por invasión del sistema nervioso central con o sin bacteriemia.

**IMPORTANTE:**

Sintomatología. Los síntomas incluyen fiebre y escalofríos, dolor de cabeza, malestar estomacal y vómito.

Mecanismos patogénicos

La listeria expresa la proteína internalina que interacciona con la E-cadherina, un receptor sobre las células epiteliales, para promover su internalización. El hígado se considera como el primer órgano blanco después de la translocación intestinal. En los hepatocitos, el germen se multiplica activamente hasta que la infección es controlada por la respuesta inmunitaria celular. Se cree que esta etapa subclínica inicial de la listeriosis se debe a la presencia frecuente de *L. monocytogenes* patogénica en los alimentos. En individuos normales, la exposición continua a antígenos de listeria probablemente contribuye al mantenimiento de células T de memoria antilisteria. Sin embargo, *en pacientes debilitados e inmunoincompetentes, la proliferación no restringida del microbio en el hígado puede ocasionar una bacteriemia prolongada de bajo nivel*, lo cual conduce a una invasión de los segundos órganos blanco preferidos (el cerebro y el útero grávido), y entonces evidenciar la enfermedad clínica.

**IMPORTANTE:**

Patogenia. La proliferación no restringida en el hígado puede ocasionar una bacteriemia, lo cual conduce a una invasión de cerebro y útero grávido.

**RECUERDA:**

Listeria monocytogenes es un microbio intracelular facultativo hábil para sobrevivir en los macrófagos. Datos experimentales indican que un subgrupo específico de monocitos, distinguidos en parte por la expresión incrementada del antígeno Ly-6C, se llega a infectar por la listeria, se paraliza en la médula ósea y transporta la bacteria intracelular a través de la barrera hematoencefálica hacia el sistema nervioso. Asimismo, puede invadir una gran variedad de células normalmente no fagocíticas, por ejemplo: epiteliales, hepatocitos y endoteliales. En estos tipos de células, el patógeno sigue un ciclo de vida intracelular, que involucra el escape temprano de la vacuola fagocítica, rápida multiplicación intracitoplasmática, movilidad basada en actina, y propagación directa hacia las células vecinas, en las cuales se reinicia el ciclo. En esta vía, la listeria se disemina en los tejidos del hospedero, protegidos con las armas humorales del sistema inmunitario.

Brote

Los productos más relacionados con listeriosis son: verdura cruda y mal lavada; mariscos, carnes de aves, res y cerdo mal cocidos; alimentos preparados enfriados, y productos listos para consumirse. Un alimento especialmente objeto de estudio es la leche cruda. La eliminación del germen a través de la ubre indica infección de la glándula y se relaciona con casos de encefalitis o aborto por listeria en el ganado. Entre julio y octubre de 2002, una cepa de *L. monocytogenes* causó un brote en nueve estados de la Unión Americana, en donde se identificaron 54 pacientes; ocho de ellos murieron y tres mujeres embarazadas sufrieron muertes fetales. En las cuatro semanas anteriores a la enfermedad, 55% de los pacientes había consumido fiambrería de pechuga de pavo. La investigación de la carne de pavo ingerida por las personas condujo a varias plantas procesadoras de pavo. La cepa productora del brote se encontró en el ambiente de una planta de tratamiento y en algunos productos de pavo. Después del brote, se publicaron nuevas regulaciones que subrayan la importancia del control de *L. monocytogenes* y un programa de pruebas en la carne “lista para comer” en las plantas procesadoras de aves de corral.

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. Los productos comúnmente relacionados con listeriosis son: leche cruda; verdura cruda y mal lavada; mariscos, carnes de aves, res y cerdo mal cocido; alimentos preparados enfriados, y productos listos para consumirse. En 2002, en nueve estados de la Unión Americana, una cepa de *L. monocytogenes* causó un brote; ocho de los pacientes murieron y tres mujeres embarazadas sufrieron muertes fetales. Los individuos habían consumido fiambrería de pechuga de pavo.

Tratamiento

Los fármacos útiles incluyen sulfamídicos, penicilina, tetraciclinas y eritromicina, pero los medicamentos de elección son ampicilina y la eritromicina.

Prevención

Los consejos durante la manipulación de los alimentos son:

- Consumir lácteos elaborados con leche pasteurizada.
- Cocinar a temperaturas adecuadas.
- Lavarse debidamente las manos.
- Desinfectar frutas, verduras y hortalizas.
- Limpiar e higienizar superficies.
- Evitar la contaminación cruzada.



IMPORTANTE:

Medidas de higiene. Los consejos durante la manipulación de los alimentos son: consumir lácteos elaborados con leche pasteurizada; cocinar a temperaturas adecuadas; lavado de manos; desinfectar frutas, verduras y hortalizas; limpiar e higienizar superficies; evitar la contaminación cruzada.

7. YERSINIA ENTEROCOLITICA

Los agentes de la yersiniosis, como *Yersinia enterocolitica*, los descubrió Alexandre Yersin. Puesto que no producen grandes epidemias con una alta mortalidad (como la peste), no han atraído mucha atención médica. *Y. pestis* es la causa de la peste.

Morfología y estructura

Es un bacilo corto gramnegativo (figura 6-13). Estos patógenos son móviles cuando crecen a 25 °C, pero no a 37 °C. Existen más de 50 serotipos; la mayor parte de los aislados en enfermedades que atacan a seres humanos pertenece a los serotipos O3, O8 y O9. La virulencia de *Yersinias* depende de antígenos V y W, que confieren dependencia del calcio para el crecimiento a 37 °C.

Clasificación

El género *Yersinia* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Las especies más estudiadas son: *Y. pseudotuberculosis*, *Y. pestis* y *Yersinia enterocolitica*.

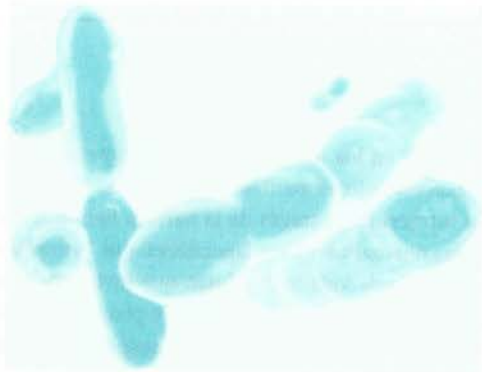


FIGURA 6-13. MORFOLOGÍA DE YERSINIA ENTEROCOLITICA

Ecología

Y. enterocolitica tiene una distribución cosmopolita. La frecuencia de aislamientos a partir del medio ambiente recuerda un tanto a la de *Listeria monocytogenes*. Mantiene su viabilidad por largos periodos en la tierra, vegetación, agua de ríos y lagos. Entre los animales que se cuentan como reservorios del microorganismo están gatos, perros, monos, moscas, pulgas, pájaros, ranas, ostiones y caracoles. Las yersiniosis son infecciones zoonóticas que actúan sobre todo en roedores, cerdos y aves; los seres humanos son hospederos accidentales.

Mecanismo de transmisión

El consumo de leche sin pasteurizar, de carne mal cocida y de agua no potable son factores de riesgo para yersiniosis. El trato cercano con perros y gatos favorece la exposición a *Y. enterocolitica*. Los alimentos se pueden contaminar en forma indirecta a partir de heces de cerdo. En algunos casos, el microorganismo se llega a transmitir de persona a persona y a través de lesiones en la piel.



IMPORTANTE:

***Yersinia enterocolitica*.** Es un bacilo corto gramnegativo. Es móvil cuando crece a 25 °C. Mantiene su viabilidad por largos periodos en la tierra, vegetación, agua de ríos y lagos. Muchos animales sirven como reservorios. Se transmite principalmente a partir de alimentos contaminados.

Genética

Las cepas virulentas de *Yersinia enterocolitica* poseen un plásmido de 70 Kb (pYV), que tiene los genes que codifican para la síntesis de proteínas Yops y el sistema de secreción tipo 3, entre otros. Recientemente, se informó que *Y. enterocolitica* codifica adenilciclase y proteína receptora de AMPc (CRP), y que este sistema regulador de AMPc-CRP se requiere para mantener la virulencia.

Productos extracelulares

Toxinas estables de *Yersinia* (YST). Son una familia de enterotoxinas termoestables (YST I y ST II), que participan en la producción de diarrea durante la infección.

Sistema de secreción *Ysc* tipo 3 (T3SS). Un complejo oligomérico que permite a la bacteria adherida extracelularmente inyectar los efectores Yops hacia el citosol de las células blanco.

Proteínas de membrana externa de *Yersinia* (Yops). Son una serie de moléculas efectoras: YopE, YopH, YpkA/YopO, YopM, YopJ/P y YopT, las cuales interrumpen las cascadas de señalización que desencadenan en fagocitosis e inflamación.

**IMPORTANTE:**

Genética y sustancias producidas. Las cepas de *Yersinia* poseen un plásmido que codifica para la síntesis de proteínas Yops y el sistema de secreción tipo 3. Recientemente, se informó que codifican adenilciclase y proteína receptora de AMP cíclico. Pueden producir las toxinas estables de *Yersinia*, sistema de secreción Ysc tipo 3, y proteínas de membrana externa de *Yersinia*.

Manifestaciones clínicas

El periodo de incubación es de tres a cuatro días. La enterocolitis constituye dos tercios de todos los casos informados y se caracteriza por fiebre, diarrea y dolor abdominal que duran de una a tres semanas (figura 6-14). En casos graves puede haber hemorragia rectal y perforación del íleon. La excreción fecal de microorganismos puede continuar durante semanas después de que los síntomas han remitido. Las infecciones del intestino delgado pueden originar úlceras de la mucosa intestinal, en el área de ganglios linfáticos mesentéricos, y el resultado puede ser pérdida de sangre y líquido. Las infecciones intestinales pueden remedar apendicitis aguda o subaguda. La diarrea y la afección de ganglios linfáticos son síntomas típicos de enfermedad causada por estos gérmenes.

**IMPORTANTE:**

Sintomatología. La infección se manifiesta por cuadros diarreicos. Esta diarrea a menudo es acompañada de febrícula y dolor abdominal.

Mecanismos patogénicos

Después de la ingestión de agua o alimentos contaminados, *Y. enterocolitica* entra al hospedero humano a través de las placas de Peyer y causa abscesos hepáticos y esplénicos graves. El patógeno está dotado con dos adhesinas, Inv y YadA, y con el sistema de secreción Ysc tipo 3, el cual permite a la bacteria adherida extracelularmente inyectar los efectores Yop hacia el citosol de las células blanco. Las moléculas YopT, YopH, YopE y YopO actúan sinérgicamente para incrementar la resistencia de *Yersinia enterocolitica* a la fagocitosis por macrófagos y polimorfonucleares (PMN). Además, *Yersinia* spp. patógena desacopla un gran número de señales de transducción en los macrófagos, para interrumpir su respuesta a la infección, lo que obliga al fagocito a sufrir muerte celular programada. La YopP/J promueve la apoptosis de la célula hospedera inducida por LPS, y directamente induce la fragmentación de la caspasa-1. Además, la YopP/J inhibe tanto a MAPK como a NF- κ B, lo cual previene la expresión de genes proinflamatorios y de supervivencia celular.

**IMPORTANTE:**

Patogenia. Las moléculas YopT, YopH, YopE y YopO actúan sinérgicamente para incrementar la resistencia a la fagocitosis por macrófagos y PMN.

Brote

Prácticamente cualquier alimento sostiene el desarrollo de *Yersinia*, con tal que se satisfagan condiciones de actividad de agua, pH y temperatura. Los principales productos involucrados en las epidemias son carne, cárnicos, pescado, huevo, cereales, verduras, leche y lácteos. En octubre de 1995, hubo un brote de infecciones por *Y. enterocolitica* en New Hampshire, en los Estados Unidos. Se identificaron 10 pacientes, de los cuales tres fueron hospitalizados y uno sufrió apendectomía. El consumo de leche embotellada en un establecimiento local se asoció con la enfermedad. No se descubrieron carencias en el equipo o en los procedimientos de pasteurización. Se aisló *Y. enterocolitica* O:8 de una muestra de leche cruda y de una muestra fecal de cerdo. La ruta de contaminación no se determinó; este brote probablemente fue resultado de una contaminación posterior a la pasteurización. Los cerdos se consideraron como la fuente más factible de contaminación. Las botellas de leche posiblemente fueron contaminadas por el lavado con agua no tratada antes del llenado o por otras vías ambientales. En estos casos es necesaria la educación a los propietarios de cerdos acerca de *Yersinia* y de la contaminación pospasteurización, para prevenir próximas epidemias.

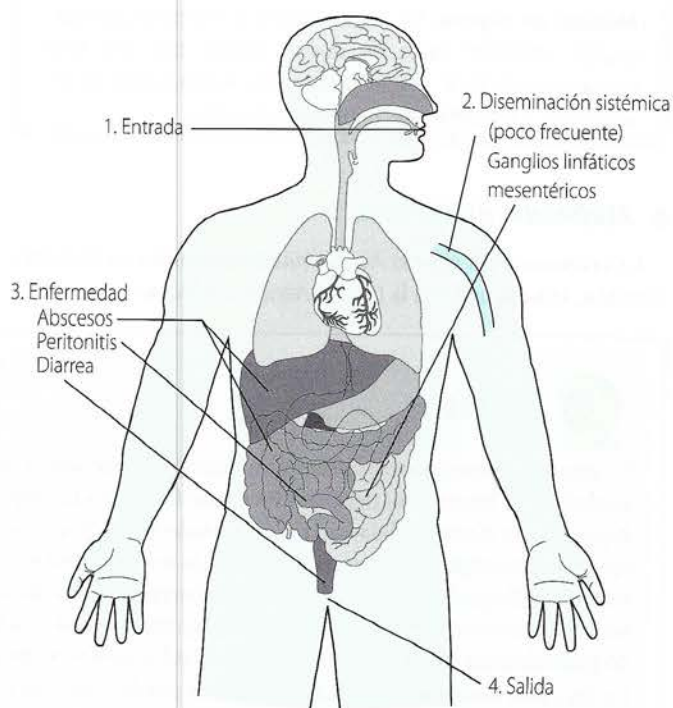


FIGURA 6-14. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *YERSINIA ENTEROCOLITICA*

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. Los principales son carne, cárnicos, pescado, huevo, cereales, verduras, leche y lácteos.

En octubre de 1995, en New Hampshire, se presentó un brote. Se identificaron 10 pacientes, de los cuales tres fueron hospitalizados y uno sufrió apendectomía. El consumo de leche embotellada se asoció con la enfermedad.

Tratamiento

La sensibilidad para antibióticos puede variar, de manera que es necesario probar susceptibilidad en cada caso. En general, es susceptible a aminoglucósidos, cloranfenicol, tetraciclina y fluoroquinolonas.

Prevención

Se pueden aplicar las siguientes medidas:

- Cocinar a temperaturas adecuadas.
- Consumir carne de buena calidad, con baja contaminación fecal.
- Realizar una buena manipulación de los alimentos.
- Refrigerar adecuadamente la carne.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se puede cocinar a temperaturas adecuadas; consumir carne de buena calidad, con una baja contaminación fecal; realizar una buena manipulación de los alimentos, y refrigerar adecuadamente la carne.

8. AEROMONAS HYDROPHILA

La taxonomía del género *Aeromonas* se encuentra en reestructuración; se ha situado en la familia *Aeromonadaceae*.

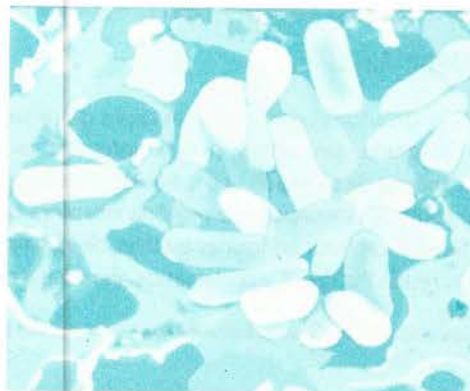


FIGURA 6-15. MORFOLOGÍA DE *AEROMONAS HYDROPHILA*

Morfología y estructura

Las aeromonas son bacilos gramnegativos, móviles, de 1 a 4 μm de longitud. No forman cápsula ni esporas y son aerobios o anaerobios facultativos (figura 6-15). La tinción negativa revela la existencia de dos morfotipos de aeromonas. El primero es una bacteria con pared celular corrugada y un flagelo en posición polar. El segundo tiene una pared celular muy delgada y laxa, los mesosomas son múltiples y se encuentran unidos a invaginaciones de la membrana celular externa o a la de los tabiques; además, posee gran cantidad de flagelos que emergen de cualquier sitio del microbio.

Clasificación

Aeromonas hydrophila pertenece al género *Aeromonas*. Además existen otras especies afines, tales como *A. caviae*, *A. veronii*, *A. sobria* y *A. biovar*.

Ecología

Las aeromonas prácticamente son ubicuas, pueden aislarse a partir de cualquier nicho medioambiental donde exista un ecosistema bacteriano. *Aeromonas hydrophila* es una bacteria que frecuentemente se encuentra en aguas dulces y salobres, habitantes acuáticos, peces, aves, mascotas domésticas, alimentos y especies de insectos.

**RECUERDA:**

En general, *Yersinia enterocolitica* es un patógeno que afecta principalmente al aparato gastrointestinal que, bajo condiciones definidas por el hospedero, tiene una fuerte preferencia a la propagación extraintestinal. Las manifestaciones clínicas de la infección dependen, en cierta medida, de la edad y estado físico del paciente, la presencia de cualquier entidad médica subyacente y el bioserotipo del microorganismo. La enfermedad más frecuente, sobre todo en lactantes y niños, es la enteritis aguda acompañada de fiebre, vómito e inflamación, ocasionalmente con diarrea sanguinolenta, acuosa. La enfermedad suele durar de 3 a 28 días. Sin embargo, en los adultos jóvenes, los síntomas son ileítis aguda terminal y linfadenitis mesentérica con fiebre, diarrea y dolor abdominal localizado generalmente en el cuadrante inferior derecho, similar a una apendicitis. Este síndrome clínico suele durar de una a dos semanas. En los casos más prolongados de yersiniosis puede haber enterocolitis necrosante letal, así como una forma "seudotumorigénica" de adenitis mesentérica supurativa.

Mecanismo de transmisión

La infección en personas se adquiere a través de heridas abiertas o por la ingestión de agua y alimentos contaminados.



IMPORTANTE:

Aeromonas hydrophila. Son bacilos gramnegativo, aerobios o anaerobios facultativos, móviles. No forman cápsula ni esporas. Pueden aislarse a partir de cualquier nicho medioambiental, aguas dulces y salobres, peces, aves, mascotas, alimentos e insectos. La infección se adquiere por la ingestión de agua y alimentos contaminados o a través de heridas abiertas.

Genética

La secuencia genómica completa es de 4.7 Mb. *A. hydrophila* es capaz de expresar un gran número de factores de virulencia tales como hemolisina, aerolisina, citotoxina, enterotoxina, enterotoxina citotónica, endotoxina lipopolisacárida, proteínas de membrana externa y enzimas, tales como proteasas, lipasas, DNasas, elastasas y gelatinasa. Posee plásmidos que le confieren resistencia frente a los antibióticos.

Productos extracelulares

Aerolisina. Es el prototipo de hemolisina beta, capaz de formar poros en la membrana de eritrocitos.

Enterotoxina citotóxica de Aeromonas (Act). Es una toxina formadora de poros tipo 2 con actividad hemolítica. Además, incrementa la producción de AMPc en macrófagos.



IMPORTANTE:

Genética y sustancias producidas. *A. hydrophila* es capaz de expresar un gran número de factores de virulencia. Posee plásmidos de resistencia frente a antibióticos. Puede producir aerolisina y enterotoxina citotóxica de *Aeromonas*.

Manifestaciones clínicas

Desde hace varios años se sabe que determinadas cepas de *Aeromonas hydrophila* pueden causar enfermedad en pescados, reptiles y anfibios. Su presencia en las heces de individuos con diarrea, en ausencia de otros patógenos entéricos conocidos, sugiere que podría ser la causa de la enfermedad. Se sospecha que la bacteria puede originar gastroenteritis en el hombre, especialmente cuando se consume en grandes cantidades o cuando está deteriorada la inmunidad. La gastroenteritis por *Aeromonas* puede presentar cinco escenarios clínicamente diferentes: enteritis ordinaria, enteritis acompañada con heces sanguinolentas, síndrome intestinal subagudo o crónico, enfermedad tipo cólera y esporádica diarrea

del viajero. Por mucho, la presentación más común de gastroenteritis por *Aeromonas* es una enteritis acuosa o secretora (figura 6-16). Los procesos extraintestinales pueden ser sepsis, meningitis, artritis, peritonitis, neumonía, infección urinaria o de piel, endocarditis y conjuntivitis.



IMPORTANTE:

Sintomatología. La enfermedad diarreica aguda se presenta con fiebre < 38.5 °C, deposiciones líquidas y vómito en los niños de corta edad. Las heces pueden ser disenteriformes con moco y sangre o heces coleriformes.

Mecanismos patogénicos

Se propone que una vez que las bacterias sortean los efectos de la acidez gástrica llegan al intestino. *Aeromonas* emplean el flagelo polar (Pof) para alcanzar la unión inicial con el epitelio gastrointestinal, así como los flagelos laterales (Laf) para lograr adherencia celular, formación de biopelícula y colonización a largo plazo. Una vez establecidas en el aparato gastrointestinal, las bacterias producen diarrea a través de la elaboración de moléculas enterotoxigénicas, lo cual causa enteritis, o mediante la invasión del epitelio gastrointestinal, lo que provoca disentería o colitis. El limo es otro factor de virulencia, el cual es un material glucoconjugado viscoso, útil para la formación de biopelículas. El limo incrementa significativamente la patogénesis; al parecer, inhibe neutrófilos, quimiotaxis, fagocitosis y fármacos antimicrobianos.

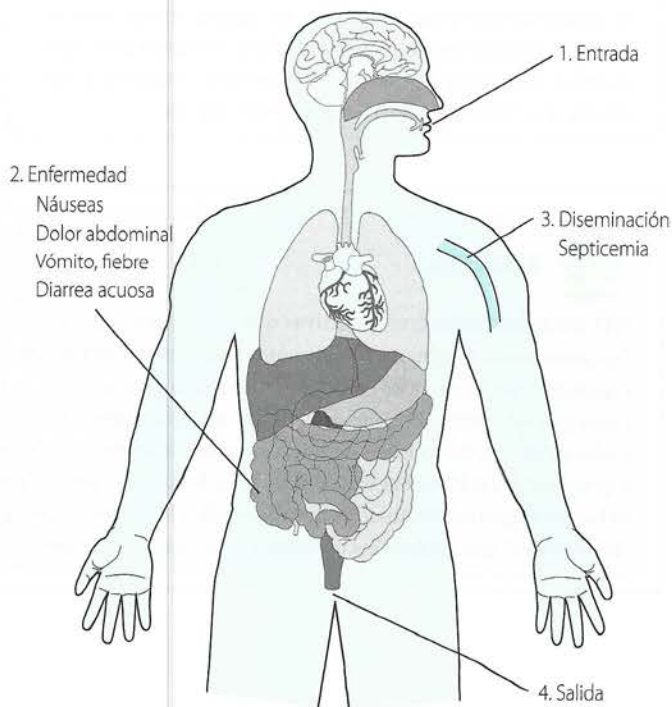


FIGURA 6-16. SINTOMATOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR *AEROMONAS HYDROPHILA*

**IMPORTANTE:**

Patogenia. *A. hydrophila* producen diarrea a través de la elaboración de moléculas enterotoxigénicas, lo cual causa enteritis, o mediante la invasión del epitelio gastrointestinal, lo que provoca disentería o colitis.

Brote

A. hydrophila se encuentra en muchos productos, sobre todo en los de origen animal. Se puede aislar de la leche, vegetales, mariscos, peces, y carnes de ternera, cerdo, cordero y pollo. No hay datos de brotes confirmados debidos al consumo de alimentos contaminados por *Aeromonas*; primordialmente se han informado numerosos incidentes de gastroenteritis. En 1995, en Suecia, se describió un brote de gastroenteritis por *Aeromonas* en personas que asistieron a un banquete. Después de transcurridas entre 20 y 34 h de la ingesta, todos los individuos presentaron signos y síntomas de diarrea aguda con dolor abdominal, cefalea, fiebre y vómito, que se autolimitaron a las 48 horas. *A. hydrophila* fue el microorganismo aislado de los restos de camarones con mayonesa, salchicha ahumada, paté de hígado y jamón cocido, con recuentos de 10^6 a 10^7 UFC/g.

**IMPORTANTE:**

Alimentos implicados en epidemias. *A. hydrophila* puede aislar de la leche, vegetales, mariscos, peces, y carnes de ternera, cerdo, cordero y pollo. En 1995, en Suecia, se describió un brote de gastroenteritis en personas que asistieron a un banquete. *A. hydrophila* se aisló de camarones con mayonesa, salchicha ahumada, paté de hígado y jamón cocido.

Tratamiento

Muchas cepas de *Aeromonas* son susceptibles a aminoglucósidos, tetraciclinas y cefalosporinas.

Prevención

Se pueden aplicar las siguientes recomendaciones:

- Evitar consumo de agua del grifo.
- Consumir leche o productos pasteurizados.
- Cocinar a temperaturas adecuadas.
- Limpiar e higienizar superficies.
- Evitar la contaminación cruzada.

**IMPORTANTE:**

Medidas de higiene. Se pueden aplicar las siguientes recomendaciones: evitar consumo de agua del grifo, consumir leche o productos pasteurizados, cocinar a temperaturas adecuadas, y limpiar e higienizar superficies.

Los cambios en las poblaciones, en los estilos de vida de los consumidores y en las preferencias alimentarias han modificado la formulación, manufactura y distribución de los productos. Estos cambios, sumados a la habilidad que tienen los microorganismos para evolucionar rápidamente y adaptarse a su medio ambiente, presentan nuevos retos microbiológicos para todas las personas involucradas en la industria alimentaria.

**RECUERDA:**

Hay pocas bacterias gramnegativas que rivalizan con el alcance y la amplitud de las infecciones humanas por el género *Aeromonas*. Las aeromonas originan un gran número de enfermedades intestinales, extraintestinales y síndromes que van desde enfermedades relativamente leves, tales como gastroenteritis aguda, hasta enfermedades potencialmente letales como septicemia, fascitis necrosante y mionecrosis. El panorama de las enfermedades relacionadas con este género incluye problemas intraabdominales, enfermedades oculares, infecciones de huesos y articulaciones, y las afecciones aun menos frecuentes que implican los aparatos respiratorio y urogenital. En base a la frecuencia, las infecciones clínicas por *Aeromonas* se dividen en cuatro grandes categorías: 1) síndromes del aparato gastrointestinal, 2) heridas e infecciones de los tejidos blandos, 3) discrasias transmitidas por la sangre, y 4) una categoría "miscelánea" que incluye las dolencias y procesos infecciosos menos frecuentes.

9. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las ETA se pueden clasificar en infecciones, intoxicaciones y toxicoinfecciones.
- La infección es la presencia y multiplicación de microbios en los tejidos del hospedero, después de la ingestión de un producto contaminado. La respuesta del individuo a la infección es muy variable, depende de la interrelación de muchos factores propios y del agente, y oscilan desde enfermedades subclínicas hasta graves.
- El evento principal del cólera es una diarrea acuosa inodora, pero copiosa, con 20 a 30 deposiciones líquidas al día. En la disentería se observan fiebre y cólicos, seguidos de una diarrea dolorosa. En forma característica, las heces contienen agua, moco, pus y sangre. En la mayor parte de las infecciones por *Salmonella* se presenta un cuadro sistémico caracterizado por fiebre y malestar general. Además, puede haber hepatoesplenomegalia, roséola, lengua saburral, bradicardia y a veces estupor. La sintomatología de la infección por *Escherichia coli* incluye diarrea súbita, intensa y a menudo con sangre.
- En la campilobacteriosis se presenta diarrea, dolor abdominal, fiebre, cefalea, náuseas o vómito, o ambos. Las heces son líquidas, a menudo con sangre, olorosas, manchadas con bilis y secreción mucosa. En la listeriosis, los síntomas incluyen fiebre y escalofríos, dolor de cabeza, malestar estomacal y vómito. La infección por *Yersinia enterocolitica* se manifiesta por cuadros diarreicos. Esta diarrea se acompaña de febrícula y dolor abdominal. La enfermedad diarreica aguda por *Aeromonas hydrophila* se presenta con fiebre $< 38.5^{\circ}\text{C}$, deposiciones líquidas y vómito en los niños de corta edad.



Véase **Bibliografía** cap. 6 Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales

Véase **Actividades recomendadas** cap. 6 Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales

Véase **Autoevaluación** cap. 6 Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales

CAPÍTULO

7

ENFERMEDADES PARASITARIAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar las propiedades de los distintos parásitos patógenos intestinales.
- Diferenciar agentes causales de algunas enfermedades parasitarias por consumo de alimentos.

INTRODUCCIÓN

La palabra *parásito* se deriva del término griego *pará*, que significa “al lado”, y *sitos*, que se refiere a “alimento”. Esto quiere decir: un animal o planta que vive sobre o dentro un organismo, del cual obtiene sustancias nutritivas. La principal manifestación de las parasitosis intestinales es el síndrome diarreico, que se caracteriza por fiebre, náuseas, vómito, dolor abdominal y absorción intestinal deficiente. Se confirma su presencia al identificar quistes y larvas de protozoos o de huevecillos de helmintos en las heces. Para incrementar el rendimiento diagnóstico se utilizan técnicas de concentración de las heces y, en algunos casos, tinciones específicas.

Los parásitos, al igual que los virus, no se multiplican en los alimentos. No obstante, pueden utilizar estos últimos como vehículo para diseminarse e infectar a cientos de individuos. Según cálculos recientes, *Ascaris lumbricoides* infecta a 1 221 millones de personas, *Trichuris trichiura* a 795 millones y los anquilotomas a 740 millones. Asimismo, se informa que cada año hay entre 3 000 y 65 000 muertes por geohelmintosis, y 100 000 por amebosis. En el ámbito mundial, la prevalencia de las parasitosis intestinales oscila entre 31.2 y 50.7%. La prevalencia estimada de parasitosis por helmintos y protozoos en áreas endémicas es de alrededor de 85%. La incidencia es especialmente alta en regiones geográficas de climas cálidos y húmedos, donde existen condiciones higiénico-sanitarias deficientes que favorecen las distintas formas de transmisión.

1. Concepto de enfermedades parasitarias transmitidas por alimentos (EPTA)	94
2. <i>Giardia duodenalis</i>	94
3. <i>Entamoeba histolytica</i>	95
4. <i>Toxoplasma gondii</i>	97
5. <i>Taenia saginata</i>	99
6. <i>Taenia solium</i>	101
7. <i>Cysticercus cellulosae</i>	102
8. <i>Ascaris lumbricoides</i>	104
9. <i>Trichinella spiralis</i>	106
10. <i>Trichuris trichiura</i>	108
11. Prevención	110
12. Síntesis conceptual	110

1. CONCEPTO DE ENFERMEDADES PARASITARIAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (EPTA)

Las EPTA son aquellas afecciones originadas por la ingestión de alimentos o agua que contienen elementos parasitarios en cantidades que afectan la salud del consumidor, tanto a nivel individual como grupal.



IMPORTANTE:

EPTA. Son las enfermedades parasitarias transmitidas por alimentos.

2. GIARDIA DUODENALIS

Morfología y estructura

El trofozoíto de simetría bilateral tiene forma de pera, posee dos núcleos, cuatro pares de flagelos y un disco succionario en la mitad anterior de la superficie ventral. El quiste tiene forma ovalada, doble membrana, dos a cuatro núcleos y presencia de axostilo. El parásito mide de 11 a 18 μm .

Fuente de infección

La ingestión de alimentos y agua que contienen quistes provenientes de heces.

Sitio colonizado

Giardia suele ubicarse en la porción superior del intestino delgado del hospedero.



IMPORTANTE:

Giardia lamblia o *duodenalis*. Es un protozooario, flagelado, extracelular, anaerobio, binucleado y piriforme. Después de la ingesta del quiste presente en los alimentos, el parásito ocupa la porción superior del intestino delgado.

Ciclo biológico

Las etapas y transformaciones que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-1):

- **Ingestión.** La infección se inicia con el consumo de alimentos contaminados por quistes.

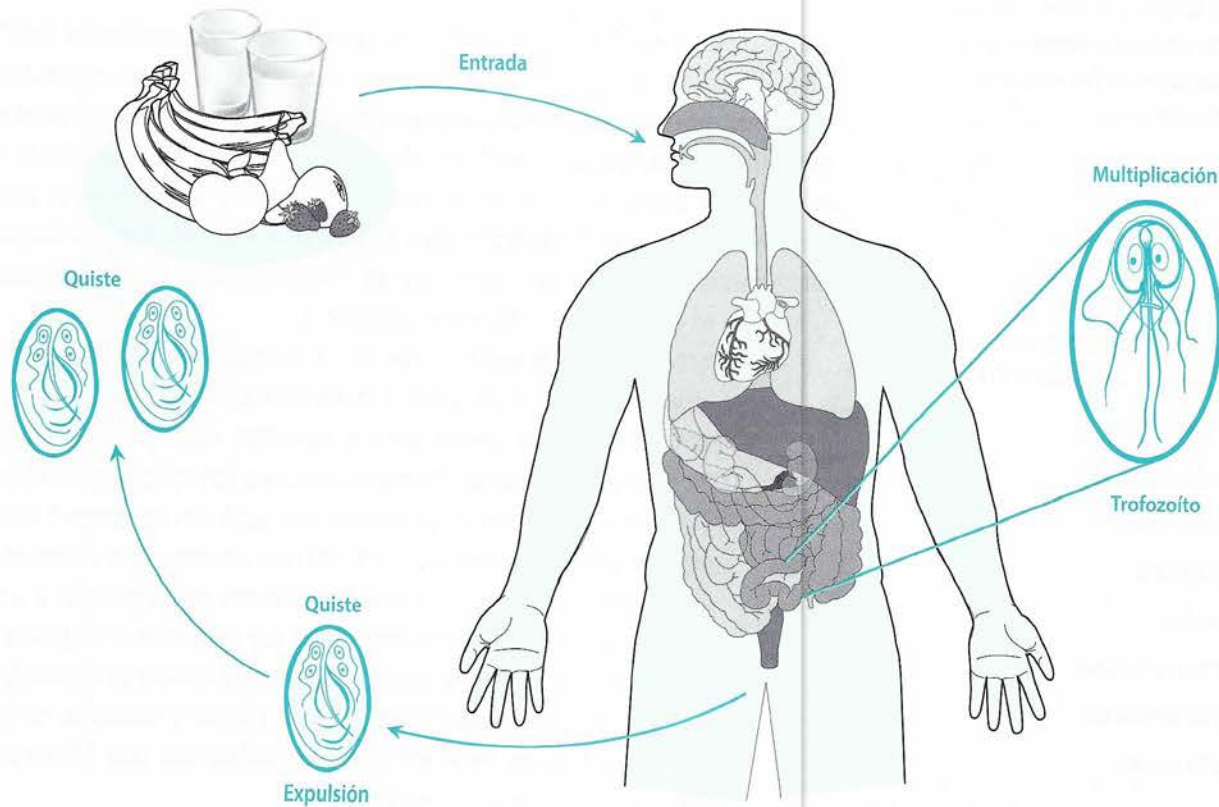


FIGURA 7-1. CICLO EVOLUTIVO DE *GIARDIA DUODENALIS*

- **Multiplicación.** Los parásitos se desenquistan por el contenido ácido del estómago para formar los trofozoítos, que proliferan en intestino delgado y vesícula.
- **Expulsión.** Al descender por la luz intestinal, algunos trofozoítos comienzan a enquistarse y son excretados con la materia fecal.

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. Después de su ingreso, los quistes se transforman en trofozoítos, para proliferar en intestino delgado. Los trofozoítos que descienden se enquistan y son excretados con las heces.

Enfermedad

La entidad se denomina *diarrea por flagelados*.

Periodo de incubación

Estos patógenos tienen un periodo de incubación de una a dos semanas.

Manifestaciones clínicas

Heces acuosas, grasosas, fétidas y voluminosas. Se pueden presentar trastornos gastrointestinales leves, malestar, debilidad, pérdida de peso, distensión, cólicos abdominales y flatulencia. Asimismo, hay déficit de absorción de lactosa, vitamina B₁₂ y ácido fólico. La infección es más frecuente en niños que en adultos.

Brote

En 1990, en la Unión Americana, hubo una epidemia en la cual enfermaron 25 personas de una compañía. Este brote se asoció al consumo de vegetales crudos partidos y preparados en la cafetería por un cocinero infectado con *Giardia lamblia*.

Tratamiento

Los medicamentos de elección son quinacina y metronidazol.

**IMPORTANTE:**

Diarrea por flagelados. Después de una incubación de dos semanas aparecen heces acuosas, grasosas, fétidas y voluminosas. Se pueden presentar trastornos gastrointestinales leves, malestar, debilidad, pérdida de peso, distensión, cólicos abdominales y flatulencia. Los medicamentos de elección son quinacina y metronidazol.

**RECUERDA:**

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Giardia duodenalis* son:

- **Daño directo.** El parásito tiene la capacidad de lesionar la mucosa intestinal a través de su adherencia por el disco succionario. Además, puede causar daño en el borde en cepillo de los enterocitos. La pérdida de la función de barrera es el resultado de la apoptosis inducida por *Giardia* sobre los enterocitos.
- **Variación antigénica.** La superficie del parásito puede sufrir diferenciación en sus proteínas, lo cual contribuye para evadir la respuesta inmunitaria del hospedero.
- **Productos secretados.** Los trofozoítos producen lectinas y proteinasas como la cisteín proteasa IgA1, que elimina la respuesta secretora local de IgA del individuo.
- **Daño inflamatorio.** La estimulación de una respuesta inmunitaria con liberación de citocinas e inflamación puede provocar lesión tisular.
- **Alteración digestiva.** Se observa absorción deficiente de carbohidratos debido a la reducción de actividad de las disacaridasas. La mala digestión se debe al acortamiento difuso de las microvellosidades de los enterocitos, ocasionado por linfocitos T activados.

3. ENTAMOEBA HISTOLYTICA**Morfología y estructura**

El trofozoíto tiene forma irregular por sus seudópodos que son digitiformes. Los quistes son formas redondas o ligeramente ovaladas. El parásito mide entre 15 y 60 µm.

Fuente de infección

La ingestión de alimentos y agua con quistes procedentes de heces.

Sitio colonizado

Entamoeba llega a ocupar la luz y paredes del intestino grueso del hospedero.

**IMPORTANTE:**

Entamoeba histolytica. Es un protozoo anaerobio con forma ameboide. Luego de la ingesta del quiste presente en los alimentos, el parásito ocupa la luz y paredes del intestino grueso.

Ciclo biológico

Las etapas que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-2):

- **Ingestión.** El individuo come quistes provenientes de agua o alimentos contaminados con materia fecal.
- **Multipliación.** En el intestino delgado ocurre desenquistación, división de los núcleos, segmentación citoplasmática y surgimiento de trofozoítos. Los trofozoítos colonizan el intestino grueso, donde se alimentan de bacterias y restos celulares.
- **Expulsión.** Los trofozoítos se enquistan para ser eliminados en las heces y completar el ciclo.



IMPORTANTE:

Ciclo de vida. Después de su ingreso, los quistes se transforman en trofozoítos, para expandirse en intestino grueso. Los trofozoítos que descienden se enquistan y son expulsados con las heces.

Enfermedad

La entidad producida por este agente se denomina *amebosis* (*amibiasis*) intestinal.

Periodo de incubación

Éste es de días a meses.

Manifestaciones clínicas

En la mayoría de los individuos infectados, *E. histolytica* es un huésped inofensivo en el intestino grueso. En la enfermedad menos aguda, los síntomas inician de manera gradual; se observan trastornos gastrointestinales variables, episodios de diarrea, cólicos abdominales, náuseas, vómito y pujo. Durante semanas se presentan malestar general, cólicos, pérdida del apetito y de peso. En la enfermedad grave hay dolor abdominal extremo, estreñimiento de carácter intermitente, disentería fulminante, deshidratación e incapacidad. La infección extraintestinal más común es la hepatitis amebiana. *E. histolytica* provoca las enfermedades sistémicas de mayor riesgo.

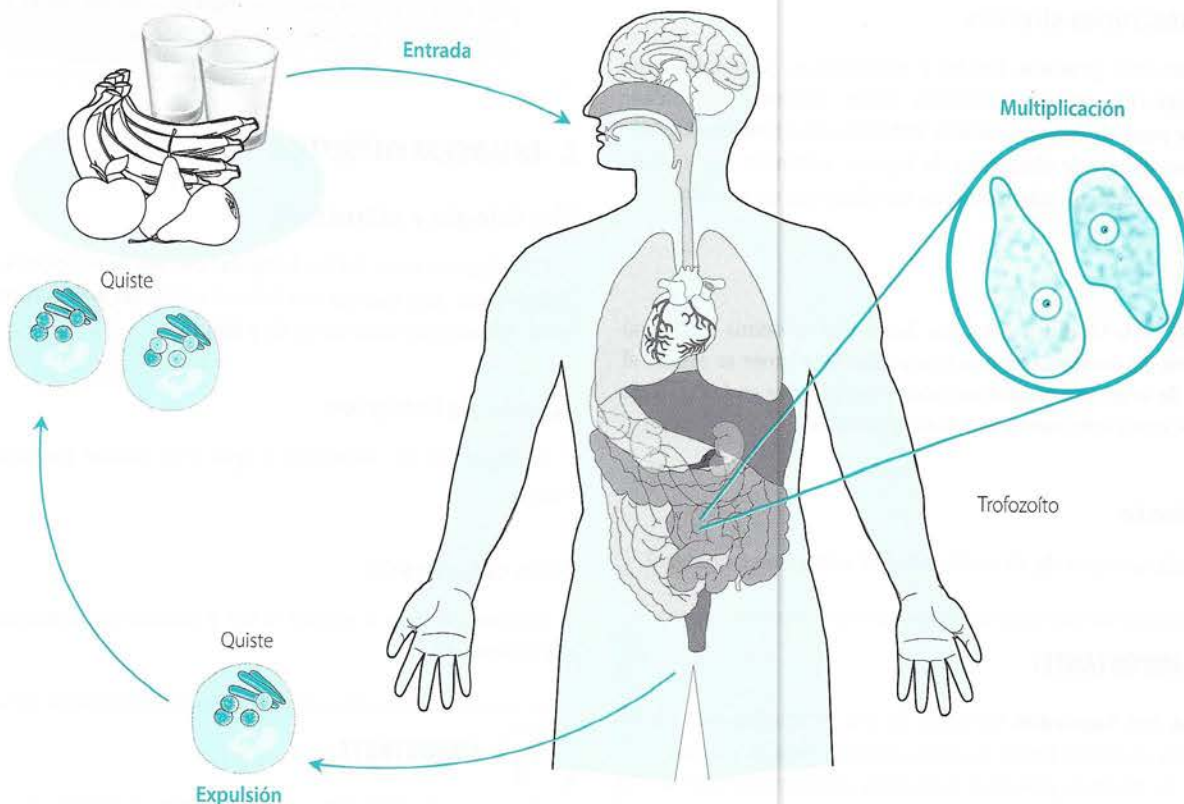


FIGURA 7-2. CICLO EVOLUTIVO DE ENTAMOEBA HISTOLYTICA

Brote

En 1998, se investigó una epidemia de abscesos hepáticos causados por *E. histolytica* en la República de Georgia. Entre julio y septiembre se identificaron 177 casos. El 71% de las personas que tenían absceso hepático presentó anticuerpos contra el parásito; mientras que sólo 21% de los pacientes diagnosticados con amebosis intestinal fue positivo serológicamente. Además, de 9 a 14% de los controles asintomáticos resultaron seropositivos. Los datos soportan la hipótesis de que el agua para beber fue la fuente de infección, ya sea por un inadecuado tratamiento municipal o por una contaminación en el sistema municipal de distribución del agua.

Tratamiento

Para tratar esta parasitosis se prescribe metronidazol, diodoquin, paramomicina, emetina y tinidazol.



IMPORTANTE:

Amebosis intestinal. Después de una incubación de días a meses, se observan trastornos gastrointestinales variables, episodios de diarrea, cólicos abdominales, náuseas, vómito y pujo. Luego se presenta malestar general, cólicos, pérdida del apetito y de peso. Los medicamentos de elección son metronidazol, diodoquin y tinidazol.

4. TOXOPLASMA GONDII

Morfología y estructura

El taquizoito de forma oval, con un extremo aguzado y el otro redondeado, es la forma sexual activa en el ser humano. Los bra-

dizoitos son morfológicamente semejantes a los taquizoitos; se mantienen latentes dentro de quistes tisulares. Los ooquistes esporulados son ovoides; contienen dos esporoquistes, cada uno con cuatro esporozoitos. El parásito mide entre 4 y 6 μm .

Fuente de infección

Se considera que el origen de la infección es el consumo de carne infectada con quistes, así como la ingesta de alimentos contaminados con ooquistes de heces de gato. La infección fetal se produce por el traspaso de *Toxoplasma* desde la madre hacia el producto a través de la placenta durante el transcurso del embarazo.

Sitio colonizado

El toxoplasma puede llegar a alcanzar todos los órganos del hospedero.



IMPORTANTE:

***Toxoplasma gondii*.** Es un parásito intracelular obligado, semeja un arco oval, que tiene membrana celular, núcleo y varios organelos. Después de su ingreso a través de carne infectada y comida contaminada con heces de gato, quistes y ooquistes se diseminan por todos los órganos.

Ciclo biológico

Las transformaciones que experimenta el parásito durante su maduración son (figura 7-3):

- **Infección en el hospedero definitivo.** Los gatos se infectan al ingerir carne contaminada con quistes tisulares u ooquistes



RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Entamoeba histolytica* son:

- **Adhesividad.** La interacción de *Entamoeba* con las células intestinales, gracias a una lectina que se une a la galactosa y a la N-acetilgalactosamina de la membrana celular, permite al parásito colonizar el intestino.
- **Invasividad.** Los trofozoitos tienen la capacidad de penetrar la mucosa intestinal y migrar hacia otros órganos, donde causan infecciones extraintestinales. En situaciones especiales, el trofozoito puede invadir mucosas directamente.
- **Factores de virulencia.** Las amebas producen proteinasas, lectinas y amebaporos. Los amebaporos son proteínas formadoras de poros, junto con las enzimas proteolíticas colagenasas y proteasas, y facilitan la invasión de los tejidos ya que permeabilizan la membrana de las células blanco. Los factores lipofosfopeptidoglucano, perioxirredoxina, arginasa, lisina y proteínas ricas en ácido glutámico también están implicados en la patogénesis de la amebosis.
- **Fagocitosis.** Los parásitos ingieren y digieren algunas células; por ejemplo, eritrocitos.
- **Acción mecánica.** El golpeteo constante de las amebas ocasiona disrupción de la mucosa. Los trofozoitos invaden la submucosa y se diseminan. Histopatológicamente, se demuestra necrosis y congestión vascular. Los parásitos invaden los pequeños vasos de la submucosa y a través de la vena mesentérica superior llegan al sistema portal del hígado, donde causan microémbolos e infartos.

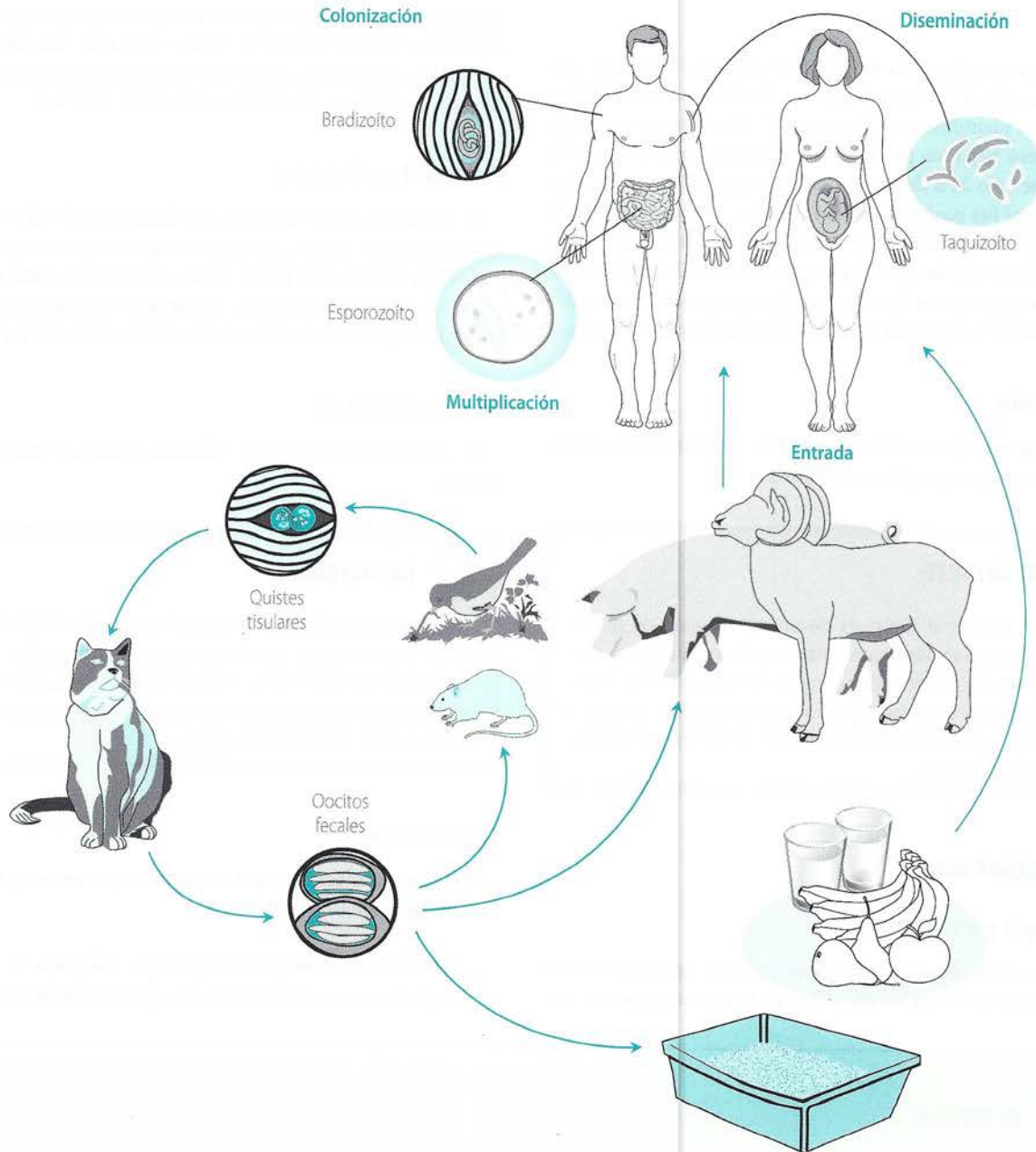


FIGURA 7-3. Ciclo de vida de *Toxoplasma gondii*.

procedentes de materia fecal. Los parásitos al ser ingeridos por un gato joven no inmunizado, se reproducen en el epitelio del intestino delgado, se convierten en esporozoitos, los cuales generan ooquistes inmaduros unicelulares que son liberados en la materia fecal.

- **Infección del hospedero intermediario.** Algunos animales de sangre caliente, tales como reces, corderos, ovejas, cerdos, cabras, conejos, pollos, caballos, pájaros y roedores, ingieren ooquistes presentes en alimentos, agua o tierra contaminada. Los parásitos se diseminan a través de la circulación sanguínea hacia distintos órganos y se diferencian en quistes tisulares.

• **Infección en el hombre:**

- **Ingestión.** El individuo ingiere quistes en carne infectada u ooquistes en comida contaminada con heces de gato.
- **Multiplicación.** Los parásitos penetran en las células epiteliales intestinales, se reproducen y convierten en esporozoitos.
- **Diseminación.** Los esporozoitos evolucionan a taquizoitos, que son liberados al torrente sanguíneo y se propagan por todo el cuerpo. Durante la primoinfección en el embarazo se produce transmisión transplacentaria.
- **Colonización.** Los taquizoitos maduran hacia bradizoitos dentro de la forma quística en músculo, nervios, miocardio, cerebro y ojo.

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. El hombre ingiere los quistes u ooquistes que se reproducen en el epitelio intestinal y se convierten en esporozoítos. Los esporozoítos evolucionan a taquizoítos para propagarse por todo el cuerpo; maduran hacia bradizoítos en músculo, nervios, miocardio, cerebro y ojo.

Enfermedad

La enfermedad originada por este parásito se llama *toxoplasmosis*.

Periodo de incubación

La incubación toma de una a dos semanas.

Manifestaciones clínicas

En 90% de los casos, la infección es asintomática. En la infección aguda se presenta linfadenitis cervical y occipital moderada, mal estado general; en ocasiones, se incluye linfadenopatías supraclavicular e inguinal, fiebre moderada, dolor de garganta, mialgias y cefalea. Además, puede haber dolor abdominal, náuseas, vómito y pérdida de apetito. En los ganglios linfáticos puede ocurrir una infección de baja intensidad que recuerda a la mononucleosis infecciosa. *La infección congénita es causa de mortinato, coriorretinitis, trastornos psicomotores, calcificaciones intracraneales, convulsiones e hidrocefalia.* Suele observarse síndrome febril y resfrío. Se favorece la formación de hematomas. En muchas ocasiones, las infecciones permanecen asintomáticas.

Brote

En Corea se presentaron dos epidemias de toxoplasmosis aguda relacionadas con la ingesta de carne de cerdo sin cocer. En el primer brote, tres pacientes desarrollaron coriorretinitis tres meses después del consumo de hígado y bazo de un cerdo salvaje. En el

segundo brote, cinco soldados que comieron un platillo a base de hígado crudo de un lechón doméstico, presentaron linfadenopatía. Los ocho pacientes tenían valores altos de IgG anti-*Toxoplasma gondii*. Además, las IgM antitoxoplasma persistieron durante algunos meses. La mayoría de estos enfermos tuvo una respuesta favorable al tratamiento con pirimetamina y sulfanomidas.

Tratamiento

Se suele prescribir pirimetamina con trisulfapirimidina, y espiamicina o sulfadiacina con pirimetamina.

**IMPORTANTE:**

Toxoplasmosis. Después de una incubación de dos semanas se puede presentar inflamación de los ganglios linfáticos en cabeza y cuello, cefalea, fiebre, enfermedad leve semejante a la mononucleosis, mialgias y dolor de garganta. Para el tratamiento se prescribe pirimetamina con trisulfapirimidina.

5. TAENIA SAGINATA**Morfología y estructura**

Es un gusano plano. El escólex de 1 a 2 mm de diámetro en forma piriforme tiene cuatro ventosas, que le sirven de órgano de fijación al intestino; sin embargo, está desprovisto de róstelo y de ganchos, por ello se considera una tenia inerte. *Taenia* alcanza la madurez sexual únicamente en el hombre. Por lo general se encuentra sólo un gusano en el individuo parasitado. El huevecillo contiene un embrión rodeado por una envoltura gruesa, café claro, esférica o semiesférica y estriada. El parásito mide de 4 a 8 metros.

Fuente de infección

La ingestión de carne de res contaminada con quistes se considera la fuente de la enfermedad.

**RECUERDA:**

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Toxoplasma gondii* son:

- Multiplicación intracelular. La reproducción de los taquizoítos dentro de las células causa necrosis.
- Daño inflamatorio. Cuando se rompe un quiste en los tejidos, libera un gran número de bradizoítos y una reacción de hipersensibilidad local puede causar inflamación, oclusión de los vasos sanguíneos y muerte celular cerca del quiste dañado.
- Invasividad. Los parásitos se diseminan por vía hemática o linfática, en forma directa o transportados por macrófagos, linfocitos y granulocitos.
- Mimetismo molecular. *Toxoplasma* es captado por el macrófago, pero debido a su capacidad de enmascaramiento antigénico no es reconocido por el sistema inmunitario y se establece en los tejidos celulares en su forma pasiva de bradizoíto.
- Productos secretados. La liberación de la proteína SAG-1 modula la respuesta inmunitaria.

Sitio colonizado

Taenia saginata ocupa el intestino delgado del hospedero.



IMPORTANTE:

Taenia saginata. Es un gusano plano, cuyo escólex tiene cuatro ventosas y no posee róstelo, ni ganchos. El hombre se infecta por el consumo de carne de res enquistada; la larva se libera en el aparato digestivo, donde llega a medir 12 m de largo.

Ciclo biológico

Las etapas y transformaciones que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-4):

• Infección en el hombre:

- Ingestión. Consumo de carne enquistada.
- Colonización. Liberación de la larva en aparato digestivo.
- Expulsión. Diariamente se pueden eliminar alrededor de 750 mil huevecillos, solos o junto con proglótides a través de las heces.

- Infección en el hospedero secundario. La vaca ingiere comida, agua o tierra contaminada con huevecillos. El embrión se libera, se dirige al tejido muscular y se convierte en larva.



IMPORTANTE:

Ciclo de vida. El quiste es ingerido por el hombre; se convierte en gusano en el aparato digestivo, para liberar huevecillos y proglótides a través de las heces. Los bovinos tragan los huevecillos; el embrión se convierte en larva en el tejido muscular.

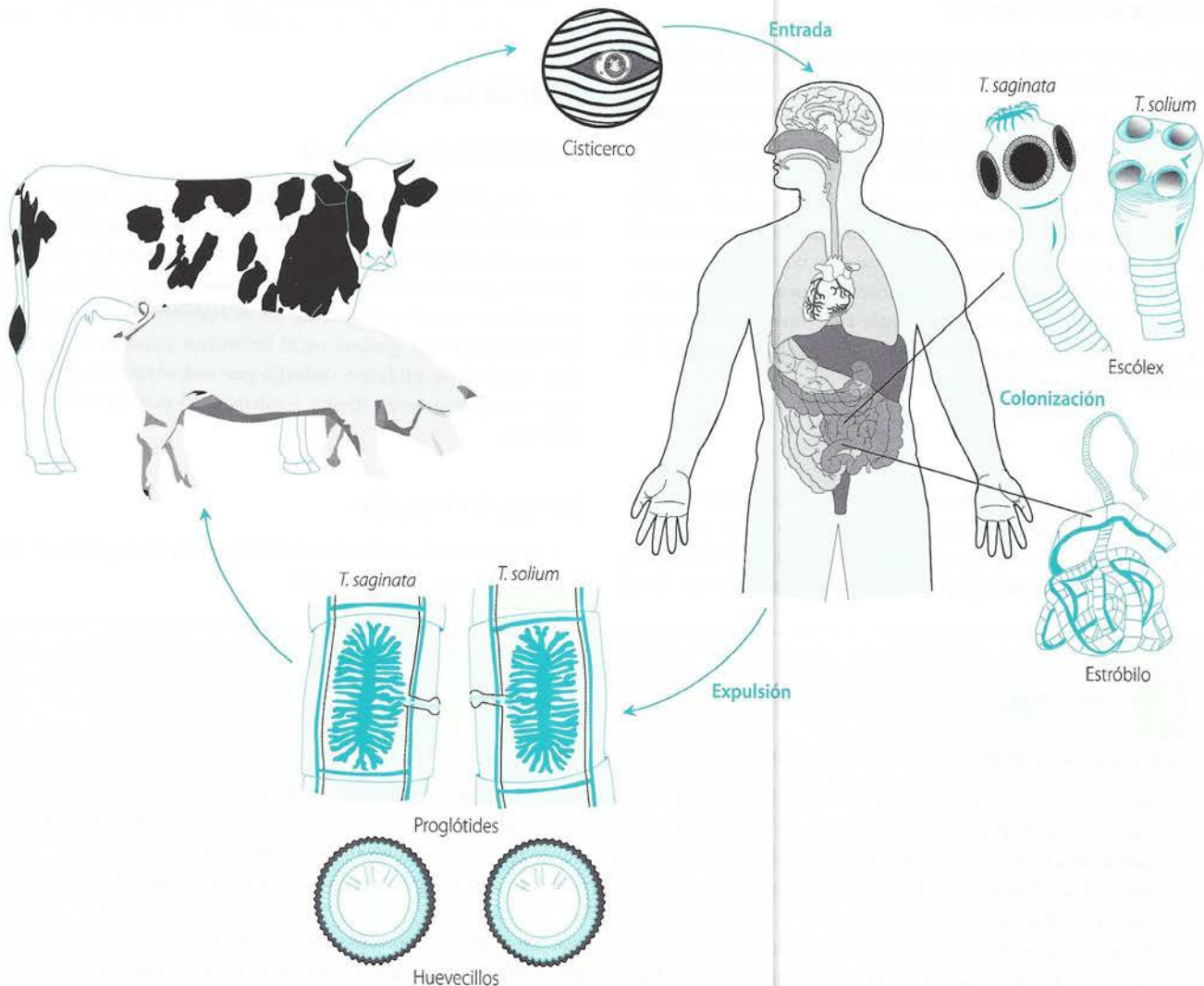


FIGURA 7-4. CICLO EVOLUTIVO DE *TAENIA SAGINATA* Y *TAENIA SOLIUM*

Enfermedad

La entidad se llama *teniosis*. Tenia del ganado vacuno o inermé (sin garras).

Periodo de incubación

Éste es de semanas a meses.

Manifestaciones clínicas

Se produce un cuadro clínico poco característico, usualmente asintomático, pero en algunos casos puede haber diarrea, dolor abdominal y pérdida de peso. *Los síntomas típicos de teniosis son malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa.* En algunos casos, la eliminación de proglótides por las heces es perceptible. En casos inusuales, los segmentos se pueden alojar en el apéndice, páncreas y vesícula biliar.

Brote

En la India, en un hospital, se presentó una joven de 25 años de edad con dolor abdominal, vómito y fiebre. Luego de la exploración se apreció un nudo epigástrico. En la laparoscopia se diagnosticó yejunitis abdominal aguda. Después de tres días de la operación, la mujer vomitó una *T. saginata* de 2 metros. Ésta es una forma rara de expulsión del parásito.

Tratamiento

Se prescribe niclosamida, quinacrina, paromomicina, praziquantel, niclosamida o laxante salino.



IMPORTANTE:

Teniosis, tenia del ganado vacuno o inermé. Luego de una incubación de semanas a meses se manifiesta malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa. Para el tratamiento se utiliza niclosamida, quinacrina o laxante salino.

6. TAENIA SOLIUM

Este parásito puede causar dos tipos de infecciones en el hombre: una producida por el gusano adulto (teniosis intestinal), y otra durante la etapa larvaria, que puede afectar cualquier órgano (cisticercosis).

Morfología y estructura

Es un gusano plano. El escólex es globuloso, tiene cuatro ventosas y un róstelo con una doble corona de ganchos, por lo que se considera una tenia armada. La presencia y persistencia de un solo parásito en el individuo afectado se deben a que es un hermafrodita. El huevecillo contiene un embrión hexacanto rodeado por una envoltura gruesa, café claro, esférica o semiesférica y estriada. El parásito alcanza a medir hasta 7 metros.

Fuente de infección

La infección por la etapa adulta es estrictamente una enfermedad intestinal humana, transmitida por la ingestión de la etapa larvaria del gusano enquistado (cisticerco), a partir de la carne de cerdo, que entonces madura en gusano adulto.

Sitio colonizado

Taenia solium ocupa el intestino delgado del hospedero.



IMPORTANTE:

Taenia saginata. Es un gusano plano, cuyo escólex tiene cuatro ventosas y posee un róstelo, con ganchos. El hombre se infecta por el consumo de carne de cerdo enquistada; la larva se libera en el aparato digestivo, donde llega a medir 7 m de largo.

Ciclo biológico

Las etapas que experimenta el parásito durante su crecimiento son (figura 7-4):



RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Taenia saginata* son:

- Adhesividad. La fijación en la pared intestinal ocasiona lesión irritativa de la mucosa.
- Productos secretados. Los desechos metabólicos tóxicos liberados por el helminto, son absorbidos por la pared intestinal; causan cefalea, estreñimiento, diarrea y anorexia, entre otros síntomas.
- Motilidad. El movimiento espontáneo del parásito a través del ano provoca trastorno emocional.
- Acción mecánica. Los parásitos pueden causar obstrucción intestinal.

- **Infección en el hombre:**
 - Ingestión. El hombre consume carne enquistada.
 - Colonización. La larva se libera en el aparato digestivo.
 - Expulsión. Un individuo parasitado puede eliminar diariamente alrededor de 250 000 huevecillos con o sin proglótides.
- **Infección en el hospedero secundario.** El cerdo ingiere comida, agua o tierra contaminada con huevecillos. El embrión se libera, se dirige al tejido muscular y se convierte en larva.

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. El quiste es ingerido por el hombre, se convierte en gusano en el aparato digestivo, para liberar huevecillos y proglótides a través de las heces. Los porcinos tragan los huevecillos; se libera el embrión que se convierte en larva en el tejido muscular.

Enfermedad

Se llama *teniosis*. Tenia del puerco o armada.

Periodo de incubación

Es de semanas a meses.

Manifestaciones clínicas

La infección a menudo es asintomática, por lo que el individuo no recurre al médico y permanece con la enfermedad durante años. Los síntomas pueden ser moderados cuando se presentan; es frecuente la eliminación de proglótides con o sin las heces. Otros malestares que se suelen mostrar son dolor abdominal, náuseas, pérdida de peso, incremento del apetito, cefalea, estreñimiento, vértigo, diarrea, prurito anal, dolor muscular, debilidad y fiebre.

Brote

Se investigó la presencia de *Taenia solium* en una comunidad rural del estado de Hidalgo (México). De las 144 personas estudiadas, en cuatro se encontraron huevecillos de *Taenia*; siete fueron positivas en el estudio serológico y 10 dieron antecedentes médicos que sugerían neurocisticercosis. Además, 25% de los cerdos tenía cisticercos visibles debajo de la superficie de sus lenguas. La distribución amontonada de los cerdos infectados, los portadores del gusano y las personas con evidencia serológica o clínica sugieren una transmisión intrafamiliar de la cisticercosis.

Tratamiento

Se puede prescribir quinacrina, diclosamina, paromomicina, praziquantel, niclosamida o laxante salino.

**IMPORTANTE:**

Teniosis, tenia del puerco o armada. La infección a menudo es asintomática. Los malestares que se suelen mostrar son dolor abdominal, náuseas, pérdida de peso, incremento del apetito, cefalea, estreñimiento, vértigo, diarrea, prurito anal, dolor muscular, debilidad y fiebre. Es frecuente la eliminación de proglótides con o sin las heces. Para el tratamiento se utiliza quinacrina, diclosamina, paromomicina o laxante salino.

**RECUERDA:**

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Taenia solium* son:

- **Adhesividad.** La fijación en la pared intestinal mediante sus ventosas y ganchos causa una lesión irritativa de la mucosa.
- **Acción mecánica.** Los gusanos pueden provocar obstrucción intestinal.
- **Daño inflamatorio.** El patógeno *Taenia* ocasiona leve grado de inflamación en la mucosa.

7. CYSTICERCUS CELLULOSAE

El hombre puede ser hospedero definitivo e intermediario de *T. solium* y, por ende, llega a albergar tanto al verme adulto como al quiste. Las infecciones causadas por la etapa larvaria pueden ocurrir en cerdos o en personas y son transmitidas por huevecillos a través del excremento humano.

Morfología y estructura

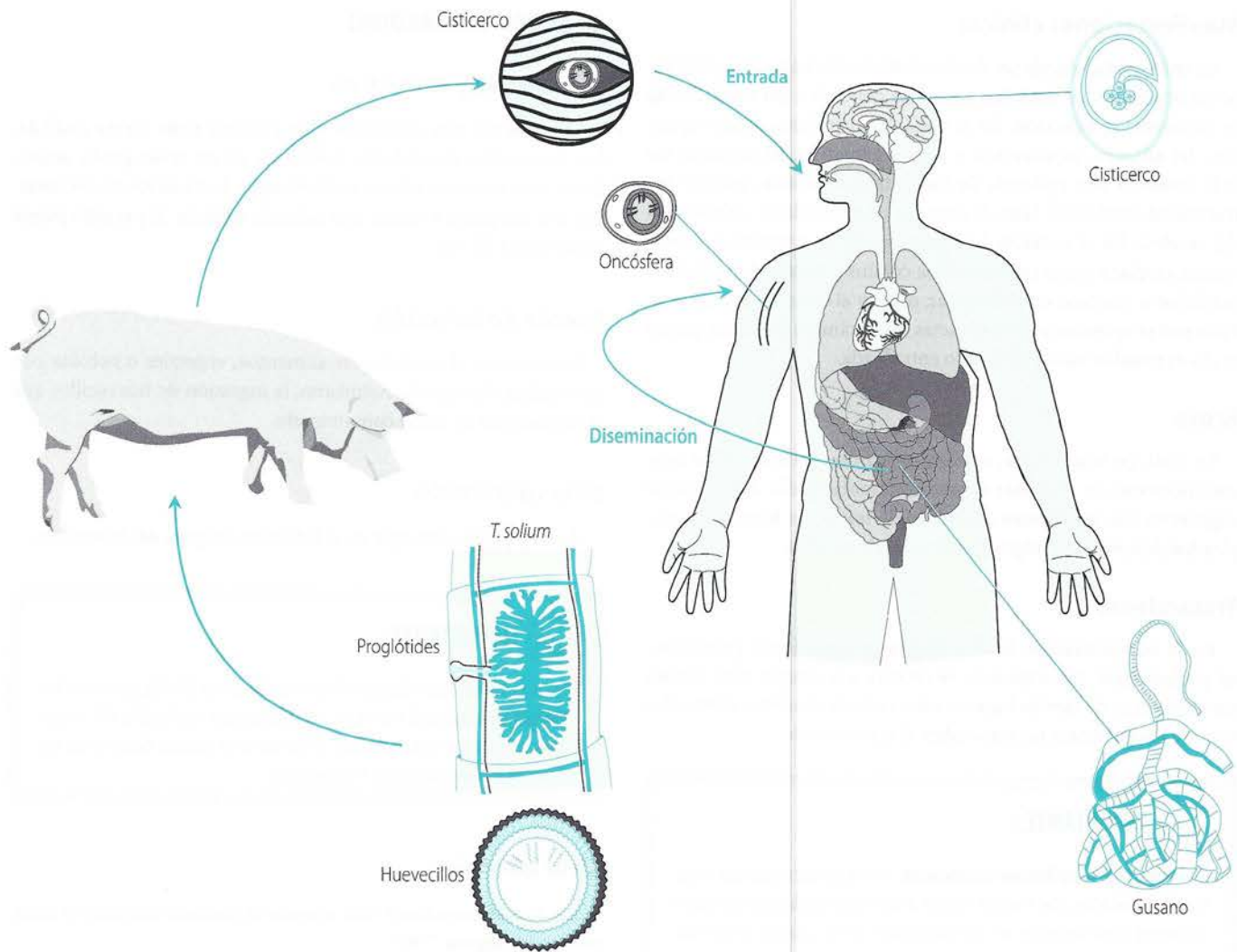
La fase larvaria de *T. solium* se denomina *Cysticercus cellulosae*. El cisticerco está formado por una vesícula ovalada y translúcida llena de líquido de 0.5 a 2 cm de diámetro, con un pequeño escólex invaginado. Al igual que la tenia adulta, el escólex del cisticerco posee cuatro ventosas y un róstelo armado con dos hileras de ganchos. El parásito llega a medir hasta 5 cm.

Fuente de infección

La ingestión de alimentos contaminados con quistes procedentes de heces y la regurgitación de huevecillos del parásito son las fuentes comunes.

Sitio colonizado

El cisticerco puede invadir músculo esquelético, ojos, cerebro y tejido subcutáneo del hospedero.

FIGURA 7-5. CICLO EVOLUTIVO DE *CYSTICERCUS CELLULOSAE***IMPORTANTE:**

Cysticercus cellulosae. Está formado por una vesícula ovalada y translúcida llena de líquido, con un pequeño escólex invaginado. El hombre se infecta a través del consumo de quistes en los alimentos, o la regurgitación de huevecillos. Posteriormente, la larva se aloja en el músculo, ojo y cerebro.

Ciclo biológico

Las fases de conversión que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-5):

- **Ingestión.** El hombre consume huevecillos que, debido a la acción de enzimas y sales biliares del tubo digestivo, se rompen y eclosionan.
- **Diseminación.** Las larvas atraviesan la pared intestinal y llegan a los vasos sanguíneos.

- **Colonización.** Las oncosferas o embriones hexacanto llegan a los tejidos y se transforman en cisticercos.

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. Al ingerir el hombre los huevecillos, éstos se rompen y eclosionan. Las larvas atraviesan la pared intestinal y, al llegar a los tejidos, se transforman en cisticercos.

Enfermedad

La enfermedad por este patógeno se llama *cisticercosis* o *epilepsia verminosa*.

Periodo de incubación

Éste es variable, desde meses hasta años.

Manifestaciones clínicas

La enfermedad puede ser desde asintomática hasta incapacitante; en ocasiones, es letal. Los síntomas dependen del lugar donde se encuentra la infección. En el SNC, las manifestaciones dependen del número, localización y estado evolutivo del parásito; las más comunes son epilepsia de inicio tardío, cefalea, presión intracraneal, confusión, falta de atención, desequilibrio e hinchazón del cerebro. En el corazón, hay ritmo cardíaco anormal o insuficiencia cardíaca (poco común). En la columna vertebral se presenta debilidad o cambios en el caminar, debido al daño en los nervios. En la piel se aprecian protuberancias subcutáneas; mientras que en el ojo es usual la visión borrosa o enturbiada.

Brote

En 1991, en Nueva York, se diagnosticaron cuatro casos de neurocisticercosis en personas de una comunidad judía. Los estudios sugirieron que las fuentes probables de infección fueron los empleados domésticos emigrantes de América Latina.

Tratamiento

En la administración farmacológica se consideran praziquantel y albendazol. En ocasiones, se recurre a la cirugía para extraer los cisticercos de ciertos lugares, para reducir el edema cerebral, o cuando los pacientes no responden al tratamiento.



IMPORTANTE:

Cisticercosis o epilepsia verminosa. Tiene un periodo de incubación variable, de meses hasta años. Los parásitos frecuentemente permanecen en los músculos y no causan síntomas. La enfermedad en el cerebro origina convulsiones o síntomas similares a los de un tumor cerebral. En los ojos, hay deficiencia en la visión o ceguera. Se prescriben praziquantel y albendazol.

8. ASCARIS LUMBRICOIDES

Morfología y estructura

Los gusanos son cilíndricos y su cutícula tiene forma anillada. Los huevecillos fecundados suelen ser de un color pardo amarillento, con cubierta gruesa mamelonada. Los huevos no fecundados son alargados y tienen una cubierta delgada. El parásito puede medir hasta 35 cm.

Fuente de infección

Esta incluye el consumo de alimentos, vegetales o bebidas con huevecillos de *Ascaris*. Asimismo, la ingestión de huevecillos que se encuentran en suelo contaminado.

Sitio colonizado

Ascaris puede irrumpir en el intestino delgado del hospedero.



IMPORTANTE:

Ascaris. Es un nemátodo cilíndrico, de color blanquecino amarillento o rosado. El hombre se infecta por la ingesta de vegetales o tierra con huevecillos. El gusano se puede desarrollar en el intestino delgado del hospedero.

Ciclo biológico

Las transformaciones que soporta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-6):

- **Ingestión.** El hombre consume huevecillos embrionados.
- **Colonización.** El parásito atraviesa la pared del intestino delgado y llega por vía sanguínea a hígado, corazón y pulmones.



RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Cysticercus cellulosae* son:

- **Secuestro.** Las larvas de *Taenia solium* se alojan en tejidos del hospedero y forman cisticercos. El sitio en que ellos se instalan, la naturaleza de encapsulamiento y su relación con el hospedero pueden contribuir a la evasión del ataque inmunitario.
- **Productos secretados.** Los cisticercos liberan los antígenos proteínicos paramiosina y teniaestatina, que inactivan al sistema del complemento.
- **Variación antigénica.** A medida que los parásitos se desarrollan, pueden presentar cambios en los antígenos durante los diferentes estadios de su ciclo de vida.
- **Daño inflamatorio.** La presencia de una larva viva e intacta provoca una reacción celular local, con infiltración de células inflamatorias, por ejemplo: neutrófilos, eosinófilos, linfocitos, células plasmáticas o células gigantes, seguida de fibrosis y necrosis de la cápsula; todo esto se calcifica al final.
- **Hipersensibilidad.** Al morir los quistes del cisticercos, hay una reacción inflamatoria tipo cuerpo extraño con células gigantes y engrosamiento de la pared del quiste, la cual forma un granuloma. La reacción celular pronunciada origina secuelas graves o letales, cuando se encuentra en órganos vitales.

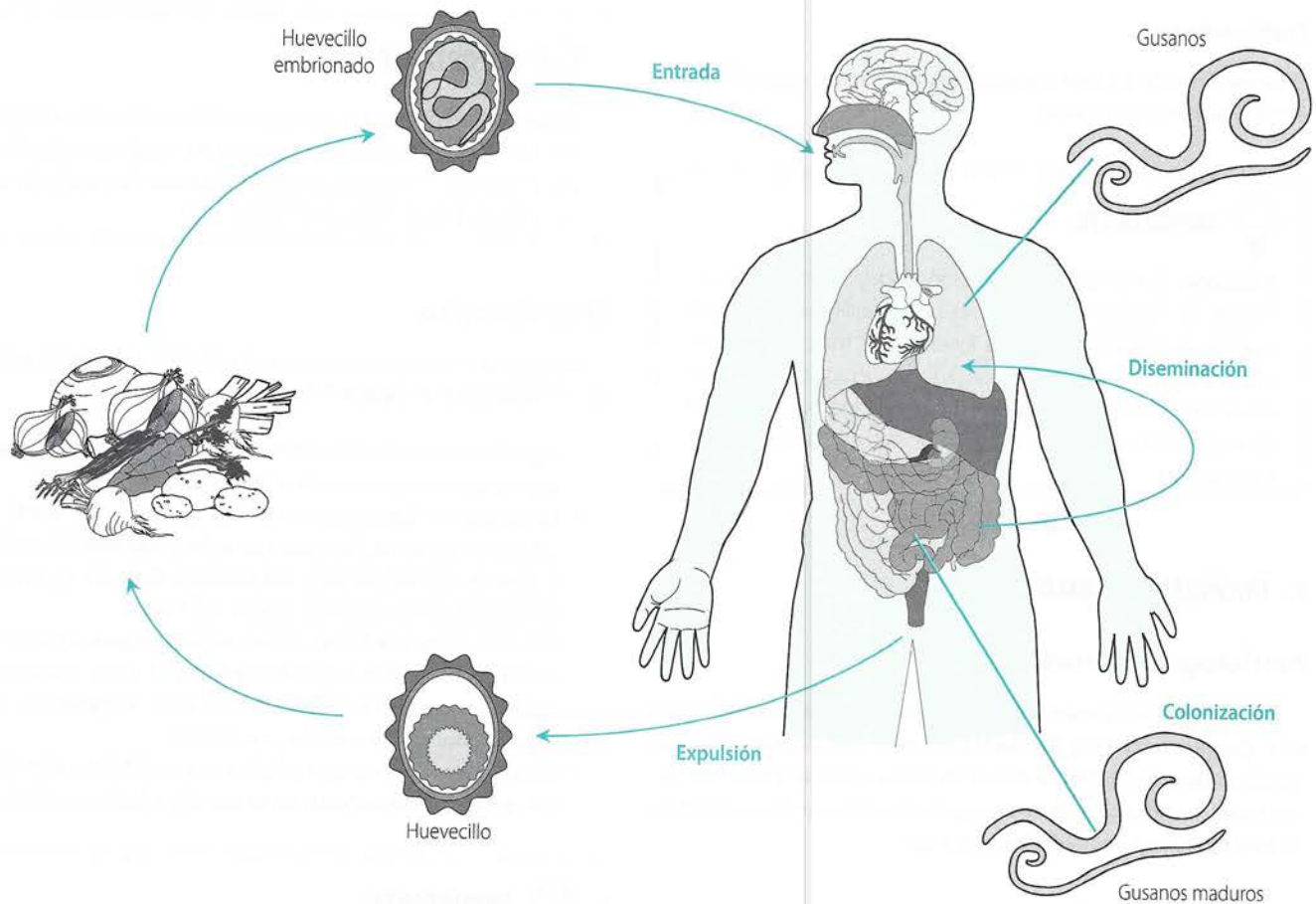


FIGURA 7-6. CICLO EVOLUTIVO DE *ASCARIS LUMBRICOIDES*

El embrión asciende por la laringe y es deglutido para volver al intestino delgado, donde madura.

- **Diseminación.** Los gusanos pueden pasar hacia las vías biliares y pancreáticas, y el peritoneo.
- **Expulsión.** Los huevecillos se eliminan a través de la materia fecal. La hembra pone unos 200 000 huevos por día.



IMPORTANTE:

Ciclo de vida. El hombre consume huevecillos, los embriones atraviesan el intestino delgado y llegan a hígado, corazón y pulmones. Luego ascienden por la laringe y son deglutidos para volver al intestino delgado, donde maduran. Los huevecillos son eliminados con la materia fecal.

Enfermedad

La entidad que originan estos patógenos se denomina *ascariosis*.

Periodo de incubación

Éste es variable, de cuatro a ocho semanas.

Manifestaciones clínicas

A pesar de las dimensiones del parásito, las molestias en el aparato digestivo son escasas (p. ej., trastornos abdominales vagos); pero se pueden presentar complicaciones respiratorias originadas por el paso de las larvas a través del pulmón. *Los síntomas parten desde simples accesos de tos hasta tos tipo asmática, respiración jadeante, fiebre, marcada eosinofilia y hemoptisis.* En parasitosis masiva está descrito el ovillo ascariano y la expoliación nutricional. La migración del parásito hacia vías biliares provoca una irritación que puede empeorar, tanto por las excretas del individuo como por la infección bacteriana asociada, originando un dolor agudo e inflamación extrema del abdomen. El malestar puede incluso provocar espasmo del esfínter de Oddi, con obstrucción biliar parcial, calcificaciones, litiasis, estenosis, fibrosis, colecistitis acalculosa, colangitis o abscesos hepáticos. El vómito y las náuseas son frecuentes.

Brote

En Italia, se informó que un niño de tres años de edad con *Ascaris lumbricoides* presentó desnutrición grave como una complicación de la infección. Los niños infectados pueden sufrir carencias nutricionales, enfermedad grave y, ocasionalmente, la muerte.

Tratamiento

La medicación incluye mebendazol, piperacina, oxantel, albendazol o pamoato de pirantel.



IMPORTANTE:

Ascariosis. El tiempo de incubación es de cuatro a ocho semanas. En muchas ocasiones no hay manifestaciones, pero cuando se presentan pueden incluir expectoración hemoptoica, tos, fiebre leve, respiración jadeante, erupción en la piel, dolor abdominal, sibilancias y expulsión de lombrices a través de boca, nariz o heces. La medicación incluye mebendazol, y piperacina.

9. TRICHINELLA SPIRALIS

Morfología y estructura

Es un nemátodo dioico pequeño y filiforme. Los machos tienen dos apéndices caudales lobulados sin espículas copulatrices. Las hembras tienen el extremo posterior romo y redondeado. Las larvas recién nacidas poseen un agregado de células, pero no órganos. El parásito alcanza a medir hasta 0.4 cm.

Fuente de infección

La ingestión de carne de puerco u oso con larvas enquistadas.

Sitio colonizado

Los parásitos adultos alcanzan la pared intestinal, mientras que los quistes llegan al músculo estriado del hospedero.



IMPORTANTE:

Trichinella spiralis. Es un nemátodo dioico pequeño y filiforme. Las larvas enquistadas en la carne de cerdo son ingeridas por el hombre. Los parásitos adultos alcanzan la pared intestinal, y los quistes el músculo estriado.

Ciclo biológico

Las etapas y transformaciones que presenta el parásito durante su crecimiento, son (figura 7-7):

- **Ingestión.** Los seres humanos son hospederos circunstanciales, consumen carne cruda o poco cocida con larvas.
- **Colonización.** La exposición al jugo gástrico provoca la liberación de las larvas, las cuales invaden el epitelio columnar en la base de las vellosidades del intestino delgado, en donde se desarrollan hasta el estado adulto del verme.
- **Diseminación.** Las larvas recién nacidas migran a través de la circulación sanguínea y linfática hasta el tejido muscular. El embrión penetra las células del músculo esquelético, se enquista, aumenta de tamaño y se enrolla.
- **Eliminación.** Los vermes adultos son expulsados con las heces, pero pueden persistir en el intestino durante semanas.



IMPORTANTE:

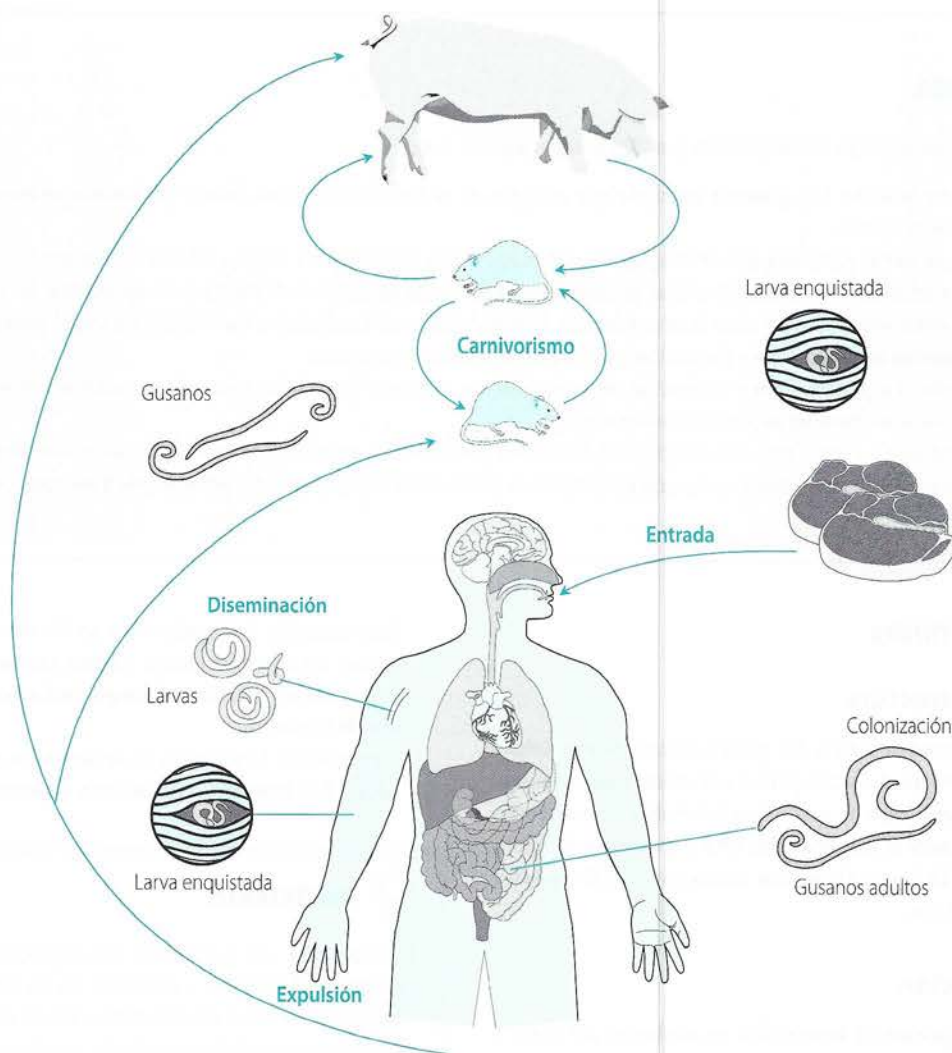
Ciclo de vida. Las larvas enquistadas son ingeridas, se liberan e invaden el intestino delgado, en donde se transforman en vermes. Las larvas recién nacidas migran hasta el tejido muscular. El embrión penetra en el músculo esquelético, se enquista, crece y enrolla. Los gusanos adultos son expulsados con las heces.



RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Ascaris lumbricoides* son:

- **Productos secretados.** Se han aislado péptidos proteolíticos, que protegen a *Ascaris* contra la digestión enzimática intestinal. La actividad incrementada de glucuronidasa de los parásitos y de las bacterias coliformes desconjuga la bilirrubina, ayuda a la formación de litos de pigmento, lo que ocasiona taponamiento y necrosis ductal en los casos graves.
- **Alteración digestiva.** El gusano se nutre de alimentos digeridos y detritos celulares. Asimismo, puede causar anomalías en la mucosa como disminución y acortamiento de las vellosidades, alargamiento de las criptas e infiltración de la lámina propia; esto interfiere con la digestión del ser humano.
- **Reacción alérgica.** *Ascaris lumbricoides* posee potentes antígenos que causan inflamación asociada a eosinofilia tisular periférica, lo que provoca una respuesta atópica mediada por IgE.
- **Migración.** La emigración de larvas a través de los pulmones provoca una reacción alérgica conocida como *síndrome de Loeffler* o *neumonitis por Ascaris*. En la mayor parte de las veces, la enfermedad presenta tos seca, cierta dificultad respiratoria, cansancio y aumento de temperatura que no llega a ser fiebre.
- **Acción mecánica.** Los gusanos forman marañas que pueden causar obstrucción intestinal, biliar o pancreática.

FIGURA 7-7. CICLO EVOLUTIVO DE *TRICHINELLA SPIRALIS*

Enfermedad

La enfermedad causada por este parásito se denomina *triquinosis*.

Periodo de incubación

Éste dura de 3 a 45 días.

Manifestaciones clínicas

La sintomatología principal incluye miositis, mialgias, edema palpebral, fiebre y eosinofilia. Durante la etapa intestinal se observa malestar abdominal, náuseas, vómito, diarrea, sudoración y cólicos. En casos extremos se presenta muerte debido a la descompensación cardíaca o insuficiencia respiratoria, cianosis y coma.

Brote

En 1998, en Canadá, hubo una epidemia de triquinosis. El brote se asoció al consumo de carne de oso obtenida por un cazador. De

las 15 personas que asistieron a una cena, siete ingirieron hamburguesas de oso cocidas en un horno de microondas, y desarrollaron la infección por *Trichinella*. El inadecuado cocimiento de la carne repercutió en la transmisión de triquinas vivas.

Tratamiento

La terapéutica medicamentosa contempla tiabendazol, albendazol, y esteroides si la enfermedad es grave.



IMPORTANTE:

Triquinosis. La incubación dura de 3 a 45 días. La sintomatología principal incluye miositis, mialgias, edema palpebral, fiebre y eosinofilia. Durante la etapa intestinal se puede observar malestar abdominal, náuseas, vómito, diarrea, sudoración y cólicos. Se puede administrar tiabendazol, albendazol, y esteroides si el estado es grave.

**RECUERDA:**

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Trichinella spiralis*, son:

- Penetración en mucosa. Los gusanos hembras que emigran en el epitelio intestinal, hacen que los hospederos reaccionen contra sus propios residuos.
- Migración. Las larvas juveniles que se desplazan, dañan los vasos sanguíneos y causan edema localizado.
- Productos secretados. *Trichinella* libera las proteínas apirasa, 5'-nucleotidasa y deaminasa de adenosina, las cuales constituyen una cascada enzimática que cataliza la degradación de nucleótidos extracelulares, que tienen un papel potencial en la regulación de respuestas inflamatorias e inmunitarias durante el proceso infeccioso.
- Enquistamiento. La penetración y formación de quistes de las larvas en las células musculares ocasiona dolor muscular, inflamación de músculos maseteros y otros trastornos.
- Daño inflamatorio. La larva provoca infiltración de células eosinófilas en el foco inflamatorio, las cuales degranulan y causan la muerte del parásito; sin embargo, cuando el número de eosinófilos es muy grande, éstos pueden ser tóxicos para el tejido del hospedero.

10. TRICHURIS TRICHIURA**Morfología y estructura**

El gusano tiene forma de látigo, 3/5 partes anteriores son delgadas, con esófago arrosariado, y 2/5 partes posteriores son gruesas. El macho es ligeramente más pequeño que la hembra y su extremo posterior está enrollado; la hembra tiene una curvatura más ligera o totalmente recta. El huevo tiene una forma ovoide. El parásito llega a medir hasta 5 cm.

Fuente de infección

Es mediante la ingestión de huevecillos procedentes del suelo o los vegetales.

Sitio colonizado

El parásito ocupa el ciego, intestino grueso e íleon del hospedero.

**IMPORTANTE:**

Trichuris trichiura. Es un gusano dioico y tiene forma de látigo, pues su primer tercio anterior es más delgado que el resto del cuerpo. Los huevecillos procedentes del suelo o los vegetales son ingeridos por el hombre. Luego el gusano ocupa el ciego, intestino grueso e íleon.

Ciclo biológico

Las etapas evolutivas que experimenta el parásito durante su desarrollo son (figura 7-8):

- **Ingestión.** El hombre ingiere huevecillos embrionados.

- **Colonización.** Los embriones se liberan en el intestino y penetran en las vellosidades. Luego, las larvas regresan a la luz del intestino y llegan al ciego, apéndice o intestino grueso donde maduran.
- **Eliminación.** Los huevos no fecundados son expulsados en las heces. Los huevecillos producen embriones en un mes.

**IMPORTANTE:**

Ciclo de vida. Los huevecillos son ingeridos; los embriones se liberan en el intestino y penetran en las vellosidades. Las larvas regresan a la luz del intestino y llegan al ciego, apéndice o intestino grueso donde maduran. Los huevos no fecundados son expulsados en las heces.

Enfermedad

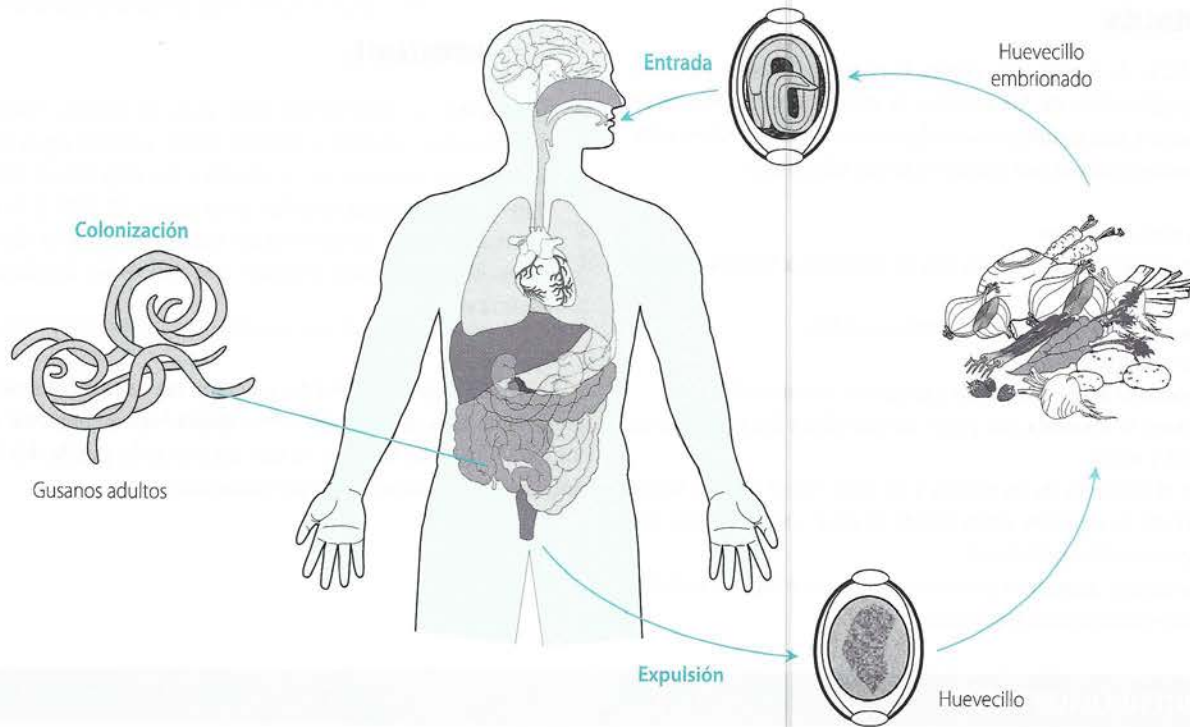
Se denomina *tricocefalosis* o *trichuriasis*.

Periodo de incubación

Éste es indefinido.

Manifestaciones clínicas

El daño intestinal depende del número de parásitos y de factores del hospedero, por ejemplo: edad, estado nutricional e infecciones concomitantes. *En infecciones leves y moderadas, la lesión consiste en una compresión mecánica de las células de la mucosa colónica y se asocia a dolor abdominal de tipo cólico y episodios diarreicos.* En infecciones masivas, la mucosa intestinal se encuentra edematosa, disgregable y sangrante; es característica la degeneración y necrosis de las células cercanas a la cabeza del parásito, con pequeñas hemorragias subepiteliales e inflamación con infiltración difusa de linfocitos y eosinófilos.

FIGURA 7-8. CICLO EVOLUTIVO DE *TRICHURIS TRICHIURA*

El cuadro clínico varía según la masividad de la infección y la presencia de otros parásitos. La lesión de los vasos sanguíneos de la submucosa provoca pérdida de 0.005 mL de sangre/día/gusano, lo que induce anemia hipocrómica microcítica. Además, la irritación constante de las terminaciones nerviosas intramurales incrementa el peristaltismo intestinal. Los síntomas incluyen dolor abdominal, cefalea, pérdida de peso, diarrea crónica, disentería, pujo, hiporexia, tenesmo y prolapso rectal.

Brote

En 1989, se presentó una epidemia por *Trichuris trichiura* en una guardería para pacientes mentales. Enfermaron 22 de 29 individuos. Además, 59% fue portador de *Entamoeba histolytica* no patógena. Se encontró gran contaminación en la tierra de las áreas de recreación.

Tratamiento

La terapéutica consiste en mebendazol, albendazol y enema de hexilresorcinol.



IMPORTANTE:

Tricocefalosis o tricuriosis. Tiene un tiempo indefinido de incubación. Los síntomas varían desde leves hasta graves y, algunas veces, no se presentan. Una infección grave ocasiona diarrea con sangre, anemia ferropénica, incontinencia fecal (durante el sueño) y prolapso rectal. Se prescribe mebendazol, albendazol y enema de hexilresorcinol.



RECUERDA:

Los mecanismos patogénicos desarrollados por *Trichuris trichiura*, son:

- **Acción mecánica.** La disrupción mecánica de la mucosa por los gusanos, al introducirse con su parte anterior, deja pequeñas úlceras que sangran. En infecciones crónicas graves hay pérdida de sangre en heces disentéricas, que podría contribuir a la anemia.
- **Reacción alérgica.** La reacción inmunitaria celular contra el parásito es mediada por células T CD4, tipo TH2, con producción de eosinofilia, basofilia e IgE.
- **Daño inflamatorio.** La patogenidad depende de una reacción inflamatoria y alérgica intestinal, manifestada por eosinofilia tisular, producción excesiva de moco y TNF- α liberado por macrófagos.

11. PREVENCIÓN

Las medidas de prevención contra la parasitosis están vinculadas a la modificación de los hábitos, la educación y el bienestar de la población. Las siguientes son algunas recomendaciones para evitar la contaminación por parásitos en los alimentos:

- Buen aseo de manos.
- Evitar comerse las uñas, ya que la onicofagia facilita el contagio.
- Consumir alimentos bien lavados y cocidos.
- Beber siempre agua potable.
- Alimentarse adecuadamente y en forma balanceada.
- Mantener la vivienda, los pisos, las paredes y los alrededores limpios y secos.
- Evitar el contacto de las manos y los pies con el lodo, la tierra o la arena de aquellos sitios donde se sabe o se sospecha que existe contaminación fecal.
- Evitar ingerir alimentos en ventas callejeras y lugares con deficientes condiciones higiénicas.



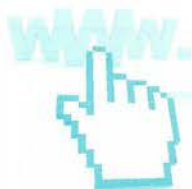
IMPORTANTE:

Prevención. Se recomienda buen aseo de manos; consumir alimentos bien lavados y cocidos; beber siempre agua potable; evitar el contacto de las manos y los pies con el lodo, y la tierra o la arena de aquellos sitios donde se sabe o se sospecha que existe contaminación fecal; evitar ingerir alimentos en ventas callejeras y lugares con deficientes condiciones higiénicas.

Se deben seguir con mucha atención las normas básicas de higiene en la vida diaria, tales como buena higiene personal o tener limpio el lugar de trabajo, ya que un descuido puede dar inicio a enfermedades transmitidas por alimentos.

12. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las EPTA son aquellas afecciones originadas por la ingestión de alimentos o agua que contienen elementos parasitarios.
- En la diarrea por flagelados aparecen heces acuosas, grasosas, fétidas y voluminosas. En la amebosis intestinal se observan trastornos gastrointestinales variables, episodios de diarrea, cólicos abdominales, náuseas, vómito y pujo. En la toxoplasmosis se puede presentar inflamación de los ganglios linfáticos en cabeza y cuello, cefalea, fiebre, enfermedad leve semejante a la mononucleosis, mialgias y dolor de garganta.
- En la teniosis del ganado vacuno se manifiesta malestar epigástrico leve, náuseas, flatulencia, diarrea y hambre dolorosa. En la teniosis del puerco, la infección a menudo es asintomática. Los malestares suelen ser: dolor abdominal, náuseas, pérdida de peso, incremento del apetito, cefalea, estreñimiento, vértigo, diarrea, prurito anal, dolor muscular, debilidad y fiebre. En la neurocisticercosis hay convulsiones o síntomas similares a los de un tumor cerebral.
- En la ascariasis no suele haber manifestaciones, pero cuando se presentan pueden incluir expectoración hemoptoica, fiebre baja, respiración jadeante, erupción en la piel, dolor abdominal, sibilancias y expulsión de lombrices a través de boca, nariz o heces. En la triquinosis, la sintomatología muscular incluye miositis, mialgias, edema palpebral, fiebre y eosinofilia. Los síntomas de la tricocefalosis varían desde leves hasta graves y, algunas veces, no se presentan. Una infección grave ocasiona diarrea con sangre, anemia ferropénica, incontinencia fecal y prolapso rectal.



Véase **Bibliografía** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 7 Enfermedades parasitarias transmitidas por los alimentos

CAPÍTULO

8

VIRUS TRANSMITIDOS POR LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Reconocer las características de los diferentes virus patógenos intestinales.
- Diferenciar agentes virales causales de algunas enfermedades por consumo de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Los virus se reconocen como partículas infectantes carentes de la capacidad de crecimiento, nutrición y respiración propios. Los viriones no se pueden multiplicar fuera de su hospedero específico, debido a su naturaleza estrictamente parasitaria intracelular. Asimismo, son bastante resistentes y permanecen contagiosos bajo condiciones extremas como el congelamiento, las cuales fueron diseñadas para mantener la calidad de los alimentos. Por lo tanto, ninguno de ellos se reproduce en los alimentos; sin embargo, se pueden mantener infecciosos en diversos productos. Los poliovirus de manera natural están acumulados o artificialmente inoculados en ostiones, y luego almacenados a 5 °C, no desaparecen al cabo de 28 días.

1. Concepto	112
2. Virus Norwalk	112
3. Rotavirus	113
4. Virus de hepatitis A	114
5. Virus de influenza aviar	115
6. Agentes virales que causan diarrea aguda	116
7. Prevención de enfermedades virales transmitidas por alimentos	117
8. Síntesis conceptual	117

1. CONCEPTO

Los virus se encuentran entre las principales causas de enfermedades transmitidas por agua y alimentos. *Las partículas virales se transmiten al hombre a través de los alimentos, a consecuencia de la contaminación directa o indirecta de los comestibles con heces.* Aunque, en algunas ocasiones, los virus transferidos por la vía fecal-oral no dependen de los alimentos como vehículos de transmisión. Algunos viriones toleran el pH bajo del estómago y las condiciones ácido-detergentes del intestino delgado superior. Posteriormente, la partícula viral penetra en la célula apropiada. La enfermedad puede ocurrir cuando la progenie del virus se propaga e infecta a suficientes células, como para interferir con ciertas funciones normales del hospedero. Las formas de infección viral de mayor importancia entre las transmitidas por agua y alimentos son las enteritis y hepatitis.



IMPORTANTE:

Enfermedades virales transmitidas por alimentos. Son afecciones adquiridas por el consumo de alimentos contaminados por virus.

2. VIRUS NORWALK

En 1972, el virus se identificó después de un brote de enfermedad gastrointestinal en Norwalk, Ohio. Más adelante, otras partículas con las características similares fueron descritas y llamadas *virus tipo Norwalk* o *norovirus*. Desde entonces, éstos se han clasificado como miembros de la familia de los *caliciviridae*. Los seres humanos son los únicos hospederos conocidos.

Morfología y estructura

Son virus pequeños redondos, estructurados, sin envoltura, de simetría icosaédrica con cápside compuesta de un polipéptido, y de 27 a 35 nm de diámetro (figura 8-1). Su genoma es una molécula de RNA de cadena simple. Pertenecen a la familia *Caliciviridae*.

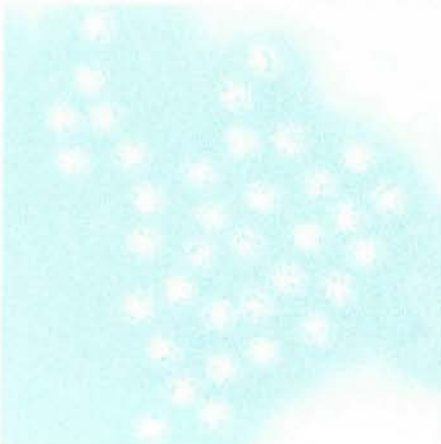


FIGURA 8-1. MORFOLOGÍA DEL VIRUS NORWALK



IMPORTANTE:

Virus Norwalk. Son pequeñas partículas de RNA, rodeadas de una cápside icosaédrica, tienen forma redonda y carecen de envoltura exterior.

Vehículos

Los vehículos identificados en los brotes, incluyen: ostras, agua, hielo, ensaladas, hamburguesas, papas fritas, sándwiches de jamón y pasteles con crema.

Brote

Una epidemia de gastroenteritis por norovirus ocurrió en un centro de rehabilitación en Finlandia, entre diciembre de 1999 y febrero de 2000. Se enfermaron más de 300 pacientes y empleados. Los virus tipo Norwalk se detectaron en tres especímenes del entorno. Las cepas de los pacientes y las ambientales fueron idénticas, lo cual sugiere que la contaminación medioambiental pudo haber sido un factor importante para la diseminación de los calicivirus y la extensa duración del brote.



IMPORTANTE:

Alimentos asociados. Se pueden mencionar ostras, agua, hielo, ensaladas, hamburguesas, papas fritas, sándwiches de jamón y pasteles con crema.

Periodo de incubación

Éste es de 12 a 60 horas.

Síntomas

La sintomatología de la infección incluye náuseas, fiebre, vómito, mialgias y diarrea sin sangre.

Mecanismos patogénicos

Los virus infectan la mucosa proximal del intestino delgado, donde provocan un incremento en la mitosis de las células epiteliales, acortamiento de las microvellosidades y absorción deficiente de D-xilosa, lactosa y grasa.

Tratamiento

La infección suele ser autolimitada y remite sin tratamiento específico y sin secuelas. La administración de líquidos isotónicos por vía oral (según la tolerancia del paciente) en general es adecuada para reponer la pérdida de líquido.

**IMPORTANTE:**

Gastroenteritis por norovirus. La sintomatología de la infección incluye náuseas, fiebre, vómito, mialgias y diarrea sin sangre.

La administración de líquidos isotónicos por vía oral es recomendable para reponer la pérdida de líquido.

3. ROTAVIRUS

El rotavirus debe su nombre a su aspecto de rueda. La infección suele iniciar como un cuadro gripal y luego se desarrollan los malestares gastrointestinales.

Morfología y estructura

Los rotavirus tienen forma redonda, no poseen envoltura y son icosaédricos (figura 8-2). La cápside proteínica consta de tres capas que rodean a un genoma de 11 fragmentos de RNA de doble cadena. Miden aproximadamente 70 a 75 nm de diámetro. Pertenecen a la familia *Reoviridae*.

**IMPORTANTE:**

Rotavirus. Son partículas de RNA envueltas por una cápside icosaédrica, tienen forma redonda similar a las ruedas de carreta y no poseen envoltura externa.

Vehículos

Las manos contaminadas con materia fecal, o con el agente patógeno a través de contaminaciones cruzadas durante el manejo de alimentos crudos-cocidos, es un mecanismo de transmisión habitual. La lista de comestibles que causan gastroenteritis por rotavirus incluye platillos fríos, pastel de carne de cordero, pastel casero de fresa, hamburguesas y agua contaminada.

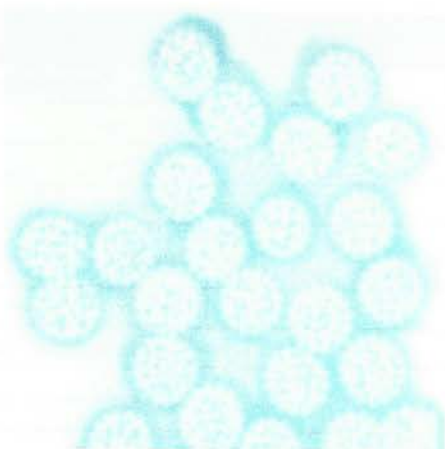


FIGURA 8-2. MORFOLOGÍA DEL ROTAVIRUS

Brote

En el 2006, se controló un brote por rotavirus que ocasionó la muerte de siete menores de cinco años de edad en el poblado de Xocotla, Veracruz (México). Las brigadas médicas manifestaron que 15 días antes se registraron 95 casos de gastroenteritis. Se detectó que los dos abastecimientos de agua entubada de la zona carecían de cloración y que muchas casas obtenían agua a través de pozos artesanos. En Japón, en mayo de 2001, se presentó una epidemia de gastroenteritis aguda que involucró a 45 de un total de 107 alumnos. El prolongado contacto persona-persona durante un viaje escolar se consideró como la vía más probable de transmisión.

**IMPORTANTE:**

Alimentos asociados. La lista incluye platillos fríos, pastel de carne de cordero, pastel casero de fresa, hamburguesas y agua contaminada.

Periodo de incubación

Éste es de uno a dos días.

Síntomas

El espectro clínico de infecciones por rotavirus varía desde asintomático hasta una enfermedad letal. Los datos clínicos comunes por lo general incluyen vómito, dolor abdominal, diarrea y leve deshidratación. El vómito y la fiebre con frecuencia preceden a la diarrea.

Mecanismos patogénicos

El clivaje parcial de la proteína VP4 de los rotavirus, producido por las proteasas intestinales, incrementa la penetración directa del virión en el enterocito. *La infección de las células de las criptas ocasiona pérdida de la capacidad de absorción, lo cual provoca deyección líquida.* Además, la proteína NSP4 de los rotavirus ocasiona una estimulación hipersecretora del enterocito, que culmina en diarrea.

Tratamiento

En la actualidad no se dispone de tratamiento antiviral específico. Por ende, se recomiendan la prevención de la deshidratación y desequilibrio electrolítico.

**IMPORTANTE:**

Gastroenteritis por rotavirus. Los datos clínicos incluyen vómito, dolor abdominal, diarrea y leve deshidratación. Los vómitos y fiebre con frecuencia anteceden a la diarrea.

Los cuidados incluyen tratar la deshidratación y el desequilibrio electrolítico.

4. VIRUS DE LA HEPATITIS A

El virus de la hepatitis A (VHA) es un agente que puede causar inflamación del hígado.

Morfología y estructura

El VHA es pequeño, sin envoltura lipídica y tiene estructura icosaédrica (figura 8-3). El virus contiene un genoma de simple cadena constituido por RNA de sentido positivo. Los virus de la hepatitis humana miden aproximadamente 28 nm. Pertenecen a la familia *Picornaviridae*.

Clasificación

Los principales virus causales de hepatitis viral pertenecen a cinco familias distintas, aunque se han identificado ocho virus productores de hepatitis viral (cuadro 8-1).



IMPORTANTE:

Virus de hepatitis A. Son partículas de RNA envueltas por una cápside icosaédrica, sin envoltura externa. Pertenecen al género de los hepatovirus.

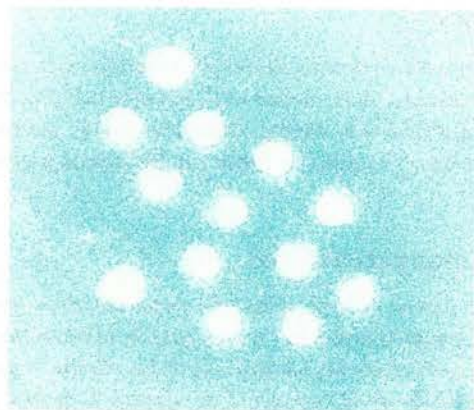


FIGURA 8-3. MORFOLOGÍA DEL VIRUS DE LA HEPATITIS A

Vehículos

La forma más común de la transmisión de VHA es a través de contacto estrecho de persona a persona, comúnmente por la vía fecal-oral. Se ha documentado que el agua y alimentos son vehículos de transferencia. Los brotes de hepatitis A por consumo de alimentos se deben a: bivalvos, lechugas, berros, fresas, frambuesas, sándwiches, agua, productos de pastelería, ensaladas, comidas de cafetería, leche, productos lácteos, etc. Se cree que la transmisión después de exposición a fuentes no fecales como orina, aerosoles, saliva es poco frecuente.

Brote

En agosto de 1988, en Florida, hubo un incremento de casos de hepatitis infecciosa confirmados serológicamente. Los pacientes tenían entre 8 y 60 años de edad, 80% de los casos del sexo masculino. El 95% de los individuos había ingerido ostiones crudos, algunas almejas horneadas y, uno, escalpas crudas. Todos los mariscos provenían de la misma área de captura. La incubación fue de 16 a 48 días. Para probar el consumo de bivalvos como factor de riesgo potencial de VHA, se efectuó un estudio de casos-control donde se usaron como referencia a los acompañantes de los pacientes, consumidores pero no enfermos. El 96% de los pacientes y 52% de los controles habían comido ostiones crudos. La ingesta de otros mariscos no se asoció estadísticamente con la enfermedad; fue la epidemia más grande atribuible a ostras en los Estados Unidos, desde 1973.



IMPORTANTE:

Alimentos asociados. La lista está compuesta por bivalvos, lechugas, berros, fresas, frambuesas, sándwiches, agua, productos de pastelería, ensaladas, comidas de cafetería, leche, productos lácteos, etc.

Periodo de incubación

Éste es de 10 a 50 días.

CUADRO 8-1. AGENTES PRODUCTORES DE HEPATITIS VIRAL

Virus	Familia	Genoma	Envoltura	Transmisión
Virus de la hepatitis A (VHA)	<i>Picornaviridae</i>	RNA	No	Fecal-oral
Virus de la hepatitis B (VHB)	<i>Hepadnaviridae</i>	DNA	Sí	Parenteral
Virus de la hepatitis C (VHC)	<i>Flaviviridae</i>	RNA	Sí	Parenteral
Virus de la hepatitis D o Delta (VHD)	No clasificado	RNA	Sí (proveniente del VHB)	Parenteral
Virus de la hepatitis E (VHE)	<i>Hepeviridae</i>	RNA	No	Fecal-oral
Hepatitis tipo F	No clasificado	¿?		Parenteral, sexual, sanguínea
Hepatitis tipo G	Relacionado a <i>Ortomixoviridae</i>	RNA		Parenteral, sexual, sanguínea
Hepatitis GB	Relacionado con <i>Flaviviridae</i> o <i>Pestiviridae</i>	RNA		Parenteral, sexual, sanguínea

Patogenia

Enseguida de la ingestión de agua o alimentos contaminados, el virus penetra en las células del tubo digestivo. *Los VHA se diseminan hacia el hígado, donde infectan a una gran proporción de hepatocitos sin causar daño citolítico directo, pero inducen una respuesta inmunitaria celular que da cuenta de la lesión hepática.*

Síntomas

La infección con VHA se puede asociar con hepatitis icterica, aunque muchas infecciones son subclínicas y no presentan síntomas. En los primeros días puede aparecer decaimiento, apatía, inapetencia, fiebre y dolor en la parte superior del abdomen, principalmente en el costado derecho. Se presentan náuseas, vómito y con frecuencia estreñimiento. Después aparecen las orinas colúricas y las heces acólicas. Además, se aprecia tumefacción hepática. En general, la enfermedad en niños es más leve y tiene un curso más breve que en adultos.

Tratamiento

El tratamiento médico es de sostén y apunta a mantener el bienestar y un equilibrio nutricional conveniente.



IMPORTANTE:

Hepatitis por VHA. Los síntomas tienen carácter moderado o grave y comprenden fiebre, malestar, pérdida de apetito, diarrea, náuseas, molestias abdominales, coluria, ictericia y acolia. Además, se presenta tumefacción hepática.

El tratamiento es de sostén y apunta a mantener el bienestar y un equilibrio nutricional adecuado.

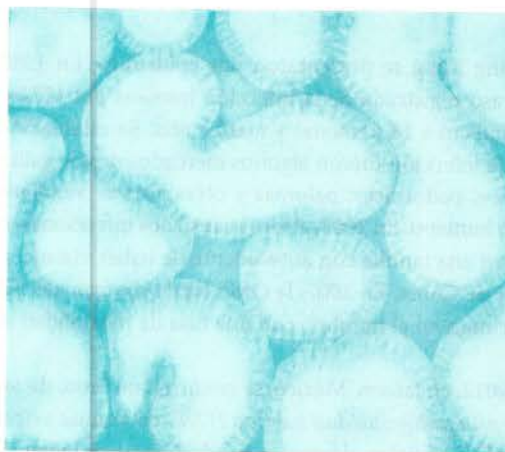


FIGURA 8-4. MORFOLOGÍA DEL VIRUS DE LA INFLUENZA AVIAR

Morfología y estructura

El virus altamente patógeno de influenza aviar (HPAI) es esférico o pleomórfico, con una cápside de simetría helicoidal que protege al RNA. Su tamaño varía de 80 a 120 nm (figura 8-4). Posee una envoltura lipídica derivada de la célula huésped, de donde surgen los antígenos hemaglutinina 5 y neuramidasa 1.



IMPORTANTE:

Virus altamente patógeno de influenza aviar. Son partículas de RNA cubiertas por una cápside helicoidal, con envoltura externa. Pertenecen al género *Orthomyxoviridae*.

5. VIRUS DE INFLUENZA AVIAR

La familia *Orthomyxoviridae* está conformada por los virus de la influenza, de los cuales se conocen tres tipos inmunitarios designados A, B y C. La influenza tipo A es antigénicamente muy variable y es la causa de la mayor parte de los casos de epidemia de influenza. El virus de la influenza aviar es un virus de influenza tipo A aislado de aves (p. ej., gaviotas, patos y gallinas).

Vehículos

El contacto directo con aves de corral infectadas o con superficies y objetos contaminados por sus heces se considera la principal vía de contagio humano. Además, la transmisión puede deberse ocasionalmente al consumo de carne y huevos de las aves de corral infectadas. Las infecciones humanas aún son raras y el virus no se disemina con facilidad de las aves al hombre, o sencillamente de persona a persona. La influenza aviar no se transmite a través de los alimentos adecuadamente cocinados.



RECUERDA:

Las principales normas higiénicas que permiten prevenir la adquisición de una hepatitis viral a través de los comestibles son:

- Evitar la ingesta de mariscos crudos o agua sin garantía.
- Cocinar completamente los alimentos.
- Impedir que se compartan los artículos de aseo personal con una persona infectada.
- Recomendar abstinencia sexual del individuo portador.
- Desinfectar mediante ebullición o el uso de lejía la ropa o superficies manchadas con sangre del paciente.

Brote

En Hong Kong se presentaron dos epidemias. En 1997, en el primer caso registrado de la infección humana por HPAI H5N1, el virus infectó a 18 personas y mató a seis. Se estableció que las fuentes de infección fueron algunos mercados donde gallinas, patos, gansos, codornices, palomas y otras aves se vendieron para consumo humano. En 2003, el virus causó dos infecciones, con una muerte, en una familia con antecedente de haber viajado a la parte del sur de China. En 2007, la OMS había confirmado 258 casos de infecciones en el hombre, con una tasa de mortalidad superior a 50%.

En el 2012, en Jalisco, México, se confirmó un brote de *influenza avar de alta patogenicidad subtipo H7N3* en granjas avícolas. Según las cifras oficiales, el impacto fue de 34 granjas infectadas, casi 5 millones de aves muertas por la enfermedad o eliminadas para el control zoonosanitario, la reducción al 50% de horas de trabajo y salarios de trabajadores en algunas granjas, pérdidas económicas para el sector de cerca de 80 millones de pesos y aumento del precio del huevo de más de 100%.



IMPORTANTE:

Alimentos asociados. La transmisión puede deberse al consumo de carne y huevo de las aves de corral infectadas.

Periodo de incubación

El periodo es de dos a ocho días.

Mecanismos patogénicos

Los antígenos hemaglutinina y neuraminidasa se utilizan para entrar a la célula del hospedero. El HPAI H5N1 infecta preferentemente las células del epitelio bronquial y el alveolar, y se puede diseminar hacia la tráquea, intestino y cerebro. *El contagio letal se caracteriza por una gran carga viral en el aparato respiratorio, leucopenia y linfopenia periféricas, una infiltración masiva de macrófagos hacia los pulmones y desregulación de citocinas y quimiocinas.*

Síntomas

El espectro clínico abarca desde infección asintomática o enfermedad tipo influenza leve, hasta neumonía grave e insuficiencia de múltiples órganos internos. En la presentación, las principales manifestaciones clínicas son fiebre, tos y disnea; mientras que los síntomas gastrointestinales (como diarrea acuosa, vómito y dolor abdominal) son comunes en el transcurso de la enfermedad.

El padecimiento sigue un curso excepcionalmente dinámico, con rápido deterioro y alta letalidad. Es común la neumonía viral primaria. El HPAI H5N1 infecta células epiteliales pulmonares aisladas, causa daño alveolar difuso y hemorragia pulmonar. Una cifra baja de linfocitos al ingreso se asocia a una enfermedad muy grave y muerte.

Tratamiento

Para los casos de infección humana por HPAI, los medicamentos podrán mejorar las perspectivas de supervivencia, si se administran oportunamente; pero los datos clínicos son limitados. Dos fármacos (oseltamivir y zanamivir) pueden reducir la gravedad y la duración de la enfermedad causada por la influenza estacional. Se espera que el virus HPAI H5N1 sea susceptible a estos inhibidores de neuraminidasa.



IMPORTANTE:

Influenza avar. La mayor parte de casos en seres humanos confirmados con el virus HPAI H5N1 ha experimentado fiebre, síntomas respiratorios, diarrea y convulsiones.

El oseltamivir y zanamivir pueden reducir la gravedad y la duración de la enfermedad.

6. AGENTES VIRALES QUE CAUSAN DIARREA AGUDA

Las diarreas causadas por agentes virales están normalmente limitadas por el propio individuo. Tienen una sintomatología similar, pero resultan más difíciles de diagnosticar en los países subdesarrollados.

Adenovirus

En estudios internacionales se menciona como la segunda causa de diarrea aguda viral en niños, puede ser esporádica o agente de brotes intrahospitalarios. Generalmente, la diarrea es acuosa y más profusa que en otras infecciones gastrointestinales. En un estudio realizado en Chile, en 118 niños con diarrea no disintérica y con clínica sugerente de etiología viral se encontró adenovirus en 2.5%, en comparación con 38.1% de aislamientos de rotavirus.

Astrovirus

Presenta distribución mundial. Se ha asociado a epidemias en niños. En América Latina se encontró en 16% de las diarreas no disintéricas, que no tenían rotavirus, y en 7% asociado a rotavirus. La frecuencia en pacientes hospitalizados puede ser de 3 a 5%. Los principales síntomas que se presentan son diarrea acuosa, náuseas, vómito, fiebre y, en algunos casos, pérdida del apetito y deshidratación. Es un evento estacional (invierno) y puede producir intolerancia transitoria a lactosa.

Calicivirus

Esporádico, con alta frecuencia causa infecciones asintomáticas, puede ser agente de brotes por transmisión fecal-oral o por contaminación de alimentos en hogares de ancianos, con una tasa de ataque de 50 a 70%. Puede manifestarse con alguno o el total de los malestares siguientes: náuseas, vómito, cefalea, mialgias, fiebre moderada, dolor abdominal y diarrea. Se ha identificado en epidemias de gastroenteritis asociadas al consumo de mariscos crudos.

**IMPORTANTE:**

Agentes virales causales de diarrea aguda. Los adenovirus son la segunda causa de diarrea aguda viral en niños. La diarrea generalmente es acuosa y más prominente que en otras infecciones gastrointestinales.

Los astrovirus se han asociado a diarreas no disintéricas y pueden producir intolerancia transitoria a lactosa.

Los calicivirus causan infecciones asintomáticas o pueden manifestarse con alguno o el total de los malestares siguientes: náuseas, vómito, cefalea, mialgias, fiebre moderada, dolor abdominal y diarrea.

3. Cocinar a temperaturas apropiadas.
4. Enfriar rápidamente los alimentos.

La prevención de las infecciones debidas a virus transmitidos por los alimentos requiere de mucha atención, para asegurar que los productos que no se cocinan antes de que se consumen, no se contaminen durante su cultivo, cosecha y producción.

**IMPORTANTE:**

Prevención. Se recomienda limpiar los alimentos y la cocina, separar los alimentos, cocinar a temperaturas apropiadas y enfriar rápidamente los alimentos.

7. PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES VIRALES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

Hay cuatro reglas básicas muy simples y fáciles de cumplir que se pueden poner en práctica para proteger a la familia:

1. Limpiar los alimentos y la cocina.
2. Separar los alimentos.

Los virus entéricos humanos transmitidos a través de los alimentos han adquirido una excepcional trascendencia, debido al impacto que tienen en la salud pública. El mejoramiento de las redes de vigilancia epidemiológica y el progreso de la metodología analítica contribuyen para valorar, en forma más objetiva, la incidencia real de los virus y sus rutas de propagación.

8. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las enfermedades virales transmitidas por alimentos son afecciones adquiridas por el consumo de alimentos contaminados por virus.
- La sintomatología de la infección por virus Norwalk incluye náuseas, fiebre, vómito, mialgias y diarrea sin sangre. En la infección por rotavirus, los datos clínicos incluyen vómito, dolor abdominal, diarrea y leve deshidratación. El vómito y fiebre con frecuencia anteceden a la diarrea.
- En la hepatitis A, los síntomas tienen carácter moderado o grave y comprenden fiebre, malestar, pérdida de apetito, diarrea, náuseas, molestias abdominales, coluria, ictericia y acolia. Además, se presenta tumefacción hepática.
- Los individuos infectados con la gripe aviar han tenido contacto directo con aves de corral infectadas. La mayor parte de los casos en seres humanos confirmados con el virus HPAI H5N1 ha experimentado fiebre, síntomas respiratorios, diarrea y convulsiones. Los adenovirus causan diarrea aguda en niños, la cual generalmente es más acuosa y prominente que en otras infecciones gastrointestinales. Los astrovirus se han asociado a diarreas no disintéricas y pueden producir intolerancia transitoria a lactosa. Los calicivirus causan infecciones asintomáticas, o pueden manifestarse náuseas, vómito, cefalea, mialgias, fiebre moderada, dolor abdominal y diarrea.

www.



Véase **Bibliografía** cap. 8 Virus transmitidos por los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 8 Virus transmitidos por los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 8 Virus transmitidos por los alimentos

CAPÍTULO

9

MICOTOXINAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar las propiedades de los hongos filamentosos y sus toxinas contaminantes de alimentos.
- Diferenciar las micotoxinas que causan algunas enfermedades por consumo de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos procedentes de ciertos hongos filamentosos, que suelen encontrarse en una gran variedad de productos agrícolas y son los contaminantes naturales de los alimentos más extensos en el mundo. Las micotoxinas son muy tóxicas; producen mutaciones, cáncer, malformaciones fetales y disminuyen la inmunidad. La presencia de las micotoxinas en los alimentos se considera de alto riesgo para la salud humana y de los animales, debido a la diversidad de acciones tóxicas y a su resistencia extraordinaria al calor.

Las micotoxinas ocasionan importantes pérdidas humanas y económicas. En el mundo, alrededor de 5 a 10% de la producción total de alimentos parece ser desperdiciada por la actividad de los mohos y sus toxinas. En los Estados Unidos, se estima que la presencia de micotoxinas en cultivos (p. ej., de maíz, trigo y cacahuate) puede causar pérdidas directas aproximadas a 932 millones de dólares anuales e indirectas de más de 466 millones. En países en desarrollo, dependientes exageradamente de cultivos locales, las micotoxinas provocan en la población perjuicios monetarios, así como alta morbilidad y mortalidad prematura.

1. Concepto	120
2. <i>Aspergillus flavus</i>	120
3. <i>Penicillium verrucosum</i>	122
4. <i>Fusarium sporotrichioides</i>	124
5. Prevención	126
6. Síntesis conceptual	127

1. CONCEPTO

Los hongos filamentosos pueden producir sustancias altamente tóxicas durante su crecimiento sobre los alimentos. Estos metabolitos de bajo peso molecular se denominan *micotoxinas*. La exposición a los metabolitos tóxicos fúngicos a través de ingestión, inhalación o absorción cutánea producen enfermedades que colectivamente se llaman *micotoxicosis*. Aunque las intoxicaciones por hongos son causadas por metabolitos fúngicos, están excluidos de estos padecimientos.



IMPORTANTE:

Micotoxicosis y micotoxinas. Las micotoxicosis son enfermedades que se presentan en animales y el hombre, producidas por micotoxinas, elementos tóxicos elaborados por distintos tipos de hongos que crecen en plantas, heno, silos, granos, subproductos y otros alimentos almacenados.

2. ASPERGILLUS FLAVUS

Características macroscópicas

Aspergillus es un hongo filamentosos del grupo *Deuteromycetes* u hongos imperfectos. *Aspergillus flavus* tiene el micelio aterciopelado de color amarillo verdoso o marrón, el reverso es dorado o marrón-rojizo, conidióforos de longitud variable y rugosos, y fíalides uniseriadas o biseriadas que cubren completamente la vesícula.

Características microscópicas

Las hifas son hialinas y tabicadas. Se caracterizan por unas estructuras esporíferas o reproductoras llamadas *cabezas conidiales*, localizadas en el extremo de la hifa (figura 9-1). Estas cabezas están compuestas por una vesícula rodeada por una corona de fí-

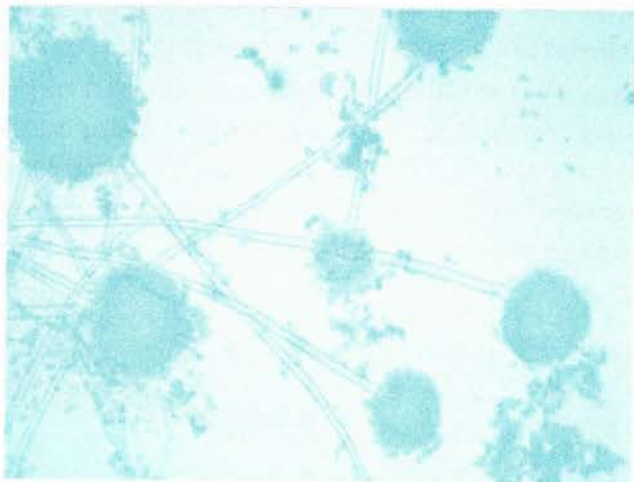


FIGURA 9-1. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE ASPERGILLUS FLAVUS

lides en forma de botella, en cuyo extremo se desarrollan cadenas de esporas o conidios.



IMPORTANTE:

***Aspergillus flavus*.** Tiene el micelio aterciopelado de color amarillo verdoso o marrón; el reverso es dorado o marrón-rojizo.

Las hifas son hialinas y tabicadas. Se caracterizan por unas estructuras esporíferas o reproductoras llamadas cabezas conidiales, localizadas en el extremo de la hifa.

Hábitat

Aspergillus es un hongo ampliamente difundido en la naturaleza; crece en ambientes cerrados, húmedos y oscuros. Se encuentra en suelo, vegetales, granos de cereal, heno, plumas y tejidos de algodón. Los cultivos más afectados son los de cereales (maíz, arroz, trigo, sorgo, mijo), oleaginosas (girasol, algodón, soja), especias (pimienta negra, cúrcuma, jengibre), y árboles de frutos secos (almendro, pistachero, nogal de castilla y cocotero).



IMPORTANTE:

Plantíos afectados. Los cultivos afectados son maíz, arroz, trigo, sorgo, mijo, girasol, algodón, soja, pimienta negra, cúrcuma, jengibre, almendro, pistachero, nogal de castilla y cocotero.

Sustancias producidas

El hongo filamentosos *A. flavus* produce al menos 20 tipos diferentes de aflatoxinas. Las más comunes son la B1, B2, G1 y G2, M1 y M2; de éstas, las cuatro primeras se relacionan con actividad tóxica. Las aflatoxinas se suelen nombrar con letras que se refieren a una característica física; por ejemplo, las B1 y B2 presentan fluorescencia azul, y las G1 y G2, fluorescencia verde cuando se exponen a radiación ultravioleta de onda larga. La aflatoxina B1 (AFB1) consiste en un anillo cumarina unido a una unidad bisdihidrofuran y a una ciclopentanona.



IMPORTANTE:

Micotoxinas producidas. Éstas producen al menos 20 tipos diferentes de aflatoxinas; las más comunes son la B1, B2, G1 y G2, M1 y M2. De éstas, las cuatro primeras están relacionadas con actividad tóxica.

Animales afectados

Las propiedades tóxicas de las aflatoxinas se han manifestado en codornices, pollos, faisanes, pavos, perros, gatos, salmones, cone-

jos, monos, hámsteres, bóvidos, visones y cobayos. Las propiedades carcinogénicas se han demostrado en truchas, ratas, ratones, cerdos, vacas, ovejas, caballos, faisanes, patos, pavos y pollos.



IMPORTANTE:

Modelos experimentales. Los efectos dañinos se han manifestado en codornices, gatos, faisanes, salmones, conejos, monos, perros, hámsteres, bóvidos, visones, cobayos, truchas, ratas, ratones, cerdos, vacas, ovejas, caballos, patos, pavos y pollos.

Brote y alimentos involucrados

En diversos productos de consumo diario se ha encontrado *Aspergillus flavus* y su toxina; por ejemplo, tortillas de maíz, lácteos, huevo, pollo, arroz, cebada, sorgo, cacahuete, cacao, nueces, pistaches, pimienta y chiles secos, entre otros.

En el año 2004, en Kenia, se presentó un brote que afectó a 317 personas, de las cuales 125 murieron. La intoxicación se debió al consumo de maíz contaminado por la aflatoxina de *Aspergillus flavus*.

Mecanismos patogénicos

Estas moléculas tienen como blanco el tejido hepático, donde se metabolizan en productos que pueden llegar a ser tóxicos. Además, ejercen sus efectos sobre los demás órganos del animal. Los síntomas dependen de la dosis, tiempo de exposición y edad de los animales. El efecto tóxico de la aflatoxina en animales superiores es agudo y crónico. La intoxicación aguda se manifiesta como una hepatitis aguda ya que presenta el amarillamiento típico, fiebre, depresión, falta de hambre y diarrea. La intoxicación crónica se presenta como un hepatocarcinoma, y los síntomas como vómito, dolor abdominal y hepatitis se manifiestan gradualmente hasta causar la muerte.



IMPORTANTE:

Sintomatología en animales. La intoxicación aguda se manifiesta como una hepatitis, fiebre, depresión, falta de hambre y diarrea. La intoxicación crónica se presenta como un hepatocarcinoma, y los síntomas como vómito, dolor abdominal y hepatitis se presentan gradualmente hasta causar la muerte.

La AFB1 es un factor que altera el desarrollo fetal, induce mutaciones de genes y provoca cáncer. *En específico, puede inducir una mutación en el codón 249 del gen supresor P53, lo cual favorece la oncogénesis.* Su acción hepatocarcinógena es sinérgica con los virus de la hepatitis B y la C, así como el alcohol. Estas micotoxinas ejercen un efecto inmunosupresor, principalmente sobre la inmunidad celular, ya que corderos intoxicados con 2 ppm de

aflatoxinas durante 37 días, presentaron una menor respuesta de hipersensibilidad retardada a fitohemaglutinina.



IMPORTANTE:

Patogénia. La AFB1 puede inducir una mutación en el codón 249 del gen supresor P53, lo cual favorece la oncogénesis. Las AF ejercen un efecto inmunosupresor. Animales intoxicados presentan menor respuesta de hipersensibilidad retardada.



RECUERDA:

Los seres humanos tienen alta tolerancia a la exposición de aflatoxinas y rara vez sucumben a una aflatoxicosis aguda. No obstante, los niños son especialmente afectados con detención del crecimiento. Dentro de los efectos agudos por micotoxinas se hallan: hepatitis aguda, los síndromes de Reye y de Kwashiorkor sobre todo en lactantes de los trópicos. El cuadro clínico incluye hígado graso y edema cerebral intenso.

La exposición crónica es un alto riesgo para el desarrollo de cáncer en hígado, debido a que el metabolito aflatoxina M1 se puede intercalar químicamente en las bases del DNA a través de su radical epóxido. A largo plazo, también se pueden presentar efectos mutagénicos, teratogénicos, estrogénicos, inmunotóxicos, nefrotóxicos y neurotóxicos.

Significado

- **Riesgo de intoxicación.** La presencia de *Aspergillus* en productos alimentarios no siempre indica niveles dañinos por aflatoxina, pero sí implica un peligro alimentario significativo, al consumir los productos contaminados con dosis muy pequeñas que con el tiempo pueden traer graves consecuencias. La norma impuesta por la *Food and Drug Administration* (FDA), de los Estados Unidos, para los alimentos agrícolas primarios y sus derivados es de 20 µg/kg de aflatoxinas totales.
- **Condiciones de almacenaje.** La existencia de aflatoxinas en los cereales está asociada a condiciones de almacenamiento inadecuadas. Estas toxinas se producen óptimamente a una Aw de 0.85 y a una temperatura de 25 a 40 °C. Por lo que, en el caso de los cacahuates, se recomienda recolectarlos y desecarlos tan pronto como alcanzan la madurez, para evitar el crecimiento del moho. No se deben almacenar en la misma bodega cereales con concentraciones de 20 g/kg de AF y los que rebasen este valor.
- **Fuentes de contaminación.** La contaminación con micotoxinas en los granos generalmente es un proceso aditivo; se puede iniciar en el campo, aumentar durante la cosecha, continuar

en el acondicionamiento e incrementar durante el almacenamiento. La Norma Oficial Mexicana (NOM) establece en la harina de maíz para tortillas un límite de 12 µg/kg.

- **Riesgo de desarrollo de tumores.** Se apoya fuertemente la relación causal entre la AFB1 y los hepatocarcinomas, gracias a los conocimientos obtenidos con la cuantificación del aducto-AFB1-lisina e identificación de las mutaciones en el codón 249 del gen P53 en células de los hepatocarcinomas, provenientes de aflatoxicosis agudas en seres humanos. La aflatoxina B1 es un carcinógeno hepático en al menos ocho especies. En estudios se han establecido relaciones dosis-respuesta en ratas con un 10% de incidencia en tumores, cuando se usan niveles de aflatoxina B1 de 1 µg/kg.
- **Calidad sanitaria.** Entre los indicadores de calidad higiénica de la leche se encuentra el nivel de contaminación con aflatoxina M1 (AFM1), proveniente de animales que han ingerido alimento contaminado con aflatoxina B1. En muchos países de la Comunidad Europea (CE) se han fijado contenidos máximos de aflatoxina M1 en leche y otros productos lácteos de entre 0.05 y 0.5 µg/kg.
- **Riesgo de pérdidas agropecuarias.** Entre los efectos adversos por el consumo de alimentos contaminados están reducción de la productividad de animales, especialmente aves y cerdos, caracterizada por una disminución de la velocidad de crecimiento y una baja eficiencia alimentaria. Según la NOM, el límite máximo para aves (excepto pollos de engorda) es de 100 µg/kg y para cerdos en engorda (mayores de 45 kg) de 200 µg/kg. Un nivel de aflatoxina en los piensos, tan bajo como 300 µg/kg, durante tres a cuatro meses puede inducir aflatoxicosis crónica en cerdos.



IMPORTANTE:

Utilidad de la detección. Se emplea para identificar: peligro de intoxicación, condiciones de almacenaje, fuentes de contaminación y riesgo de desarrollo de tumores.

3. *PENICILLIUM VERRUCOSUM*

Características macroscópicas

Las colonias de *Penicillium* son de crecimiento rápido, planas, filamentosas y de textura aterciopelada, lanosa, o algodonada. Los micelios aéreos son blancos, pero pasado el tiempo tiende a hacerse de color gris-azul-verde, cano-verde, oliváceo, amarillo o rosáceo. El revés de la placa es por lo general pálido a amarillento. Las colonias de *P. verrucosum* tienen el reverso pardo oscuro.

Características microscópicas

Las hifas de *Penicillium* tienen tabiques con un poro central no visible al microscopio. Este género se caracteriza por tener conidióforos con ramificaciones que forman verticilos; es decir, los conidios tienen una estructura ramificada semejante a un pincel

(figura 9-2). Si hay sólo un verticilo de fiálides, el pincel es monoverticilado. Las ramificaciones de un pincel poliverticilado son ramas, rúmulas, métulas y fiálides. Las fiálides pueden tener forma de ánfora o bien ser casi cilíndricas con la porción apical en forma de cono. Los conidios generados en las fiálides suelen llamarse fialoconidios para indicar su origen. Los conidios son elipsoidales, unicelulares, hialinos que en masa se ven de color verde, verde aceituna, verde azulado o gris.



IMPORTANTE:

***Penicillium verrucosum*.** Posee el micelio aterciopelado de color blanco, pero tiende a hacerse de color gris-azul-verde; el reverso es pardo oscuro.

Este género se caracteriza por tener conidióforos con ramificaciones que forman verticilos.

Hábitat

Los penicilios son mohos comunes que se desarrollan sobre los más diversos sustratos, desde granos hasta paja. *P. verrucosum* se encuentra casi exclusivamente en cereales de zonas templadas. Se desarrolla en regiones de clima frío, cuando hay humedad excesiva durante el almacenamiento de los granos de cebada, trigo, avena y maíz.

Penicillium verrucosum y sus toxinas pueden estar presentes en una gran variedad de productos, por ejemplo: arroz, higos, café, frutos de plantas trepadoras y sus derivados, guisantes, frijoles, especias y nueces.



IMPORTANTE:

Plantíos afectados. *Penicillium verrucosum* y sus toxinas pueden estar presentes en arroz, higos, café, frutos de plantas trepadoras y sus derivados, guisantes, frijoles, especias y nueces.

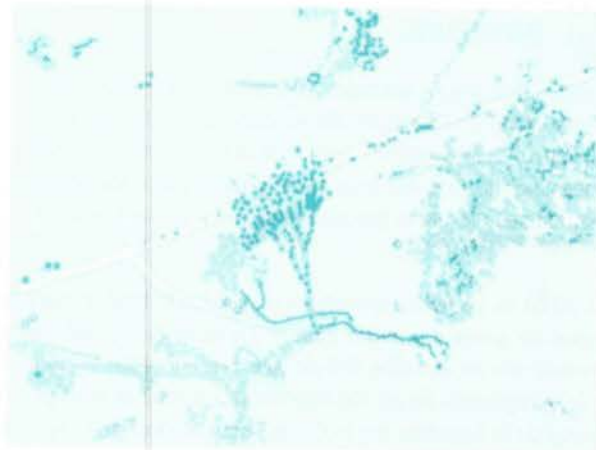


FIGURA 9-2. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE *PENICILLIUM VERRUCOSUM*

Sustancias producidas

Las ocratoxinas son derivados clorados de la isocumarina con un grupo amida enlazado a la fenilalanina (estructura fenilalanina-cumarinas). Hay siete tipos identificados, de los cuales la ocratoxina A (OTA) es la más tóxica; contiene una molécula de isocumarina ligada por un enlace peptídico a la fenilalanina. Esta micotoxina es producida principalmente por los mohos *Penicillium verrucosum* y *Aspergillus alutaceus*.



IMPORTANTE:

Micotoxinas producidas. Hay siete tipos identificados, de los cuales la ocratoxina A es la más tóxica.

Animales afectados

Las propiedades tóxicas de la ocratoxina A se han manifestado en ratas, pollos y patipollos. Las propiedades carcinogénicas se han demostrado en truchas, ratas y pollos. Las ocratoxinas son insolubles en agua y no se excretan fácilmente, por lo que se acumulan en los depósitos lipídicos de los animales, por ejemplo, la grasa de los cerdos.



IMPORTANTE:

Modelos experimentales. Las propiedades dañinas se han manifestado en ratas, pollos, patipollos, truchas y cerdos.

Brote y alimentos involucrados

La ocratoxina A contamina diversos alimentos de consumo humano, principalmente cereales (maíz, cebada, trigo, y avena) y bebidas alcohólicas (vino y cerveza). Algunos productos (p. ej., granos de café verde y de cacao, carne y sus derivados, uvas, pasas e higos secos, chocolate, legumbres y especias) son fuentes importantes a considerar, pero sólo en caso de altas ingestas. Ocasionalmente, se ha detectado OTA en el té, las infusiones, el regaliz, el aceite de oliva y los alimentos infantiles a base de cereales.

En los Estados Unidos, en 1977 y 1982, se presentaron brotes graves de ocratoxicosis aguda, los cuales provocaron la muerte de miles de pavos y millones de pollos. En Italia, durante el año 1983, se informó gran mortalidad en aves, conejos y perros que ingirieron pan contaminado de forma natural con concentraciones altas de ocratoxinas A y B.

Mecanismos patogénicos

En los porcinos, el cuadro clínico agudo incluye anorexia, pérdida de peso, náuseas, vómito, tenesmo, aumento de la temperatura rectal, conjuntivitis purulenta bilateral, tonsilitis, polidipsia, poliuria, moco sanguinolento en el recto, deshidratación, postración y

muerte a las dos semanas de la ingestión de la toxina. En cuanto a los efectos crónicos, se presentan signos clínicos moderados como poliuria, polidipsia y reducción del crecimiento. Además, pasa a ser una enfermedad de muy baja letalidad. La entidad recibe el nombre de *nefropatía porcina micotóxica*, cuyas lesiones renales incluyen degeneración de los túbulos contorneados y una fibrosis intersticial renal, luego se produce una reducción en el grosor de la membrana basal y una hialinización de los glomérulos.



IMPORTANTE:

Sintomatología en animales. En los cerdos, el cuadro agudo incluye anorexia, vómito, tenesmos, temperatura rectal alta, conjuntivitis, tonsilitis, polidipsia, poliuria, moco rectal sanguinolento, deshidratación, postración y muerte. En cuanto a los efectos crónicos, se presentan poliuria, polidipsia y reducción del crecimiento.

A nivel molecular, la OTA interfiere con el DNA, el RNA y síntesis de proteínas a través de la inhibición de la enzima fenilalanina-RNAt sintetasa. Asimismo, la micotoxina afecta el RNAm que codifica para la fosfoenolpiruvato carboxiquinasa, una enzima clave en la gluconeogénesis renal. La ocratoxina A puede originar diuresis osmótica mediante la inhibición de la reabsorción tubular de los electrolitos.



IMPORTANTE:

Patogenia. La ocratoxina A puede causar degeneración de los túbulos contorneados, fibrosis intersticial renal, reducción de la membrana basal, hialinización de glomérulos.

Significado

- **Riesgo de intoxicación.** La presencia de ocratoxinas indican un peligro alimentario potencial para personas y animales, al ingerir los productos contaminados. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos sobre Aditivos Alimentarios estableció un valor máximo de ingesta semanal tolerable de 100 ng/kg de peso corporal, lo que equivale a una ingesta diaria de 14 ng/kg de peso corporal.
- **Condiciones de almacenaje.** La existencia de ocratoxinas en los cereales está asociada a condiciones de almacenamiento impropias. *P. verrucosum* crece prósperamente a temperaturas de 0 a 31 °C y con una actividad de agua mínima de 0.80. Sin embargo, puede producir cantidades considerables de toxinas a temperaturas de 4 °C y con una Aw de sólo 0.86. Por lo que se desarrolla en un ambiente frío, cuando existe humedad excesiva durante el almacenaje de los granos de cereal.
- **Fuentes de contaminación.** La contaminación con ocratoxinas se puede iniciar con el crecimiento del cereal y continuar por

**RECUERDA:**

La micotoxina ingresa en el hombre cuando éste consume cereales contaminados o productos del cerdo afectado. La ocratoxina A puede causar efectos nocivos como es el caso de la nefropatía endémica de los Balcanes, una enfermedad renal, irreversible y letal. En algunas regiones de Bulgaria, Yugoslavia y Rumania, donde la nefropatía es endémica, se percibe una exposición incrementada a la ocratoxina en la dieta. Las lesiones observadas en esta enfermedad son semejantes a las encontradas en la nefropatía porcina relacionada con ocratoxina. En el ser humano principalmente causa daño nefrótico, aunque se han observado lesiones hepáticas, esplénicas, óseas, cardíacas y cerebrales.

En estudios realizados en Francia, Túnez y Egipto, indican que la presencia de ocratoxina A puede correlacionarse con las lesiones que dan origen a la etapa final de la enfermedad renal, o como la causa de cáncer urotelial; esto debido a que en los pacientes se han encontrado niveles altos de OTA en el suero, en orina y en las biopsias. En Europa, estudios recientes han proporcionado una relación entre la exposición a ocratoxina y el cáncer testicular.

la manipulación de los granos. En algunos países, las concentraciones permitidas para OTA varían de 1 a 50 mg/kg en alimentos y de 100 a 1 000 mg/kg en piensos. El Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes (CCFAC) recomienda, para la ocratoxina A, límites a nivel mundial de 5 µg/kg en los cereales y en productos a base de cereales.

- **Riesgo de desarrollo de tumores.** La OTA causa roturas de las hebras del DNA y aberraciones cromosómicas, tanto en células de mamíferos *in vitro* como en roedores *in vivo*. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado la ocratoxina A como posible carcinógeno humano en el desarrollo de tumores epiteliales de la porción superior del aparato urinario. La dosis diaria tolerable de OTA es muy baja; varía de 0.3 a 0.89 mg/día para una persona de 60 kg y su ingesta puede ocasionar toxicidad aguda con dosis de 12 a 3 000 mg/día en una persona de 60 kg.
- **Calidad sanitaria.** El daño físico de las bayas y la deficiente sanidad de las uvas, principalmente en el momento de la maduración, favorecen la posible proliferación del hongo y la contaminación de OTA en los productos vitivinícolas. La Unión Europea ha establecido un límite máximo admisible de contaminación con OTA en vinos, mostos y jugos de uva, de 2 µg/litro.

**IMPORTANTE:**

Utilidad de la detección. Se usa para identificar: riesgo de intoxicación, condiciones de almacenaje, fuentes de contaminación y peligro de desarrollo de tumores.

4. FUSARIUM SPOROTRICHIOIDES**Características macroscópicas**

Los diferentes fusarios que crecen moderada a profusamente, desarrollan diversas coloraciones, especialmente en el reverso de las colonias, por ejemplo: blanco, rosado pálido, rojo, anaranjado,

púrpura, celeste, verde aceituna o pardo. El micelio es ralo o denso, ya sea algodonoso, como un fieltro o con una zona central de funículos, pero en algunos casos es limoso. Las esporas están dispersas en el micelio aéreo, esporodoquios o masas limosas (pionotos). Hay fusarios con pionotos de color anaranjado. Los pigmentos que se difunden en el agar suelen variar de color o tono con el pH. Algunas especies presentan zonas concéntricas de distinta morfología macroscópica debido a la secuencia luz/oscuridad. *Fusarium sporotrichioides* presenta micelio rosa pálido o salmón, y reverso en color grisáceo hasta tinto borgoña

Características microscópicas

Las esporas de los fusarios están dispersas en el micelio aéreo o en esporodoquios o en pionotos. Las macroconidias son curvadas, multiseptadas, con una célula apical más o menos puntiaguda y, en muchas especies, con una célula basal en forma de pie. Las microconidias usualmente son unicelulares, elipsoidales, fusiformes, claviformes, piriformes o subglobosas, similares en ancho a los macroconidios, con una base redondeada o truncada, donde por lo general forman cabezuelas mucosas (figura 9-3). Los conidióforos del micelio aéreo en algunos casos sólo constan de una

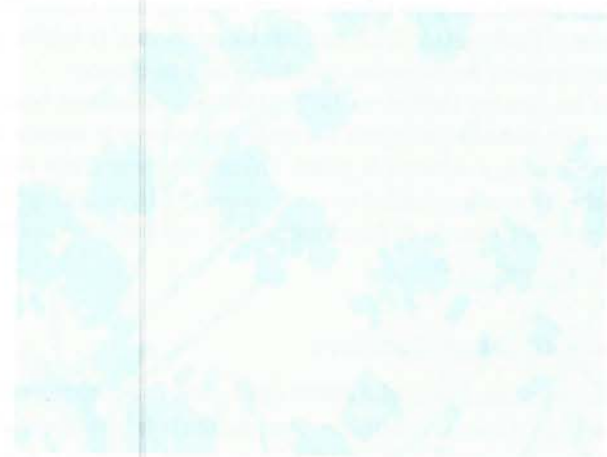


FIGURA 9-3. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE *FUSARIUM SPOROTRICHIOIDES*

célula conidiógena; en otros están ramificados, a veces en verticilos. Las monofálides producen conidios desde una sola abertura y en las polifálides surgen las esporas desde más de una abertura en la misma célula.

La presencia de una célula basal con forma de pie en los macroconidios se considera característica de *Fusarium*, aunque varios géneros de *Coelomycetes* también la desarrollan. Algunas especies de *Fusarium* presentan conidios pluriseptados sin la célula basal y reciben el nombre de mesoconidios. Algunas especies presentan clamidosporas terminales, laterales o intercalares, que a veces forman cadenas. Las células conidiales ocasionalmente se transforman en clamidosporas. Algunas especies forman esclerocios irregulares de color beige, ocre, pardo o gris oscuro.



IMPORTANTE:

Fusarium sporotrichioides. Presenta micelio rosa pálido o salmón, y reverso en color grisáceo hasta tinto borgoña.

Las microconidias son fusiformes o piriformes, y nacen de fálides con más de un poro fértil.

Hábitat

Las especies de *Fusarium* están considerablemente distribuidas, debido a su habilidad para crecer en un rango amplio de sustratos y a sus eficientes mecanismos de dispersión. Se encuentran en la tierra, partes aéreas y subterráneas de plantas, detritos de plantas y otras sustancias orgánicas.

Muchas especies son abundantes en tierras fértiles cultivadas y pastizales. Son comunes en regiones tropicales y templadas. Además, se hallan en áreas desérticas, alpinas y árticas, donde las condiciones climáticas extremas prevalecen. Afortunadamente, *Fusarium sporotrichioides* no es una especie muy común. Se encuentra sobre todo en las regiones templadas en los cultivos de cereales, aunque se ha aislado de cacahuates y judías de soja.



IMPORTANTE:

Plantíos afectados. Se encuentra principalmente en los cultivos de maíz, trigo, cacahuates y judías de soja.

Sustancias producidas

El moho *Fusarium sporotrichioides* libera toxina T-2; mientras que *F. graminearum* produce desoxinivalenol, nivalenol y zearaleona. La toxina T-2 y el desoxinivalenol (DON) pertenecen a un amplio grupo de sesquiterpenos, relacionados desde el punto de vista estructural, que se conocen como tricotecenos. Los tricotecenos se clasifican en cuatro grupos, A, B, C y D según su estructura y especie productora; los de los grupos A y B son elaborados por mohos del género *Fusarium*.



IMPORTANTE:

Micotoxinas producidas. Los tricotecenos son una familia de más de 200 micotoxinas producidas por varias especies de mohos. La toxina T-2 es elaborada por *F. sporotrichioides*. El desoxinivalenol por *F. graminearum*.

Animales afectados

Las propiedades tóxicas de los tricotecenos se han demostrado en el ganado, aves de corral, cerdos, conejos y otras especies.



IMPORTANTE:

Modelos experimentales. Son más sensibles el ganado y las aves de corral.

Brote y alimentos involucrados

La intoxicación se debe a que los alimentos son manufacturados con ingredientes contaminados (maíz, trigo, girasol, cebada, avena, arroz, centeno y otros cereales), o inadecuadamente almacenados (fideos, polenta, sémola, etc.).

Entre 1942 y 1947, en Ucrania, cientos de personas murieron como consecuencia del consumo de productos elaborados a base de mijo. Una investigación reveló que el cereal soportaba el crecimiento de hongos filamentosos principalmente del género *Fusarium*, productores de tricotecenos. Estos hongos provocaron la aleucia tóxica alimentaria o angina séptica.

La ingestión de DON ocasionó un brote de micotoxicosis aguda en la población de China entre 1984 y 1985. El brote se debió al consumo de maíz y trigo mohosos. En un término de 5 a 30 min aparecían síntomas como náuseas, vómito, dolores abdominales, diarrea, mareos y cefaleas.

Mecanismos patogénicos

El deoxinivalenol contamina diversos cereales, especialmente maíz y trigo. En el ganado se presentan casos de síndromes eméticos y de rechazo a los alimentos, debidos a la presencia de DON en los piensos. Esta micotoxina se conoce vulgarmente como vomitoxina. La toxina T-2 provoca lesiones bucales y efectos neurotóxicos en aves de corral, así como enfermedad hemorrágica en otros animales.



IMPORTANTE:

Sintomatología en animales. La presencia de DON en los forrajes provoca en el ganado casos de síndromes eméticos. La toxina T-2 ocasiona efectos neurotóxicos en aves de corral.

Los tricotecenos son irritantes tisulares; se aprecian lesiones bucales, así como dermatitis e irritación intestinal.

Los tricotecenos se reconocen por su efecto inhibidor sobre la síntesis de proteínas. Además, inducen estrés oxidativo, daño al DNA, detención del ciclo celular, afectan la integridad de la membrana celular y alteran la función de las células eucariotas. *La T-2 inhibe síntesis de DNA, RNA y proteínas, suprime la función mitocondrial y causa la muerte de las células eucariontes.* La toxina T-2 tiene un efecto lítico directo sobre los eritrocitos. El modo de acción molecular del DON implica la interrupción de la estructura celular y la función normal, por medio de la inhibición de la síntesis de proteínas, a través de su unión al ribosoma y mediante la activación de las cinasas celulares implicadas en la transducción de señales relacionadas con la proliferación, diferenciación y apoptosis. Los tricotecenos pueden ser supresores o estimuladores del sistema inmunitario. La toxina T-2 disminuye las respuestas a mitógenos en linfocitos humanos *in vitro*. La toxina T-2 pareciera ser más potente, pero es menos común que DON. Hay escasas pruebas de la carcinogenicidad de estas micotoxinas en estudios con animales.



IMPORTANTE:

Patogenia. Los tricotecenos son reconocidos por su efecto inhibidor sobre la síntesis de proteínas.



RECUERDA:

El consumo de cereales contaminados con toxina T-2 causa en el hombre la aleucia tóxica alimentaria (ATA). La sintomatología de la ATA es extremadamente desagradable, comprende: fiebre; vómito; inflamación aguda del aparato digestivo; dolor abdominal; náusea; resfriado; diarrea; erupción hemorrágica; hemorragia de nariz, garganta y encías; angina necrótica; leucopenia extrema; sepsis; agranulocitosis; y agotamiento de la médula ósea.

En Japón se detectaron cepas de *F. graminearum* productoras de nivalenol en arroz y otros cereales, las cuales están relacionadas con casos de la *enfermedad del moho rojo*. Los síntomas comprenden anorexia, náuseas, vómito, cefalea, dolor abdominal, diarrea y convulsiones.

Significado

- **Riesgo de intoxicación.** La existencia de *Fusarium* en productos alimentarios no correlaciona con niveles peligrosos de tricotecenos; sin embargo, sí indican un peligro alimentario significativo al consumir los productos contaminados. En el *Codex Alimentarius*, la ingesta diaria tolerable de DON varía de 1 a 5 µg/kg de peso corporal.
- **Condiciones de almacenaje.** La presencia de tricotecenos en los cereales está asociada a condiciones de almacenamiento

indebidas. *F. graminearum* crece propiciamente a temperaturas de 24 a 26 °C y con una actividad de agua (Aw) mínima de 0.90. Mientras que *F. sporotrichioides* requiere entre 22.5 y 27.5 °C, y una Aw mínima de 0.88. Por lo que crecen en abundancia en los granos de cereal, cuando existe humedad excesiva durante el almacenamiento.

- **Fuentes de contaminación.** La contaminación con *Fusarium* se puede alcanzar en cualquier etapa del procesamiento de los granos. La toxina T-2 se produce en cereales en muchas partes del mundo y está relacionada en particular con periodos prolongados lluviosos durante la cosecha. La concentración máxima recomendada por la Autoridad Europea para la Seguridad de los Alimentos (EFSA) para toxina T-2, en granos de cereal, es de 100 µg/kg. Los límites a nivel mundial para el deoxinivalenol en el trigo (harina) y en otros cereales es de 750 µg/kg.



IMPORTANTE:

Utilidad de la detección. Se emplea para identificar: riesgo de intoxicación, condiciones de almacenaje y fuentes de contaminación.

5. PREVENCIÓN

En la cadena agroalimentaria se han sugerido numerosas estrategias para lograr neutralizar los efectos indeseados de estos metabolitos. Entre las cuales destacan el uso de inhibidores de hongos; aumento de los valores de proteínas, vitaminas y energía en las dietas; la selección genética; los tratamientos químicos, físicos y biológicos de las materias primas, que en situaciones experimentales han mostrado resultados promisorios. Además, se pueden aplicar secuestrantes (sustancias descontaminantes naturales o sintéticas), que son capaces de inhibir la acción de las micotoxinas. Al parecer, estos agentes se ligan a las micotoxinas, impiden que sean absorbidas y los complejos formados se eliminan en los excrementos. Se utilizan como secuestrantes algunas arcillas volcánicas, bentonitas, aluminosilicatos y carbón activado, entre otros.

En general, la medida de control más congruente consiste en minimizar o evitar el desarrollo y la proliferación fúngica. Se recomienda:

- Adquirir materias primas con valores de humedad menores de 9% para las oleaginosas integrales, y por debajo de 12.5% para los granos.
- Almacenar con condiciones de Aw por debajo de 0.65 y temperatura de 20 °C. Es fundamental el uso de ventilación, para mantener en las condiciones indicadas los granos.
- Fumigar y desratizar para imposibilitar el desarrollo de ácaros, insectos y roedores.
- Usar sustancias fungistáticas o mezclas de las mismas con amplio espectro de acción.
- Realizar muestreos y análisis que permitan identificar las condiciones del almacenamiento.

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios estima que la presencia de mohos y micotoxinas se puede reducir mediante la aplicación de medidas apropiadas para la lucha contra plagas y enfermedades, así como buenas prácticas de cosecha, secado y almacenaje. Los programas de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) propuestos por la JECFA, son útiles para hacer frente a los riesgos relacionados con posible contaminación de productos alimentarios y sustancias químicas tóxicas.

**IMPORTANTE:**

Previsión. Entre las recomendaciones destacan el uso de inhibidores de hongos, la selección genética, los tratamientos de las materias primas, la aplicación de plaguicidas, buenas prácticas de cosecha, secado y almacenamiento.

En muchas ciudades se han establecido regulaciones para las micotoxinas. Hacia finales de 2003, aproximadamente 100 países tenían reglamentos específicos o guías detalladas relacionadas a las micotoxinas de los alimentos. Las regulaciones fueron relativas a aflatoxinas, tricocetenos, fumomisin, ácido agárico, alcalioides del cornezuelo del centeno, ocratoxinas, patulina, fomopsinas, esterigmatocistina y zearalenona. Los programas regulatorios de las organizaciones europeas y estadounidenses para proteger al consumidor de los efectos dañinos de las micotoxinas son significativos.

6. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las micotoxinas son elementos tóxicos elaborados por distintos tipos de hongos filamentosos que crecen en plantas, henos, silos, granos, subproductos y otros alimentos almacenados. Las micotoxicosis son enfermedades producidas en el hombre y animales por consumo de micotoxinas.
- En diversos productos de consumo diario se ha encontrado *Aspergillus flavus* y su toxina; por ejemplo, tortillas de maíz, lácteos, huevo, pollo, arroz, cebada, cacahuate, cacao, nueces, pistaches y chiles secos, entre otros. En animales superiores, la intoxicación aguda se manifiesta como una hepatitis, fiebre, depresión, inapetencia y diarrea. La intoxicación crónica se presenta como un hepatocarcinoma.
- La ocratoxina A producida por *Penicillium verrucosum* contamina diversos alimentos de consumo humano, principalmente cereales y bebidas alcohólicas. En los cerdos, el cuadro agudo incluye anorexia, vómito, tenesmos, fiebre, conjuntivitis, tonsilitis, polidipsia, poliuria, moco rectal sanguinolento, deshidratación, postración y muerte. En cuanto a los efectos crónicos, se presentan poliuria, polidipsia y crecimiento disminuido.
- La toxina T-2 es producida por *Fusarium sporotrichioides*; en tanto, el desoxinivalenol (DON) por *F. graminearum*. La intoxicación se debe a cereales contaminados o a productos derivados inadecuadamente almacenados. La presencia de DON en los forrajes provoca en el ganado casos de síndromes eméticos. La toxina T-2 ocasiona efectos neurotóxicos en aves de corral.

WWW.

Véase **Bibliografía** cap. 9 Micotoxinas transmitidas por los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 9 Micotoxinas transmitidas por los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 9 Micotoxinas transmitidas por los alimentos

CAPÍTULO

10

MECANISMOS INMUNITARIOS FRENTE A LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Revisar las características del sistema inmunitario.
- Reconocer los mecanismos de la respuesta inmunitaria contra las enfermedades alimentarias.

INTRODUCCIÓN

El ser humano está expuesto diariamente a distintos microorganismos capaces de provocar enfermedades. Estos patógenos se encuentran en todos los lugares (en el aire, las superficies, los alimentos, hasta en las manos). La cantidad de microbios que se encuentran en nuestro ambiente es impresionante; sin embargo, no nos enfermamos continuamente debido a que contamos con un ejército diseñado especialmente para protegernos contra estos invasores.

El sistema inmunitario está formado por una colección de moléculas, células y órganos, cuyo propósito es mantener fuera del cuerpo a microorganismos infecciosos (bacterias, virus, parásitos y hongos) y a elementos tóxicos (contaminantes ambientales y venenos). La respuesta inmunitaria es primordial para la supervivencia del hombre, lo cual se demuestra por la aparición de ciertas enfermedades en los individuos que padecen alguna disfunción en los mecanismos de defensa.

El funcionamiento del sistema inmunitario es complejo. Existen numerosos tipos de células que circulan por el cuerpo o residen en un determinado tejido. Las distintas células juegan un papel único; cada estirpe posee diferentes formas de reconocer los problemas, comunicarse con otras células y desempeñar sus actividades. Mediante la comprensión de todos los detalles detrás de esta red, los investigadores pueden optimizar la respuesta inmunitaria para enfrentar las dificultades específicas, que van desde infecciones hasta el cáncer.

1. Concepto de sistema inmunitario	130
2. Respuesta inmunitaria innata	131
3. Respuesta inmunitaria adaptativa	131
4. Mecanismos inmunitarios contra los microorganismos transmitidos por alimentos ...	133
5. Síntesis conceptual	135

1. CONCEPTO DE SISTEMA INMUNITARIO

El sistema inmunitario es una organización de órganos, células y moléculas que se han desarrollado para defendernos de agentes infecciosos, tales como bacterias, virus, hongos, parásitos y células mutantes. Este sistema tradicionalmente se ha dividido en inmunidad innata e inmunidad adquirida o adaptativa. Las principales diferencias entre ambas respuestas son los mecanismos y los tipos de receptores usados para el reconocimiento antigénico. En la inmunidad natural, los receptores reconocen estructuras altamente conservadas presentes en un gran grupo de microorganismos. Estas estructuras se denominan *patrones moleculares asociados a patógenos* (PAMP) y los receptores involucrados en identificarlas se llaman *receptores para reconocimiento del patrón* (PRR). En la inmunidad específica, los receptores reconocen a los antígenos de los microorganismos infecciosos, mientras discriminan a los propios.

La delimitación entre inmunidad innata e inmunidad adquirida no es posible. Después de la identificación del microorganismo, las señales producidas por la inmunidad inespecífica, controlan aspectos de la inmunidad específica. Igualmente, la respuesta adaptativa puede dirigir a la respuesta innata contra agentes infecciosos, como en el caso de la citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos. Ambas respuestas inmunitarias son reguladas, en gran parte, por un grupo de proteínas llamadas *citocinas*.



IMPORTANTE:

Sistema inmunitario. Es un conjunto de órganos, células y moléculas que se ha desarrollado para defendernos de agentes infecciosos y células mutantes.

Células y moléculas efectoras

En la inmunidad innata intervienen diversas citocinas, barreras físicas, células y proteínas efectoras circulantes. El epitelio funciona como una muralla ante los invasores. Algunas sustancias con actividad antimicrobiana son producidas en las superficies epiteliales; por ejemplo, las criptidinas en el intestino delgado. Entre las proteínas plasmáticas se incluyen miembros del sistema de complemento, proteínas de fase aguda y otros mediadores de inflamación. Las células fundamentales de la respuesta natural son las NK, linfocitos T $\gamma\delta$ y células B-1, neutrófilos, macrófagos (M Φ) y leucocitos granulares (**figura 10-1**). Los fagocitos realizan una labor de gran importancia, ya que son los principales productores de las citocinas IL-1, IL-6, IL-8, IL-12 y TNF- α ; además, liberan otras moléculas como la enzima activadora de plasminógeno, fosfolipasa, radicales de oxígeno, peróxido, factor activador de plaquetas, óxido nítrico, prostaglandinas y leucotrienos.

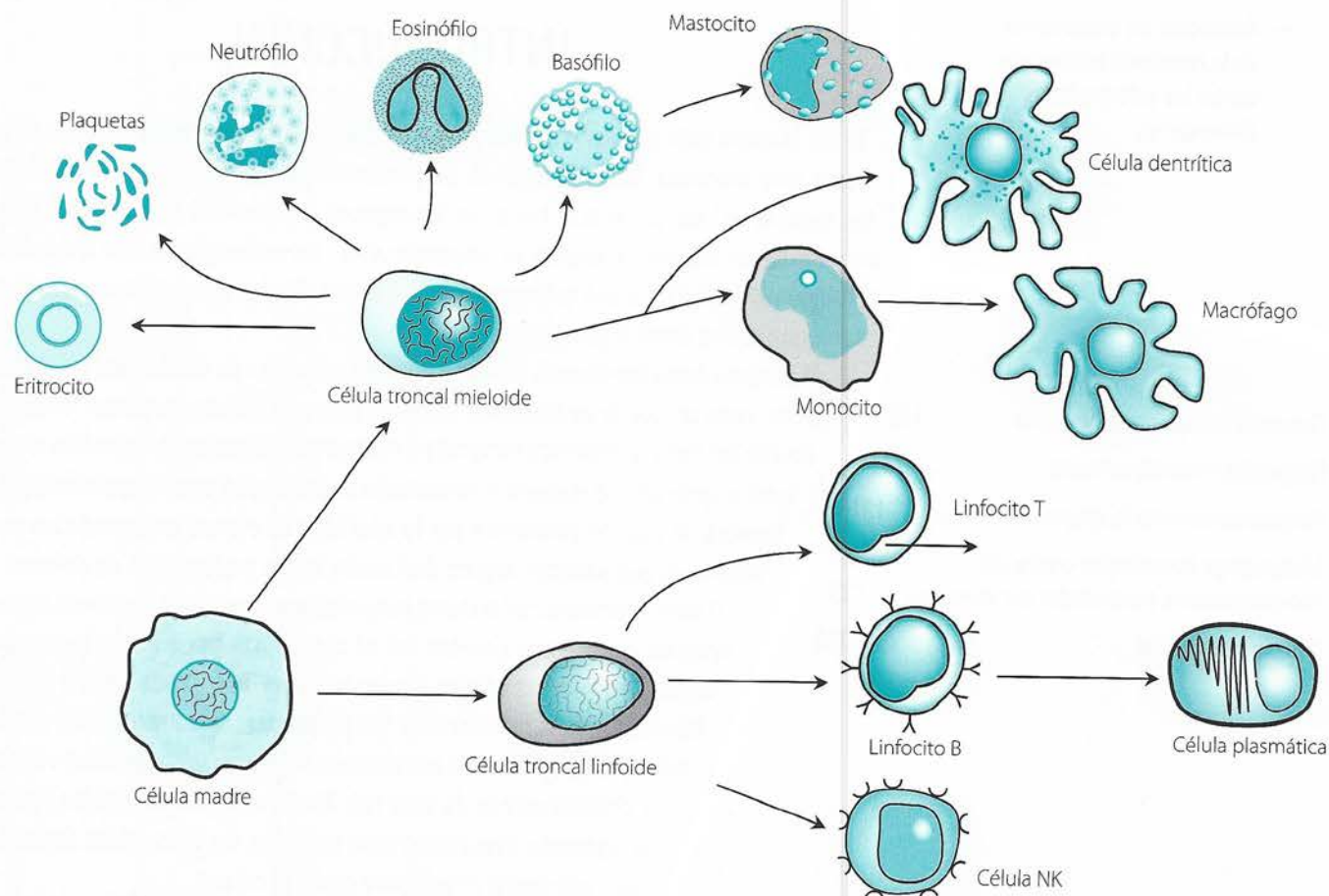


FIGURA 10-1. CÉLULAS DEL SISTEMA INMUNITARIO

**IMPORTANTE:**

Componentes de la inmunidad innata. Intervienen diversas citocinas, barreras físicas, células y proteínas efectoras circulantes.

La respuesta inmunitaria adaptativa es mediada por los linfocitos, que son las únicas células en el cuerpo capaces de reconocer específicamente y distinguir diferentes determinantes antigénicos. Hay dos distintos tipos de linfocitos: las células B y las T (figura 10-1). Los linfocitos B son las únicas células capaces de producir anticuerpos. Las células T se dividen en linfocitos T CD8+ y linfocitos T CD4+ cooperadores (TH). Las células TH se pueden diferenciar en linfocitos TH1, reguladores de la inmunidad celular, o en linfocitos TH2, reguladores de la inmunidad humoral. Los TH1 son productores de IL-2, TNF- α e IFN- γ , y los TH2 son secretores de IL-4, IL-5, IL-6, IL-9, IL-10 e IL-13. Otros linfocitos importantes son los T reguladores (Tregs) FOXP3 (+), que poseen la habilidad de orquestar al sistema inmunitario en tiempo de inflamación e infección, así como en época de armonía y homeostasis.

**IMPORTANTE:**

Componentes de la inmunidad adaptativa. Es mediada por los linfocitos, las únicas células capaces de reconocer específicamente y distinguir distintos determinantes antigénicos.

2. RESPUESTA INMUNITARIA INNATA

Los agentes patógenos generalmente deben atravesar la barrera epitelial para poder multiplicarse dentro de los tejidos y así producir enfermedad. Las defensinas y los otros péptidos son unas de las primeras líneas de defensa contra los microorganismos. Estas moléculas provocan una rápida muerte del agente invasor a través de la permeabilización de su membrana celular.

Los anticuerpos naturales evitan la propagación de las infecciones por la vía sanguínea. Los interferones tipo I (IFN- α y β) son liberados por las células infectadas por virus e inhiben la multiplicación del germen en las células vecinas, debido a que inducen la síntesis de la enzima 2'-5' oligoadenilato sintetasa, que interfiere la replicación del material genético viral. Las proteínas del sistema del complemento en la circulación, tejidos y otros líquidos corporales se activan por la unión de los anticuerpos con los antígenos (vía clásica), por productos bacterianos tales como peptidoglicanos (vía alterna) y por receptores lectina de unión a manana enlazados a carbohidratos de muchos parásitos (vía de lectinas). Estas rutas convergen en una vía terminal, en donde se forma el complejo de ataque de membrana (MAC), un conjunto lipofílico de proteínas plasmáticas que abre poros en la superficie celular y lleva a la lisis del agente invasor. Asimismo, durante la activación del complemento, se generan mediadores de inflamación (p. ej.,

C5a y C3a), los cuales reclutan macrófagos, células NK y neutrófilos. Estas células ocasionan una reacción inflamatoria local en el sitio de la infección. Por otro lado, algunos receptores para reconocimiento del patrón secretados por el hígado, funcionan como opsoninas; es decir, recubren a los antígenos para favorecer su ingestión por las células fagocíticas.

En los tejidos conjuntivos subepiteliales, los microorganismos son reconocidos, atrapados, englobados y destruidos por M Φ y neutrófilos. El reconocimiento de los patógenos a través de los receptores tipo-Toll por los fagocitos induce la secreción de citocinas proinflamatorias. Los macrófagos son importantes en la presentación de antígenos bacterianos a las células T efectoras en los sitios de infección. Cuando se ha establecido una infección viral en un tejido periférico, las células dendríticas inmaduras son las encargadas de reconocer y capturar al virus, procesar sus proteínas, migrar hacia los ganglios regionales y, ya como células dendríticas maduras, presentar sus péptidos a los linfocitos T nativos que están circulando, para iniciar la respuesta específica.

**IMPORTANTE:**

Inmunidad innata. Son las primeras líneas de defensa contra los microbios, proporcionan respuestas rápidas, impiden su acceso en el interior y los eliminan cuando lo logran.

3. RESPUESTA INMUNITARIA ADAPTATIVA

La inmunidad específica se hace efectiva sólo después de varios días; tiempo requerido para que los linfocitos T y B reconozcan a los antígenos (Ag), se diferencien y se conviertan en células efectoras. Los linfocitos T por sí solos no son capaces de identificar a las sustancias extrañas, necesitan que éstas les sean presentadas por otras células a través de las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (MHC). Los péptidos antigénicos provenientes de patógenos que se multiplican en el citosol (p. ej., virus) son acarreados hacia la superficie de la célula presentadora de antígeno por el MHC clase I y presentados a las células T CD8+, las que se convierten en linfocitos T CD8+ citotóxicos (CTL) y migran al tejido inflamado para hacer frente a la infección. Una vez que han arribado al sitio, los CTL contactan con las células del tejido, identifican a las células diana y las destruyen por dos mecanismos conductores a apoptosis: mediante la liberación de granzimas y perforinas, y a través del sistema CD95L/CD95.

Los péptidos antigénicos provenientes de patógenos que se multiplican en el compartimiento vesicular o los provenientes de microorganismos endocitados, son acarreados hacia la superficie de la célula presentadora de antígenos (APC) profesional por moléculas del MHC clase II y presentados a los linfocitos T CD4+. Durante la interacción de las células T CD4+ vírgenes con el Ag en los tejidos linfoides periféricos tiene lugar la diferenciación preferente hacia células TH1 o TH2 o TH17, lo cual a su vez tendrá una enorme importancia en el resultado de la respuesta adaptativa (figura 10-2).

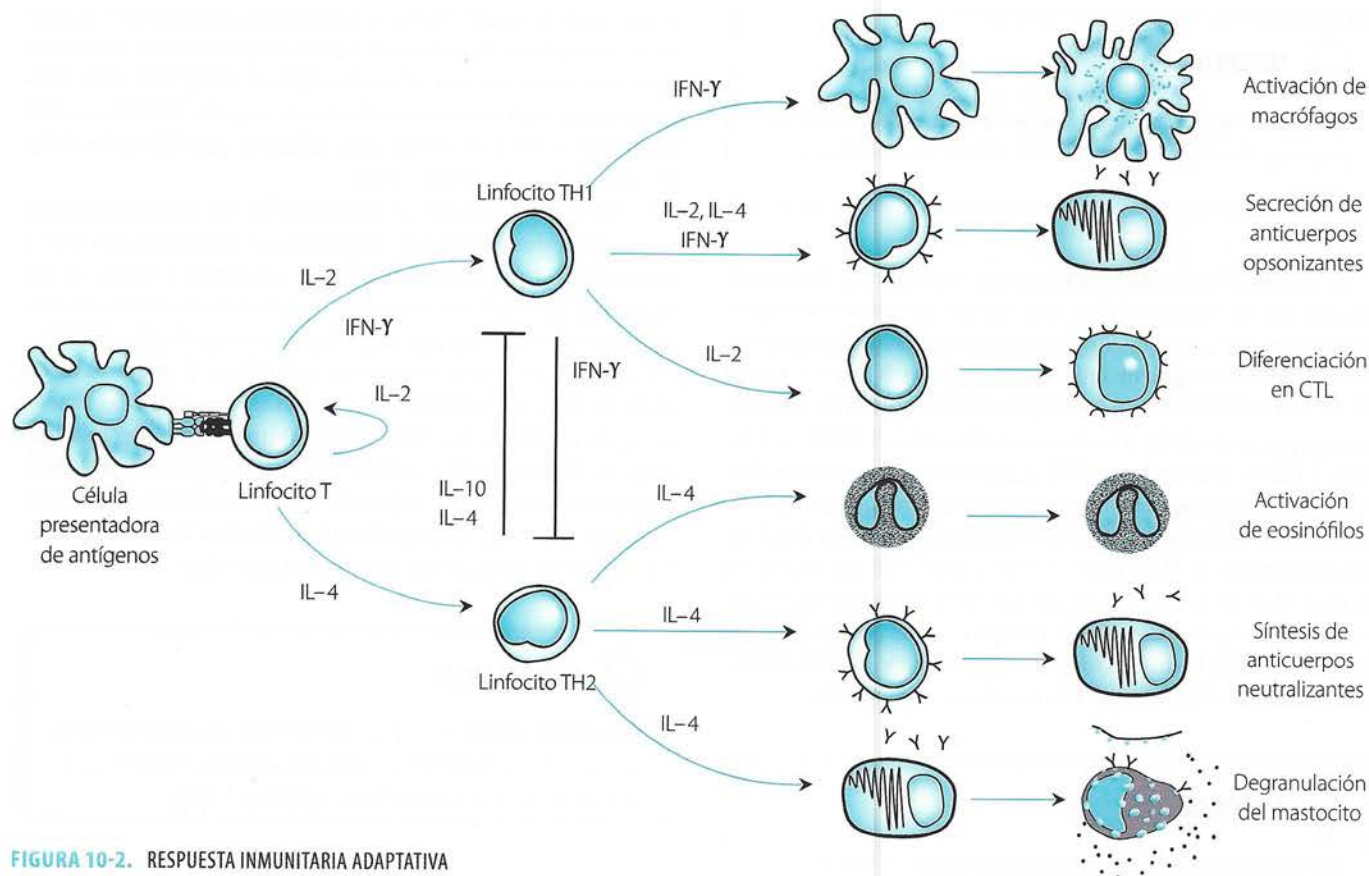


FIGURA 10-2. RESPUESTA INMUNITARIA ADAPTATIVA

Las funciones inflamatorias de los MΦ y la respuesta celular frente a microbios intracelulares (p. ej., la respuesta de hipersensibilidad de tipo retardado [DTH]) se activan principalmente cuando predominan las TH1. Luego de llegar a la zona de la infección, las células TH1 actúan en conjunto con los linfocitos T CD8+ para estimular la migración de los monocitos de la sangre hacia ellos. Una vez realizado esto, se lleva a cabo la interacción entre macrófagos y TH1, en la cual ambos generan estímulos para su expansión. El MΦ estimula al TH1 a través de la liberación de IL-12; en respuesta, el linfocito T secreta IFN-γ para activar al macrófago. El MΦ activado mejora su capacidad fagocítica, aumenta la secreción de citocinas y la expresión de moléculas del MHC clase II junto con sus coestimuladores.

En cambio, cuando prevalecen las células TH2, estos linfocitos actúan como coadyuvantes en las respuestas humerales. Las TH2 controlan la defensa frente a helmintos, artrópodos y reacciones alérgicas, debido a que sus citocinas activan a eosinófilos y mastocitos. Igualmente, las IL-4, IL-5 e IL-13 estimulan la producción de IgE por las células plasmáticas. Estas dos funciones son complementarias, ya que los eosinófilos y mastocitos reconocen a los helmintos que se encuentren recubiertos por IgE. El tipo de respuesta es dependiente del medio ambiente particular de citocinas presentes durante las primeras fases de activación y proliferación de los linfocitos T CD4+.

Por su parte, los linfocitos TH17 inducen la inflamación que elimina a bacterias y hongos extracelulares. Estas células T secretan IL-17 que estimula la producción de quimiocinas por leucocitos y

células tisulares, las cuales reclutan neutrófilos y monocitos en el sitio de la inflamación (figura 10-3). Además, los linfocitos TH17 liberan IL-12 para mantener una función de barrera epitelial en intestino y otros tejidos.

Los mecanismos de las respuestas inmunitarias innata y adquirida forman un sistema integrado de defensa del individuo, en el cual numerosas células y moléculas funcionan colectivamente. La naturaleza de la respuesta inespecífica temprana es un factor de suma importancia e influye en el tipo de respuesta específica que se desarrollará subsecuentemente. De igual manera, la inmunidad adquirida puede intervenir durante la inmunidad natural. En este sentido, los fagocitos mononucleares son importantes participantes en ambas interacciones. Después de haber ingerido al patógeno, los macrófagos respondedores durante una reacción de inmunidad innata muestran sobre su superficie antígenos del microorganismo, los cuales pueden ser reconocidos por los linfocitos T antígeno-específicos. Mientras, las células T y B producen citocinas (tales como el IFN-γ) con la finalidad de incrementar las funciones microbicidas de los macrófagos. Por lo tanto, la interrelación entre la inmunidad innata y la adquirida es bidireccional.



IMPORTANTE:

Inmunidad adaptativa. Es la segunda línea de defensa, proporciona respuestas después de varios días, reacciona específicamente, se adapta al tipo de microbio y deja una memoria.

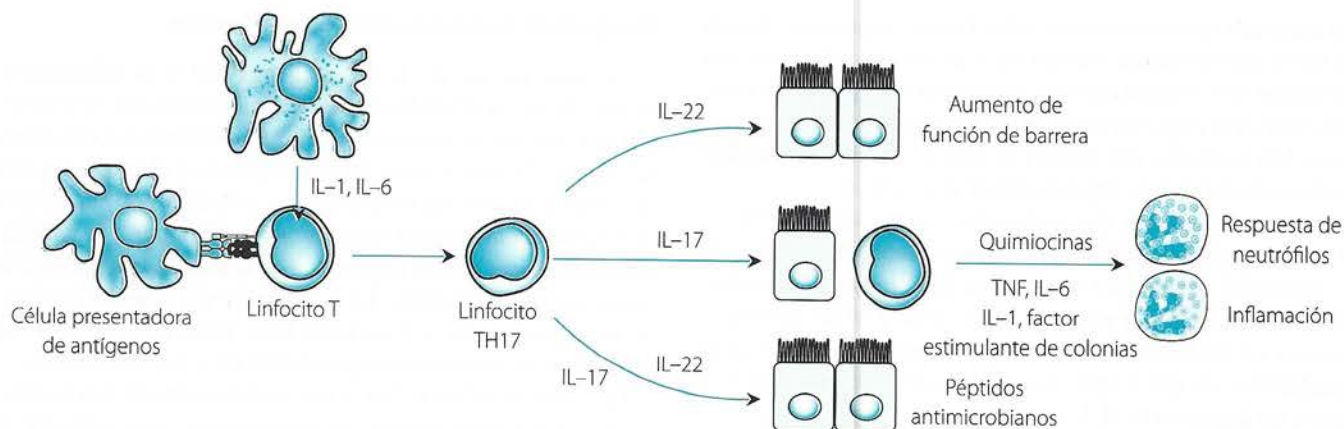


FIGURA 10-3. RESPUESTA INFLAMATORIA NEUTROFÍLICA Y MONOCÍTICA

4. MECANISMOS INMUNITARIOS CONTRA LOS MICROORGANISMOS TRANSMITIDOS POR ALIMENTOS

En forma cotidiana, el hombre se enfrenta a una gran cantidad de gérmenes que, sólo ocasionalmente, causan padecimientos. Esto se debe a los poderosos mecanismos de defensa que se ponen en juego a fin de prevenir la enfermedad. No obstante, a veces se instala un proceso infeccioso o tóxico, cuyo curso depende de los factores de virulencia propios del agente invasor y de la respuesta inmunitaria desarrollada por el individuo. En las líneas siguientes se mencionan los principales mecanismos inmunitarios contra algunos patógenos.

Respuesta contra virus

La infección por virus de hepatitis A (VHA) se resuelve por completo en casi todos los casos. La resolución depende de la inmunidad celular, en donde los linfocitos T citotóxicos destruyen selectivamente a los hepatocitos infectados. La infección por hepatitis A genera una respuesta vigorosa de anticuerpos que protegen contra la reinfección. La IgM específica se encuentra en el suero en lapso de una semana a partir del inicio de la orina oscura, alcanza concentraciones máximas después de la segunda semana y declina lentamente durante los siguientes 40 a 60 días. Los anticuerpos IgG específicos aparecen de manera rápida después que la IgM se detecta, aunque consiguen un título máximo luego de 60 a 80 días. Este anticuerpo es protector y persiste durante muchos años.

Después de la infección por rotavirus (RV), la respuesta inmunitaria incluye la formación de anticuerpos IgA específicos en la luz intestinal, que confieren protección. La inmunidad celular específica, en algunos casos, se asocia con la defensa. Las células B portadoras del receptor homing intestinal $\alpha 4\beta 7$ son importantes para la cura de la infección y la protección contra la reinfección.



IMPORTANTE:

Inmunidad contra infecciones virales. En la infección por VHA, los linfocitos T citotóxicos destruyen selectivamente a los hepatocitos infectados.

Durante el contagio por rotavirus (RV), la formación de IgA en la luz intestinal concede protección.

Respuesta contra bacterias que causan infecciones

En la infección por *Salmonella* están activas las defensas inespecíficas y específicas. La inmunidad natural consiste en acidez gástrica, moco intestinal, peristalsis, lactoferrina y lisozima. La inmunidad eficaz depende sobre todo de las propiedades de macrófagos activados que puedan matar o inhibir a las salmonelas intracelulares. La inmunidad humoral reside en los anticuerpos mucoides y sistémicos. No existe correlación entre la inmunidad para la tifoidea y el título de algún anticuerpo humoral conocido. Sin embargo, los anticuerpos bactericidas pueden destruir muy bien microbios extracelulares y, por lo tanto, inhibir su difusión sistémica. Asimismo, se ha demostrado resistencia genética a la invasión.

La acidez gástrica y el tiempo de tránsito intestinal son importantes defensas no específicas contra la infección por *Campylobacter jejuni*. La defensa adaptativa involucra la inmunoglobulina intestinal IgA y anticuerpos sistémicos. Las personas deficientes en inmunidad humoral desarrollan graves y prolongadas enfermedades. Los anticuerpos IgA neutralizan la enterotoxina y evitan la adherencia de las bacterias *Campylobacter* en la superficie del epitelio intestinal, al unirse a los antígenos de colonización o adhesinas.

El ácido gástrico, secreción mucosa y movilidad intestinal son las primeras defensas innatas contra la infección por *Vibrio cholerae*. En zonas endémicas, un importante factor de protección contra la enfermedad es amamantar a los lactantes. Una respuesta inmunitaria adaptativa efectiva involucra primariamente a la inmunoglobulina secretora A (IgA). Se cree que las IgA liberadas localmente, bloquean la adherencia y colonización de la bacteria y posiblemente neutralicen las toxinas del cólera, lo cual previene que se unan a sus receptores específicos. Además, los anticuerpos IgG reconocen antígenos somáticos, proteínas de membrana externa, enterotoxina y otros productos.

En la infección por *Shigella*, diversos mecanismos de la inmunidad son activados. La inflamación, secreción copiosa de moco y regeneración del epitelio colónico dañado limitan la diseminación de la colitis y promueven la recuperación espontánea. La inmunidad serotipo-específica es inducida por una infección primaria, lo cual sugiere un papel protector de los anticuerpos que reconocen

los antígenos lipopolisacáridos (LPS). Otros antígenos de *Shigella* incluyen enterotoxinas, citotoxinas y proteínas codificadas por plásmidos que inducen invasión bacteriana del epitelio. El papel protector de la respuesta inmunitaria contra estos antígenos no es claro. Los leucocitos son capaces de destruir shigelas en estudios de citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos.

Durante la infección por *Escherichia coli*, el ácido gástrico y el tiempo de tránsito intestinal son importantes mecanismos de la inmunidad natural. Los anticuerpos IgA predominan en diferentes secreciones; por ejemplo, saliva, orina y leche materna, y parecen ser protectores. El suero humano puede contener cifras significativas de IgG e IgM, que sirven como defensa sistémica contra los antígenos O, H, K y toxinas.



IMPORTANTE:

Inmunidad contra infecciones bacterianas. Los macrófagos activados pueden matar o inhibir a las salmonelas intracelulares. En la infección por *Campylobacter*, *Escherichia* y *Vibrio*, la defensa adaptativa depende de la IgA. En la shigelosis, los anticuerpos IgA e IgG reconocen los antígenos lipopolisacáridos del patógeno.

Respuesta contra patógenos que causan intoxicaciones

Las defensas del individuo contra las intoxicaciones alimentarias están prácticamente ausentes, ya que la velocidad de acción de las toxinas supera fácilmente cualquier tipo de respuesta inmunitaria adaptativa. En la intoxicación por *Clostridium botulinum* no se conoce respuesta protectora alguna. Los anticuerpos neutralizan la toxina botulínica, pero sólo cuando está libre, y es ineficaz contra la toxina que se ha fijado al tejido. Los anticuerpos producidos durante la intoxicación por *Staphylococcus*, neutralizan las toxinas. No se conoce nada sobre las respuestas inmunitarias ante la intoxicación alimentaria por *Bacillus cereus*. Se supone que la inmunidad contra el bacilo debería incluir los efectos combinados de anticuerpos anticapsulares y antitóxicos. En las micototoxicosis, los componentes de protección de la inmunidad intestinal innata como la secreción de moco, la generación de péptidos antimicrobianos, la IgA y la liberación de citocinas proinflamatorias mantienen la barrera física formada por las células epiteliales.



IMPORTANTE:

Inmunidad contra intoxicaciones bacterianas. Los anticuerpos neutralizan la toxina botulínica, pero sólo cuando está libre. Los anticuerpos producidos durante la intoxicación por *Staphylococcus* neutralizan las toxinas. Se sugiere que la inmunidad contra *Bacillus* incluye la acción de anticuerpos antitóxica. La inmunidad intestinal innata protege contra las micotoxinas.

Respuesta contra parásitos protozoos

La respuesta inicial a la invasión amebiana es la inflamatoria, producida por la adhesión del parásito a las células del epitelio intestinal, seguida de la liberación de enzimas tóxicas que destruyen las células a las que se unen. La acidez gástrica y el rápido tránsito intestinal son defensas innatas ante la infección por *Entamoeba histolytica*. La inmunidad humoral por anticuerpos y la inmunidad mediada por células juegan papeles limitados para prevenir la diseminación del parásito. En la infección por *Giardia lamblia*, la inmunidad celular y la humoral intervienen en la defensa del hospedero. La enfermedad regularmente no activa anticuerpos.

Las citocinas IFN- γ y TNF- α son más importantes que las funciones de efectoras basadas en citotoxicidad, para defender al hospedero de la infección por *Toxoplasma gondii*. Después de su encuentro inicial con el parásito, el sistema inmunitario rápidamente induce la producción de IL-12 a partir de una población de células dendríticas. Entonces, las células NK y T se activan y sintetizan IFN- γ , el principal mediador de resistencia durante las fases aguda y crónica de la infección. Se estima que la exposición a IFN- γ y miembros de la familia del TNF- α activa mecanismos autónomos celulares que restringen la replicación del parásito y promueven la eliminación del patógeno. En la fase aguda, la liberación concomitante de IL-10 atenúa la producción sistémica de citocinas tipo 1 y previene la inmunopatología letal. Los individuos inmunocompetentes montan una efectiva inmunidad mediada por células que erradica la infección activa por toxoplasma en semanas o meses, y mantiene una memoria contra la reinfección. La capacidad de los macrófagos para eliminar al toxoplasma aumenta considerablemente cuando los parásitos son opsonizados por los anticuerpos. De esta manera, *T. gondii* recubierto por inmunoglobulinas es reconocido por los receptores Fc del macrófago, lo que desencadena la fagocitosis, así como la formación de productos intermediarios reactivos de oxígeno y nitrógeno, que finalmente matan al parásito.



IMPORTANTE:

Inmunidad contra protozoarios. La inflamación es la respuesta inicial ante la infección por *Entamoeba*. En la giardiosis, la inmunidad celular está involucrada en la defensa. Se estima que la producción de IFN- γ y TNF- α activa mecanismos celulares que restringen la replicación y promueven la eliminación del toxoplasma.

Respuesta contra parásitos helmintos

Los mecanismos de defensa inespecíficos limitan la susceptibilidad a helmintos. Las respuestas inmunitarias humoral y celular son tan importantes como la inflamación. Los trabajos experimentales indican un papel crucial para las respuestas tipo TH2 en la eliminación de los nemátodos gastrointestinales. Las células TH2 controlan las citocinas IL-3, IL-4 e IL-5, que regulan la mastocitosis, eosinofilia y producción de IgE, que se presentan durante estas

infecciones. La eliminación de *Trichinella spiralis* parece seguir un mecanismo sinérgico entre anticuerpos y células. La infestación inicialmente estimula una respuesta de anticuerpos IgM, aunque también se produce IgA, debido a que los gusanos están en la mucosa intestinal. No obstante, los anticuerpos protectores elaborados localmente en el intestino son de tipo IgG1. Los anticuerpos bloquean la alimentación de los gusanos, lo que les provoca un considerable daño metabólico. Enseguida, los linfocitos TH1 coordinan la respuesta celular a través de la producción de interferón gamma. Esta citocina induce un aumento en la expresión de los receptores para la región Fc de los anticuerpos en los eosinófilos, por lo que los parásitos opsonizados con IgG se reconocen fácilmente. Los eosinófilos adheridos a la superficie de larvas de *T. spiralis* descargan su contenido citoplasmático al evaginar su membrana, lo que produce fracturas y lesiones de los tegumentos del parásito. Además, los linfocitos T activados ocasionan la expulsión de los gusanos del intestino.

Los principales mecanismos inmunitarios capaces de dañar a *Taenia solium* se han investigado poco. La efectividad de la respuesta innata depende en gran parte de la generación de una reacción inflamatoria en el entorno del patógeno. Uno de los mecanismos protectores descritos es la capacidad de los anticuerpos para destruir las oncósferas del parásito, a través de la fijación del complemento. Adicionalmente, se ha observado en estudios experimentales que algunos epítopes parasitarios inducen la síntesis de anticuerpos que afectan la viabilidad de los cisticercos, ya que interfieren con la capacidad de transformarse en tenias.



¡IMPORTANTE:

Inmunidad contra helmintos. Las respuestas tipo TH2 juegan un papel decisivo en la eliminación de los nemátodos gastrointestinales. Durante la triquinosis, las IgG1 ejercen un efecto protector intestinal. Los eosinófilos vierten su contenido contra *Trichinellas* opsonizadas con IgG e IgE. Los anticuerpos destruyen las oncósferas de *Taenia* a través de la activación del complemento.

No se debe olvidar la participación de los mecanismos de evasión de los patógenos, que pueden modificar la respuesta inmunitaria del individuo. Por ejemplo, *Entamoeba histolytica* secreta proteasas específicas que fragmentan citocinas y libera factor inhibidor de locomoción de monocitos (MLIF), con lo cual modula la activación y el reclutamiento de células inflamatorias. *Yersinia enterocolitica* induce apoptosis, inhabilita la expresión de moléculas superficiales e inhibe producción de citocinas en células dendríticas. *Salmonella* obstaculiza la función de las células dendríticas y la activación de las células T, para alterar la inmunidad adaptativa del hospedero. Los helmintos estimulan a las células T reguladoras CD4+CD25+, productoras de IL-10 y TGF- β , capaces de inhibir la respuesta inflamatoria protectora, lo que favorece la persistencia de la infección.

5. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- El sistema inmunitario es un conjunto de órganos, células y moléculas que sirven para defendernos contra agentes infecciosos y tumores. La inmunidad innata es la primera línea contra los microbios, proporciona respuestas rápidas, impide su acceso en el interior y los destruye. La inmunidad adaptativa es la segunda línea, proporciona respuestas lentas, reacciona específicamente, se adapta al tipo de microbio y permanece una memoria del patógeno.
- En la infección por VHA, los linfocitos T citotóxicos destruyen selectivamente a los hepatocitos infectados. Durante el contagio por rotavirus, la IgA otorga protección. Los macrófagos activados pueden matar o inhibir a las salmonelas intracelulares.
- En la infección por *Campylobacter*, *Escherichia* y *Vibrio*, la defensa depende de la IgA. En la shigelosis, los anticuerpos IgA e IgG identifican a los antígenos del patógeno.
- La toxina botulínica es neutralizada por anticuerpos, pero sólo cuando está libre. Los anticuerpos producidos durante la intoxicación por *Staphylococcus* neutralizan las toxinas. La inmunidad contra *Bacillus* incluye la acción de anticuerpos antitoxina. Las micotoxinas pueden ser neutralizadas por IgA intestinal.
- La inflamación es la respuesta inicial ante la amebosis. En la giardiosis, la inmunidad celular está involucrada en la defensa. Las citocinas IFN- γ y TNF- α activan mecanismos celulares que restringen la replicación y promueven la eliminación del toxoplasma.



Véase **Bibliografía** cap. 10 Mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 10 Mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 10 Mecanismos inmunitarios frente a las enfermedades transmitidas por alimentos

PARTE III

DETECCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS

CONTENIDO

CAPÍTULO 11

Grupos microbianos indicadores
de calidad

CAPÍTULO 12

Garantía de la calidad microbiológica
de los alimentos

CAPÍTULO 13

Detección de la contaminación
microbiana en los alimentos

CAPÍTULO 14

Análisis de riesgos y puntos críticos
de control

CAPÍTULO 15

Legislación sanitaria en alimentos



CAPÍTULO

11

GRUPOS MICROBIANOS INDICADORES DE CALIDAD



OBJETIVOS

- Identificar las características de los grupos indicadores de calidad higiénica.
- Reconocer la participación de los grupos indicadores en el deterioro y en la señalización de calidad de los alimentos.

INTRODUCCIÓN

La presencia de microbios en los alimentos no implica forzosamente un riesgo para las personas o una calidad inferior de estos productos. En realidad, cada bocado de alimento contiene levaduras, mohos, bacterias y otros gérmenes inoocuos. La mayor parte de los comestibles se vuelve potencialmente peligrosa para el consumidor, cuando se han realizado prácticas inadecuadas de higiene, limpieza y desinfección.

Los productos sometidos a condiciones que pudieran haber permitido la llegada de microorganismos o la multiplicación de agentes infecciosos o toxigénicos, se pueden convertir en un vehículo de transmisión de enfermedades. Los riesgos se hacen evidentes a través del análisis de muestras de alimentos, en busca de los propios agentes causales o de indicadores de una contaminación no aceptable.

1. Concepto de alimento de buena calidad sanitaria	140
2. Microorganismos indicadores	140
3. Bacterias mesofílicas aerobias	140
4. Organismos coliformes	141
5. Coliformes fecales	142
6. Mohos y levaduras	143
7. Psicrótrofos	144
8. Termófilos	145
9. Termófilos	146
10. Proteolíticos	147
11. Osmófilos	148
12. Mucógenos	148
13. Enterococos	149
14. Bacterias lácticas	150
15. Síntesis conceptual	152

1. CONCEPTO DE ALIMENTO DE BUENA CALIDAD SANITARIA

Un comestible de buena calidad sanitaria es aquel alimento natural como una verdura, una fruta o un pescado que no contiene en sus tejidos sustancias químicas (plaguicidas, metales pesados), microorganismos (bacterias, parásitos) u otro tipo de materiales (larvas en las frutas) ajenos a su composición. Asimismo, el comestible no tiene que haber sufrido algún deterioro que afecte sus características naturales, y su flora microbiana debe ser cualitativa y cuantitativamente compatible con un producto inofensivo para la salud.



IMPORTANTE:

Producto de buena calidad sanitaria. Es aquel alimento natural que no contiene en sus tejidos sustancias químicas, microbios u otro tipo de materiales ajenos a su composición.

2. MICROORGANISMOS INDICADORES

Desde los inicios de la microbiología de alimentos, los investigadores se han enfrentado a la dificultad de estudiar algunos microbios de interés, debido a su poca frecuencia y al complicado aislamiento a partir de los comestibles. Por lo cual se utiliza, en su lugar, una variedad de microorganismos disponibles en forma profusa y relativamente fáciles de cultivar. Estos microbios se pueden agrupar en función de ciertas características, sin responder a criterios de clasificación taxonómica, y su presencia en determinado número indica que los productos estuvieron expuestos a condiciones que pudieran haber introducido gérmenes peligrosos o permitido la multiplicación de especies infecciosas o toxigénicas. Los conjuntos utilizados con estos fines se denominan *microorganismos indicadores*, y se definen como *grupos de gérmenes que comparten alguna característica morfológica, fisiológica o ecológica, cuya presencia en grandes cantidades se correlaciona con mala calidad higiénica del alimento (figura 11-1)*.

Un grupo microbiano indicador ideal de calidad de un alimento debe:

- Estar presente y perceptible en todos los productos, cuya calidad tenga que ser evaluada.
- Ser fácilmente descubierto, enumerado y distinguible de otros microorganismos.
- Tener su crecimiento y cantidad una correlación directa negativa con la calidad del producto.
- Ser cuantificable en un periodo corto.
- No ser afectado desfavorablemente en su crecimiento por otros componentes de la flora del alimento.

Los microorganismos indicadores son resultado de fallas en el control del medio ambiente, procesamiento, posproducción, nivel de higiene y saneamiento, e indican la calidad higiénica del agua y alimentos.



IMPORTANTE:

Microorganismos indicadores. Son grupos de microbios que comparten alguna característica y su presencia se relaciona con la calidad higiénica del alimento.

3. BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS

Definición

Son un grupo heterogéneo de microorganismos que comparten entre sí la capacidad para formar colonias visibles en medios simples, bajo condiciones aerobias a temperaturas de entre 20 y 37 °C.

Miembros del grupo

Este tipo de bacterias es uno de los indicadores más amplio, ya que incluye a toda bacteria capaz de formar colonias en 24 horas. Entre las bacterias mesofílicas aerobias (BMA) más comunes están: *Proteus* sp., enterococos y *seudomonas*. Las infecciones bacterianas en seres humanos son causadas principalmente por microorganismos mesofílicos, que encuentran su crecimiento óptimo a temperaturas de alrededor de 37 °C, por ejemplo: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Las bacterias que favorecen la flora intestinal humana también son mesofílicas, entre ellas, *Lactobacillus acidophilus*.

Fuentes de contaminación

Éstas incluyen la tierra, fauna nociva, excretas humanas, agua, desperdicios orgánicos, productos agrícolas y materiales diversos.



FIGURA 11-1. LOS GRUPOS INDICADORES MICROBIANOS DETERMINAN LA CALIDAD HIGIÉNICA DEL ALIMENTO

**IMPORTANTE:**

Bacterias mesófilicas aerobias. Son un grupo heterogéneo de microbios, que crecen en condiciones aerobias a temperaturas de entre 20 y 37 °C.

Entre las BMA más comunes están *Proteus* sp., enterococos *S. aureus*, *E. coli* y *L. acidophilus*.

Se encuentran en la tierra, excretas humanas, agua, desperdicios orgánicos, productos agrícolas y materiales diversos.

Significado en los alimentos

Los valores de BMA sirven como:

- **Indicadores de la posible presencia de agentes patógenos.** Prácticamente, todas las bacterias patógenas que utilizan a los alimentos como vehículo, son mesófilas; en algunos casos contribuyen a los altos recuentos de microbios encontrados en placas de Petry. Aunque puede considerarse que porciones reducidas de un alimento no aseguran la ausencia de gérmenes patógenos.
- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** Con recuentos incrementados es posible pensar en el uso de ingredientes muy contaminados. Una cifra alta podría llamar la atención hacia malas prácticas sanitarias, que en lotes paralelos se puede traducir en un riesgo mayor.
- **Indicadores de las condiciones de almacenaje.** En los productos perecederos pueden mostrar límites inadecuados de tiempo/temperatura durante su almacenamiento. En los alimentos secos indican si la humedad se ha controlado.
- **Indicadores de fuentes de contaminación.** Los productos expuestos a materiales o ambientes no estériles, pueden contaminarse con microorganismos provenientes de diversos lugares. En la leche cruda, los recuentos altos se deben al equipo no higienizado, agua de mala calidad y animales sucios, entre otras prácticas insalubres.
- **Indicadores de eficiencia germicida.** Los tratamientos utilizados durante la elaboración de alimentos, buscan reducir la carga bacteriana. Cuando se recuperan cantidades significativas de microbios, después de aplicar un antimicrobiano como el cloro, podría indicar que la concentración no fue la adecuada o que el germen ha adquirido resistencia.

**IMPORTANTE:**

Recuento de BMA. Tiene utilidad porque es indicador de la posible presencia de agentes patógenos, de manejos higiénicos deficientes, de las malas condiciones de almacenaje, de fuentes de contaminación y de eficiencia germicida.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. En el momento en que la degradación se puede detectar por el olor, sabor y aspecto desagradables, la mayor parte

de los alimentos contiene más de 10e6 BMA por gramo. Algunos comestibles pueden ser inaceptables cuando tienen cifras de 10e7 bacterias por gramo; mientras que en productos no fermentados, las poblaciones microbianas alcanzan el orden de 10e9/g, lo cual se correlaciona con una alteración muy avanzada. Los alimentos fermentados (p. ej., el queso) alcanzan cifras similares, pero sin presentar daño. Entre los principales comestibles que se caracterizan por tener conteos de BMA altos, están la leche, carne molida y pescado. La alteración se debe a la actividad de un grupo de microorganismos específicos, los cuales pueden dañar de manera considerable el producto, aunque su desarrollo no sea abundante.

**IMPORTANTE:**

Modificaciones del alimento por BMA. La principal es la degradación del producto cuando los valores son mayores a 10e6 BMA por gramo.

4. ORGANISMOS COLIFORMES

Definición

Son bacterias aerobias o facultativamente anaerobias, gramnegativas, no esporuladas, fermentadoras de lactosa con producción de ácido láctico y gas dentro de las 48 h de incubación a 35 °C. El término *coliforme* se acuñó para denominar a los microbios que se parecían a *Escherichia coli* y producían colonias similares.

Miembros del grupo

Las bacterias más predominantes pertenecen a los géneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Enterobacter*.

Características

Los organismos coliformes (OC) pueden ocasionar algunas alteraciones en los comestibles debido a que son:

- **Heterofermentadores.** Pueden convertir la glucosa en ácido láctico y ácido acético.
- **Putrefactivos.** Poseen una importante capacidad para descomponer diversos productos.
- **Psicrotróficos.** Muchas cepas tienen habilidad para desarrollarse a 20 °C.

Fuentes de contaminación

Los OC se encuentran principalmente en el intestino de los seres humanos y de los animales de sangre caliente. Además, están ampliamente distribuidos en la naturaleza, sobre todo en los desperdicios orgánicos, cadáveres y desechos animales, heces humanas, tierra y polvo, fauna nociva y aguas negras.

**IMPORTANTE:**

Organismos coliformes. Son bacterias aerobias gramnegativas, fermentadoras de lactosa dentro de las 48 h de incubación a 35 °C.

Los géneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Enterobacter* pertenecen a este grupo.

Se encuentran en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente, en los desperdicios orgánicos, cadáveres, desechos animales, tierra y aguas negras.

Significado en los alimentos

La presencia y recuento de OC en los alimentos adquiere significado o es intrascendente, según cada caso particular. Las siguientes son algunas posibilidades:

- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** Las cantidades altas de coliformes sugieren prácticas sanitarias objetables en el manejo o elaboración de un alimento. Los recuentos altos de OC en la leche pasteurizada, leche en polvo, helados, pastas frescas, fórmulas para lactantes, fideos y cereales para el desayuno indican mala calidad del producto, pero no necesariamente implican un riesgo sanitario. En el jugo de naranja procesado, la presencia de OC no sirve como indicador de calidad sanitaria, ya que se aíslan aun en las condiciones más higiénicas.
- **Indicadores de la eficiencia germicida.** Puesto que los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales, su ausencia en los alimentos después de un tratamiento desinfectante indica que el producto es bacteriológicamente seguro.
- **Indicadores de potabilidad del agua.** El número de OC en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. En México, la norma sanitaria establece que el agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli*, coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 mL.

**IMPORTANTE:**

Recuento de OC. Tiene utilidad porque es indicador de manejos higiénicos deficientes, de la eficiencia germicida y de potabilidad del agua.

Alteraciones en los alimentos

Mucosidad. *Enterobacter cloacae* provoca problemas considerables en los ingenios azucareros, al formar gran cantidad de material mucoso en el jugo de la caña de azúcar.

Gasificación. Las aceitunas enlatadas contaminadas por OC pueden liberar gases.

Otros. La putrefacción de carne empacada al vacío y el sabor amargo en algunos quesos eventualmente se asocian a la actividad de los coliformes.

**IMPORTANTE:**

Modificaciones del alimento por OC. Se presenta mucosidad, gasificación, putrefacción y sabor amargo.

5. COLIFORMES FECALES

Definición

Son coliformes fermentadores de lactosa, con producción de gas dentro de las 48 h de incubación a 44.5 °C.

Miembros del grupo

En este grupo se incluyen *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Enterobacter*. En una muestra con coliformes fecales presentes, la probabilidad de aislar *Escherichia coli* es de 80%.

Características

Los coliformes fecales (CF) podrían ser renombrados como coliformes termótrofos debido a que son:

- **Termotolerantes.** Tienen capacidad para soportar altas temperaturas.

Fuentes de contaminación

Se encuentran en los intestinos de los seres humanos y animales de sangre caliente. Existen muchos CF de vida libre; por ejemplo, en las aguas negras. Asimismo, se pueden aislar en gran cantidad en productos como las hojas de té para beber, lo cual no necesariamente indica riesgo sanitario, ya que no son de origen fecal.

**IMPORTANTE:**

Coliformes fecales. Son coliformes que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 h de incubación a 44.5 °C.

En este grupo se incluyen *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Enterobacter*.

Se encuentran en los intestinos de seres humanos y animales, así como en las aguas negras.

Significado en los alimentos

Estos microorganismos sirven como:

- **Indicadores del riesgo de enfermedad.** La contaminación microbiológica de las frutas y verduras por microbios de origen fecal proviene principalmente del agua utilizada para riego y lavado de los productos hortícolas. Las cifras altas de CF se asocian a un peligro potencial de enfermedad por patógenos provenientes de los intestinos del hombre y otros animales.
- **Indicadores de contaminación fecal.** En ambientes acuáticos, las concentraciones altas de CF se deben a la eliminación de desechos orgánicos, por lo que se usan para determinar el grado de contaminación bacteriológica en las playas.
- **Indicadores de posible presencia de patógenos.** En ostiones y aguas de esteros se aprecia una mayor correlación entre el contenido de coliformes fecales y la presencia de patógenos intestinales. En concentraciones mayores a 1 000 CF/mL hay 50% de probabilidad de encontrar *Salmonella* sp.



IMPORTANTE:

Recuento de CF. Es útil porque es indicador del riesgo de enfermedad, de contaminación fecal y de posible presencia de patógenos.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. La degradación de los ostiones por los CF se caracteriza por una consistencia floja y pastosa del pie muscular. Simultáneamente, se desarrollan olores desagradables y persistentes.



IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por CF. Se manifiestan descomposición y olores desagradables.

6. MOHOS Y LEVADURAS

Definición

Los mohos son organismos eucariontes, esporulados, carentes de clorofila, que se reproducen sexual y asexualmente, con cuerpo filamentosos o ramificado y con frecuencia rodeado de paredes celulares que contienen celulosa o quitina, o ambas sustancias. Las levaduras “verdaderas” son hongos unicelulares pertenecientes a los ascomicetos, se multiplican por gemación, tienen capacidad para esporular y son aerobias o anaerobias. Desde una perspectiva microbiológica, son levaduras todos los hongos con predominio de una fase unicelular en su ciclo de vida.

Miembros del grupo

Entre los hongos filamentosos más frecuentes en los comestibles podemos mencionar *Mucor*, *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Las levaduras habituales en alimentos son *Saccharomyces*, *Debaryomyces*, *Candida* y *Zygosaccharomyces*.

Fuentes de contaminación

Los mohos viven en el suelo, materiales diversos, animales, aguas dulce y salada. Los productos agrícolas suelen contaminarse de manera natural por hongos filamentosos y levaduras. Sus esporas están en todo lugar. La habilidad de estos microorganismos para crecer en una variedad de ambientes es la razón por la que pueden estar presentes en muchos tipos de alimentos.



IMPORTANTE:

Mohos y levaduras. Los hongos filamentosos son organismos esporulados, carentes de clorofila. Las levaduras son unicelulares, se multiplican por gemación, tienen capacidad para esporular.

Entre los hongos filamentosos podemos mencionar *Mucor*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Las levaduras habituales en alimentos son *Saccharomyces*, *Candida* y *Zygosaccharomyces*.

Los mohos viven en el suelo, materiales diversos, animales, productos agrícolas, aguas dulce y salada.



RECUERDA:

Además de los microorganismos indicadores, se investigan los microorganismos índices. Son aquellos cuya presencia en un alimento indica la posible existencia simultánea de gérmenes patógenos ecológicamente relacionados. Un microorganismo puede ser índice e indicador al mismo tiempo.

Escherichia coli es un bacilo gramnegativo, anaerobio facultativo de la familia *Enterobacteriaceae*; se distingue por ser coliforme termotolerante que fermenta lactosa a 44.5 °C, produce indol a partir de triptófano y sintetiza β-glucuronidasa. Estas características bioquímicas permiten su identificación en el laboratorio.

E. coli se considera indicador de contaminación fecal reciente, humana o animal en agua embotellada, leche, jugos, alimentos infantiles y alimentos procesados. Asimismo, se utiliza como índice de la posible presencia de patógenos entéricos en el agua y los alimentos. Sin embargo, su aplicación como indicador indirecto de la presencia de protozoos y virus entéricos es limitada, por lo cual se ha sugerido el uso de bacteriófagos y esporas bacterianas.

Significado en los alimentos

El recuento de hongos filamentosos y levaduras tiene importancia, ya que sirve como:

- **Indicador de manejos higiénicos deficientes.** Los recuentos altos en la maquinaria señalan que no se ha limpiado ésta de manera adecuada y que pudiera contaminar el alimento.
- **Indicador de fuentes de contaminación.** Durante el tratamiento del alimento, el ingreso puede ocurrir a través de agua impurificada, aire que contiene esporas o polvo cargado de hongos filamentosos. Los responsables del diseño de procesos deben ser conscientes de los lugares potencialmente conflictivos para poderlos eliminar.
- **Indicador de la posible vida de anaquel.** El recuento sirve para estimar la frescura en muchos alimentos desecados o congelados, derivados de cereales y lácteos. Los productos cárnicos curados, los troceados y los curados tienen como límite máximo permitido para mohos y levaduras < 10 UFC/g.
- **Indicador de riesgos de intoxicación.** Al incrementar su número, ciertas especies de mohos pueden liberar toxinas sobre los comestibles, las cuales, al ser ingeridas, ocasionan enfermedad en el hombre.



IMPORTANTE:

Recuento de hongos filamentosos y levaduras. Tiene importancia ya que sirve como indicador de manejos higiénicos deficientes, de fuentes de contaminación, de la posible vida de anaquel y de riesgos de intoxicación.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Los hongos filamentosos pueden ocasionar cambios físicos y químicos en los alimentos, los cuales a veces son muy considerables. El moho *Bysschlamys* hidroliza la pectina de algunas frutas y verduras, lo que puede reblandecerlas; además, debido a su termorresistencia causa deterioro en frutas y jugos. En el ajo, cebolla y otras especias se presentan putrefacciones o fermentaciones provocadas principalmente por hongos del género *Botrytis* y *Geotrichum*.

Mucosidad. Las levaduras del género *Debaromyces* frecuentemente se asocian a la producción de moco en las salchichas.

Gasificación. La principal causa de deterioro de aderezos y mayonesas es la contaminación por *Zygosaccharomyces bailii*, lo que provoca disolución de la emulsión, formación de gas y olor desagradable. Los mohos y levaduras pueden invadir y crecer en casi todos los alimentos en cualquier momento.



IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por hongos y levaduras. Las principales son descomposición, mucosidad y gasificación.

7. PSICRÓTROFOS

Definición

Son aquellos microorganismos con capacidad de producir crecimiento visible a temperaturas bajas de 7 °C dentro de 7 a 10 días. Estos gérmenes tienen típicamente un crecimiento óptimo a temperaturas mayores de 20 °C.

Miembros del grupo

Los géneros de microbios psicrótrofos más frecuentes en los alimentos incluyen *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Yersinia*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Aeromonas*, *Chromobacterium* y *Lactobacillus*.

Características

- **Composición de la membrana.** Los psicrótrofos, ante temperaturas bajas, sintetizan una proporción mayor de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales disminuyen el punto de fusión de los lípidos.
- **Enzimas termoestables.** Aunque la pasteurización inactiva a los gérmenes, las enzimas generadas permanecen activas y pueden afectar progresivamente el sabor y el aroma durante la comercialización del producto. Son de especial interés las lipasas y las proteasas.
- **Enzimas de choque frío.** Se sintetizan a 10 °C a una tasa 2 a 10 veces mayor que a 37 °C. La proteína CspA indica un proceso adaptativo a temperaturas bajas.

Fuentes de contaminación

Las bacterias del género *Pseudomonas* se encuentran en suelo, agua y otros sustratos. *Enterobacter aerogenes* puede estar presente en el intestino del hombre y animales; asimismo, es un habitante común del agua, tierra y aguas residuales. *Proteus* se halla en el ambiente y es un saprófito común de materia orgánica en descomposición.



IMPORTANTE:

Psicrótrofos. Son aquellos microorganismos con capacidad de crecer a 7 °C en 7 a 10 días.

Entre los psicrótrofos se incluyen *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Aeromonas*, y *Lactobacillus*.

Las pseudomonas se encuentran en suelo, agua y otros sustratos. *Enterobacter* puede estar presente en intestino, agua, tierra y aguas residuales.

Significado en los alimentos

- **Indicador de fuentes de contaminación.** En los productos lácteos, la presencia de bacterias psicrótrofas se debe a la conta-

minación por agua, tierra o vegetales. Además, se pueden encontrar microbios procedentes de la suciedad en materiales, equipo de ordeña y parte interna de la ubre. En los mataderos de gallinas, después de la evisceración, el agua de lavado aporta a las canales muchos microorganismos psicrótrofos.

- **Indicador de las condiciones de almacenaje.** La alteración por *Pseudomonas* de productos cárnicos refrigerados en aerobiosis revela que fueron almacenados incorrectamente.
- **Indicador de la posible vida de anaquel.** Los alimentos en refrigeración se deterioran conforme se incrementa el número de psicrótrofos, lo cual adelanta la expiración de la fecha de caducidad del producto. Los límites de psicrótrofos recomendados para la leche son $< 1.0 \times 10^7$ UFC/mL.



IMPORTANTE:

Recuento de psicrótrofos. Es un indicador de las fuentes de contaminación, de las condiciones de almacenaje y de la posible vida de anaquel.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Los grupos *Pseudomonas*, *Moraxella* y *Alcaligenes* son deterioradores muy dinámicos de los alimentos proteínicos (como intestinos de pollo, carne fresca y pescado) que se almacenan en refrigeración, aun a temperaturas cercanas a 0 °C. *Pseudomonas* spp. desencadena olor dulce, podrido y sulfuroso, debido a que es capaz de atacar a los péptidos y producir cetonas, ésteres, aldehídos y amoníaco.

Síntesis de pigmentos. El color suele asociarse a la intensidad de actividad de los microbios. Los alimentos pueden mostrar tonalidades muy variadas: amarillo, rosa, naranja o rojo. En alimentos cárnicos conservados en refrigeración al vacío, las pseudomonas pueden producir sulfuro de hidrógeno (H_2S) que reacciona con la hemoglobina, lo cual ocasiona la aparición de manchas verdes.



IMPORTANTE:

Modificaciones del alimento por psicrótrofos. Destacan la descomposición y la síntesis de pigmentos.

8. TERMODÚRICOS

Definición

Son aquellos gérmenes sobrevivientes en un alimento, después de ser sometido a algún tratamiento térmico relativamente alto. El tratamiento ordinario de referencia es la pasteurización. La mayor parte de microbios termodúricos es incapaz de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores. Para darle mayor valor práctico al recuento de termodúricos, se excluyeron de este grupo a las bacterias esporuladas.

Miembros del grupo

Son géneros importantes de gérmenes termodúricos: *Alcaligenes*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Arthrobacter*.

Fuentes de contaminación

Streptococcus se encuentran principalmente en piel, mucosas, aparatos gastrointestinal, genital y respiratorio de los animales y el hombre; aunque algunas especies se aíslan en el agua y lecho de animales. *Corynebacterium* se aíslan de piel y mucosas del hombre y animales, y ocasionalmente del suelo. Las especies de *Arthrobacter* se hallan en el medio ambiente, especialmente en la tierra.



IMPORTANTE:

Termodúricos. Son aquellos gérmenes que sobreviven después de algún tratamiento térmico relativamente alto.

Pertecen a los termodúricos: *Alcaligenes*, *Corynebacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Arthrobacter*.

Streptococcus se encuentran en piel, mucosas, vías respiratorias, agua y lecho de animales. *Corynebacterium* se aíslan de piel y mucosas del hombre y animales, así como del suelo. *Arthrobacter* se hallan en la tierra.

Significado en los alimentos

Las cifras de bacterias termodúricas se utilizan en la industria láctea porque son:

- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** Hay una estrecha correlación entre el número de termodúricos y las condiciones de desinfección del equipo y utensilios utilizados durante el manejo de la leche cruda. El recuento alto indica prácticas insalubres durante la ordeña, como ubres mojadas o cargadas de suciedad.
- **Indicadores de fuentes de contaminación.** La proporción de termodúricos es variable con respecto a toda la flora contaminante, aunque se calcula que está presente en 10% de los residuos acumulados sobre las superficies del equipo para pasteurizar.
- **Indicadores de la eficiencia de pasteurización.** Puesto que los termodúricos son más resistentes que las bacterias patógenas, su ausencia en la leche pasteurizada indica que es sanitariamente segura. Otras causas comunes de recuentos incrementados son bombas que pierden poder de succión, uniones sanitarias viejas, pezoneras u otras piezas de goma deterioradas y depósitos de "piedra de leche". Se consideran aceptables valores de 1.0×10^4 UFC/mL.
- **Indicadores de la posible vida de anaquel.** El conteo de termodúricos sirve para estimar la fecha de caducidad de productos sometidos a temperaturas de 60 a 80 °C, como la leche y los huevos pasteurizados.

**IMPORTANTE:**

Bacterias termodúricas. Las cifras de este microorganismo se utilizan en la industria láctea como indicadores de manejos higiénicos deficientes, indicadores de fuentes de contaminación, indicadores de la eficiencia de pasteurización e indicadores de la posible vida de anaquel.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Algunas especies de *Cornebacterium*, *Arthrobacter*, *Lactobacillus*, *Microbacterium*, *Micrococcus* y *Streptococcus* pueden sobrevivir al proceso de pasteurización y crecer a temperaturas de refrigeración, en las cuales causan alteraciones de la leche. Las cepas de *Lactobacillus plantarum* y *L. fructivorans* se han aislado en mayonesa degradada.

Olores desagradables. *Enterobacter liquefaciens* da lugar a malos olores en algunos tipos de carne empacada al vacío. La contaminación por *Micrococcus casei amari* provoca un sabor amargo en la leche.

**IMPORTANTE:**

Modificaciones de alimentos por termodúricos. Las principales son descomposición y olores desagradables.

9. TERMÓFILOS**Definición**

Son gérmenes capaces de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores.

Miembros del grupo

Las bacterias esporuladas termofílicas se dividen en tres grupos principales:

1. Productoras de poco gas, en donde destacan los géneros *Alicyclobacillus* y *Bacillus*.
2. Anaeróbicas productoras de mucho gas, principalmente del género *Clostridium*.
3. Productoras de H₂S, cuyo representante es *Desulfotomaculum*.

Fuentes de contaminación

Los termófilos proceden principalmente del suelo y agua, por lo que casi siempre están presentes en las materias primas, leche, hortalizas y otros productos alimentarios. Es posible encontrarlos en la carne, ya que algunas especies también se desarrollan en los intestinos del hombre y animales.

Características

- **Enzimas termófilas.** La capacidad para proliferar a altas temperaturas está condicionada a la dotación y actividad de enzimas termófilas; típicamente, éstas muestran clara termoestabilidad. La alfa-amilasa de *B. stearothermophilus* resiste a 70 °C durante 24 horas. El carácter de termoestable está muy asociado a una alta concentración de aminoácidos hidrofóbicos en la molécula.
- **Organelos termoestables.** Los flagelos y ribosomas de gérmenes termófilos muestran mayor estabilidad intrínseca al calor.
- **Membrana termorresistente.** La mayor concentración de lípidos saturados en la membrana celular permite al microbio conservar su funcionalidad, aun a temperaturas superiores a la óptima.

**IMPORTANTE:**

Termófilos. Son microorganismos capaces de proliferar a temperaturas de 55 °C o mayores.

Las principales bacterias esporuladas termofílicas son *Alicyclobacillus*, *Bacillus*, *Clostridium* y *Desulfotomaculum*.

Proceden principalmente del suelo y agua. Están presentes en las materias primas, leche, hortalizas, productos alimentarios, carne y en los intestinos del hombre y animales.

Significado en los alimentos

Los recuentos de gérmenes termófilos se utilizan porque son:

- **Indicadores de calidad de ingredientes.** Las materias primas susceptibles de contaminación por termófilos (como sal, azúcar y condimentos) no tienen que presentar estos gérmenes. Igualmente, los límites microbiológicos para alimentos con pH > 4.6 esterilizados comercialmente no permiten la presencia de termófilos aerobios y anaerobios.
- **Indicadores de fuentes de contaminación.** Las esporas de *Bacillus* se distribuyen fácilmente en polvos y aerosoles, y a partir de algunas superficies hacia los alimentos.
- **Indicadores de riesgo de intoxicación.** El peligro para la salud pública radica en el hecho de que las esporas de *Clostridium* o *Bacillus* pueden sobrevivir, romperse y germinar después del tratamiento, cuando las condiciones son aptas para ello. Las bacterias a medida que se desarrollan, sufren autólisis y liberan varias toxinas en el alimento. Estas toxinas se encuentran entre las sustancias más venenosas conocidas.

**IMPORTANTE:**

Recuento de microbios termófilos. Se utiliza porque sirve como indicador de calidad de ingredientes, de fuentes de contaminación y de riesgo de intoxicación.

Alteraciones en los alimentos

Olores desagradables. *Alicyclobacillus* producen guayacol y halofenoles, los cuales originan olor y sabor ofensivos en jugos de frutas.

Descomposición. Algunas bacterias esporuladas termófilas, tanto aerobias como anaerobias, provocan degradación cuando los alimentos se mantienen a temperaturas superiores a 45 °C. En muchas ocasiones, el desarrollo de *Bacillus* estimula disgregación en la leche pasteurizada. *Bacillus cereus* causa descomposición de crema. *Bacillus coagulans* presenta esporas menos resistentes al calor y es acidúrico, por lo que ocasiona alteraciones en alimentos enlatados con pH relativamente bajo (p. ej., carnes, concentrados de frutas y jugo de tomate).

Gasificación. *Clostridium* produce dióxido de carbono e hidrógeno a partir de carbohidratos, lo cual provoca abombamiento en las latas de diversos productos. Estas alteraciones van acompañadas de un olor butírico, semejante a la mantequilla rancia. Además, algunos termófilos pueden producir ácido sulfhídrico, que le proporciona al alimento un olor a huevo podrido.



IMPORTANTE:

Modificación de alimentos por termófilos. Se aprecian olores desagradables, descomposición y gasificación.

10. PROTEOLÍTICOS

Definición

Son un grupo muy heterogéneo de microorganismos, cuya única característica compartida es la capacidad para hidrolizar las proteínas. El resultado de esta acción es la liberación de aminoácidos. El proceso se debe distinguir de la putrefacción, en donde los aminoácidos y otras sustancias son los que sufren el efecto de diversas enzimas, que, anaeróbicamente, dan como productos finales compuestos sencillos del tipo de la urea, amoníaco, ácido sulfhídrico, escatol, cadaverina, putrescina e indol.

Miembros del grupo

Entre éstos se pueden citar a los géneros *Clostridium*, *Bacillus*, *Proteus* y *Pseudomonas* como activos proteolíticos; además, muchas especies son putrefactivas clásicas. Por ejemplo, los hongos *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor* cuentan con algunas especies formadoras de proteosas, las cuales se utilizan ampliamente en la industria.

Fuentes de contaminación

Las endosporas de *Clostridium* están distribuidas en la naturaleza y son muy comunes en la tierra cultivada y en las heces. *Pseudomonas* se desarrollan mejor en ambientes húmedos como alimentos, agua y materiales diversos. Además, el hombre puede

servir como reservorio. Por otro lado, muchas especies de *Aspergillus* se encuentran dispersas en el suelo y materia vegetal en descomposición. *Penicillium* crecen en suelo, en materia orgánica descompuesta y en ambientes con mucha humedad.



IMPORTANTE:

Proteolíticos. Son un grupo de microorganismos que comparten la capacidad para hidrolizar las proteínas.

Entre los integrantes están *Clostridium*, *Bacillus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor*.

Las endosporas de *Clostridium* son muy comunes en la tierra cultivada y en las heces. *Pseudomonas* se desarrollan mejor en alimentos, agua y materiales diversos. *Aspergillus* se encuentra en el suelo y materia vegetal en descomposición.

Significado en los alimentos

El conteo de microbios proteolíticos es de mucha utilidad, ya que sirve como:

- **Indicador de la posible vida de anaquel.** Los alimentos perecederos con alto contenido proteínico en refrigeración acortan su fecha de caducidad, conforme se incrementa el número de bacterias proteolíticas. En un producto con signos de descomposición se encuentran cifras de 10e8 UFC/g. A mayor carga bacteriana inicial, el tiempo que se requiere para llegar a la descomposición es menor.
- **Indicador de manejos higiénicos deficientes.** Los recuentos de bacterias proteolíticas sirven para evaluar el procesamiento de productos cárnicos.



IMPORTANTE:

Recuento de proteolíticos. Es de mucha utilidad, ya que es indicador de la posible vida de anaquel y manejos higiénicos deficientes.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. La actividad proteolítica espontánea de los microorganismos en un alimento provoca alteraciones muy variadas, las cuales afectan principalmente el olor, el sabor y, conforme la acción avanza, la textura. Los gérmenes *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas*, también conocidos por su carácter psicrotrófico, presentan mayor actividad proteolítica en la leche y en la carne. Los microorganismos con propiedades psicrotróficas y proteolíticas se han señalado como causa primaria de la descomposición del pescado. Algunos gérmenes termodúricos (como *Enterococcus*, *Micrococcus* y *Bacillus*) contribuyen a la descomposición de la leche pasteurizada especialmente en refrigeración. Muchas bacterias del género *Proteus* participan en la degradación de carnes, mariscos y huevo.

Sabores desagradables

Sabores desagradables El género *Pseudomonas* se ha identificado como el más sobresaliente de aquellos que producen proteólisis en la leche cruda, lo cual ocasiona sabor amargo. Algunas bacterias proteolíticas como los enterococos fermentan diversos azúcares (entre ellos, la lactosa), para producir ácido láctico en un proceso conocido como proteólisis ácida, lo que provoca un olor agrio y la coagulación de la leche.



IMPORTANTE:

Modificación en alimentos por proteolíticos. Se puede presentar descomposición, sabores desagradables, olor agrio y coagulación.

11. OSMÓFILOS

Definición

Son microbios con afinidad para desarrollarse en ambientes con alta concentración de compuestos orgánicos, principalmente azúcares. Algunos de estos gérmenes tienen tolerancia por concentraciones inusuales de azúcares y otros requieren de cantidades altas de carbohidratos para sobrevivir.

Miembros del grupo

Se pueden nombrar a *Zygosaccharomyces bailii*, *Z. bisporous* y *Z. lentus*, entre otros.

Fuentes de contaminación

En la naturaleza, *Zygosaccharomyces* se aísla a partir de fruta deshidratada y de exudados de árboles frutales. Las especies *Z. bailii*, *Z. rouxii* y *Z. florentinus* se han encontrado en mosto de uva, concentrados y vinos azucarados.



IMPORTANTE:

Osmófilos. Son microbios con afinidad para desarrollarse en ambientes con alta concentración de compuestos orgánicos. Pertenecen a este grupo *Zygosaccharomyces bailii*, *Z. bisporous* y *Z. lentus*, entre otros. *Zygosaccharomyces* se aíslan a partir de fruta deshidratada y exudados de árboles frutales, mosto de uva, concentrados y vinos azucarados.

Significado en los alimentos

Los recuentos de osmófilos son:

- **Indicadores de fuentes de contaminación.** En la industria vinícola es frecuente la introducción de levaduras a partir de las

materias primas; por ejemplo, los concentrados de fruta. Una vez en el lagar, donde se prensa la uva o manzana para obtener su jugo, los sitios difíciles para higienizar en las líneas de proceso sirven como reservorios a partir de los cuales puede ocurrir contaminación permanente del producto. En los ingenios azucareros, los signos de deterioro del azúcar sin refinar se perciben cuando la cantidad de osmófilos llega a 10^7 /g. Las fuentes de contaminación son el bagazo, los filtros y los residuos de producto en la maquinaria.

- **Indicadores de eficiencia germicida.** La incidencia alta de degradación provocada por *Zygosaccharomyces* se ha vinculado en muchas ocasiones a las dosis subletales de esterilizantes químicos, o al uso de temperaturas y tiempo inadecuados en los protocolos de vapor/agua caliente para eliminar a la levadura.



IMPORTANTE:

Recuento de osmófilos. Los conteos son indicadores de fuentes de contaminación y de eficiencia germicida.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. *Zygosaccharomyces bailii* es una especie muy osmotolerante, acidúrica y con notable resistencia a conservadores como sorbato de potasio y benzoato de sodio. Este microorganismo causa deterioro de aderezos, mermeladas, jarabes y vinos.

Gasificación. Las levaduras de *Zygosaccharomyces* provocan una gasificación tan intensa que puede hacer estallar los recipientes que contienen los alimentos.

Sabores desagradables. Algunos gérmenes osmófilos pueden ocasionar un sabor agrio en el vino, ya que producen considerables cantidades de ácido acético y etílico.



IMPORTANTE:

Modificación de alimentos por osmófilos. Se desarrollan descomposición, gasificación y sabores desagradables.

12. MUCÓGENOS

Definición

Son un grupo de microorganismos sintetizadores de polímeros compuestos por proteínas o polisacáridos en los alimentos.

Miembros del grupo

Entre estos se encuentran *Alcaligenes viscolactis*, *Leuconostoc gelidum*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus casei*.

Fuentes de contaminación

En la superficie de una gran variedad de vegetales y frutas se han aislado diferentes especies de *Leuconostoc*. Las bacterias *Alcaligenes* provienen del abono, suelo, agua y polvo.



IMPORTANTE:

Mucógenos. Son un grupo de microorganismos sintetizadores de polímeros compuestos por proteínas o polisacáridos.

Algunos integrantes son *Alcaligenes viscolactis*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus casei*.

En vegetales y frutas se encuentran *Leuconostoc*. Las bacterias *Alcaligenes* provienen del abono, suelo, agua y polvo.

Significado en los alimentos

Los mucógenos se utilizan como:

- **Indicadores de fuentes de contaminación.** El agua es un vehículo excelente para diseminar microorganismos mucógenos.
- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** En el equipo mal saneado, a veces, la mucosidad tan tenaz forma filamentos muy consistentes, lo que interfiere con el funcionamiento de la maquinaria en los ingenios azucareros.



IMPORTANTE:

Recuento de mucógenos. Este grupo es indicador de fuentes de contaminación e indicador de manejos higiénicos deficientes.

Alteraciones en los alimentos

Mucosidad: El tipo de moco puede ser de diferente consistencia. En ocasiones, se observa una pegajosidad superficial en la carne refrigerada, ocasionada por desarrollo de gérmenes mucógenos, después de prolongados periodos de almacenamiento. *Alcaligenes viscolactis* aumenta la viscosidad en la leche, que se conoce como leche filante. Aunque esta alteración también se puede producir por causas no microbianas, por ejemplo: un exceso de crema, la coagulación de la lactoalbúmina por calentamiento, y el paso de leucocitos y fibrina debidos a una mastitis.

Otros. *Alcaligenes metalcaligenes* tiene un crecimiento fangoso en el queso cottage, especialmente en refrigeración. Las cepas de *Leuconostoc gelidum* y *Leuconostoc gasicomitatum* dominan la población de bacterias ácido lácticas asociadas con la formación de una lama pegajosa en conservas de arenque en ácido acético. Algunos lactobacilos productores de limo inoculados en salchichas alemanas a una concentración de 1 UFC/cm² compiten eficazmente contra biopreservadores comerciales inoculados a una concentración de 10e7 UFC/cm².



IMPORTANTE:

Modificaciones de alimento por mucógenos. Las esenciales son la formación de mucosidad y lama pegajosa.

13. ENTEROCOCOS

Definición

Es un género de bacterias ovoides, grampositivas, inmóviles, capaces de cápsula, dispuestas en pares o cadenas cortas, preferentemente aerobias, y tolerantes a concentraciones salinas de 6.5%.

Fuentes de contaminación

Estas bacterias son comunes en el contenido intestinal del hombre y animales, pero también en vegetales. Se aíslan a partir de la tierra, aunque con baja frecuencia. Se estima que el número de enterococos en la materia fecal y aguas negras es 10 a 100 veces menor que el de los coliformes.

Miembros del grupo

Las especies del género *Enterococcus* incluyen *E. faecium*, *E. faecalis*, *E. avium*, *E. hirae*, *E. durans* y *E. gallinarum*. Los dos primeros se consideran como típicos enterococos.



IMPORTANTE:

Enterococos. Es un género de bacterias ovoides, grampositivas, inmóviles, dispuestas en pares, aerobias facultativas.

Son comunes en el contenido intestinal del hombre y animales, en vegetales, en la tierra, en la materia fecal y aguas negras.

Las especies del género *Enterococcus* incluyen *E. faecium*, *E. faecalis*, *E. durans* y *E. gallinarum*.

Significado en los alimentos

Los recuentos de enterococos en la microbiología de los alimentos sirven como:

- **Indicadores de eficiencia germicida.** Los enterococos tienen una resistencia muy semejante a la de los virus ante factores físicos como la congelación y la desecación, lo que permite una aplicación potencial como indicador de la eliminación de tales agentes en el agua, alimentos y superficies inertes. Su tolerancia relativamente alta a condiciones extremas del medio ambiente se considera una ventaja aplicable para conocer la calidad higiénica de productos tratados de manera moderada con calor, congelación y salazón.

- **Indicadores de contaminación fecal.** En ostiones, las cifras altas de enterococos se asocian con la descarga de heces en el agua de esteros. Las normas sanitarias para alimentos marinos crudos recomiendan un límite de 1 000 UFC/g.
- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** La presencia de gran número de enterococos en los alimentos, excepto en los fermentados por cepas específicas de estos microorganismos, implica prácticas sanitarias inadecuadas o bien exposición del producto a condiciones que pudieran haber permitido la multiplicación extensiva de bacterias no deseables.

**IMPORTANTE:**

Recuento de enterococos. Los conteos sirven como indicadores de eficiencia germicida, de contaminación fecal y de manejos higiénicos deficientes.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. *Enterococcus faecalis* y otras especies se han aislado a partir de tocino en putrefacción y con olor a queso.

Mucosidad. Algunos enterococos se desarrollan en la mucosidad formada en diferentes tipos de salchichas, ostiones y huevos de aves descompuestos. Otros productos contaminados son los alimentos cocinados y procesados como albóndigas fritas, croquetas de res, pastel de crema con nuez y coco, pavo, carne asada, huevo desecado, leche evaporada y mortadela.

Olores desagradables. *Enterococcus* sobreviven ocasionalmente en los embutidos de gran diámetro tratados de manera insuficiente. La forma más común de alteración incluye la producción de ácido y aromas anormales débiles.

**IMPORTANTE:**

Modificación del alimento por enterococos. Se aprecia descomposición, mucosidad y olores desagradables.

14. BACTERIAS LÁCTICAS**Definición**

Las bacterias lácticas (BL) son cocos o bacilos grampositivos, no esporuladas, catalasa negativas, acidúricas y estrictamente fermentativas.

Fuentes de contaminación

Se instalan bien en un hábitat rico en nutrientes, por ejemplo: verduras, cárnicos y lácteos. De igual forma, se encuentran en distintas partes del cuerpo de mamíferos (p. ej., cavidad bucal, intestino y vagina).

Miembros del grupo

Son típicas bacterias ácido lácticas (BAL) los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Aerococcus* y *Streptococcus*.

**IMPORTANTE:**

Bacterias lácticas. Son bacterias grampositivas, no esporuladas, catalasa negativas, acidúricas y estrictamente fermentativas.

Se sitúan bien en verduras, cárnicos y lácteos, y en distintas partes del cuerpo de mamíferos.

Son típicas BAL los géneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*.

Significado en los alimentos

Las BL en ocasiones pueden servir como:

- **Indicadores de manejos higiénicos deficientes.** En plantas procesadoras se han encontrado cifras significativas de BAL en carne en degradación. En los productos cárnicos son necesarias poblaciones iguales a 1×10^8 UFC/g, para que se empiecen a presentar problemas relacionados con la calidad.

**IMPORTANTE:**

Recuento de BAL. En ocasiones puede servir como indicador de manejos higiénicos deficientes.

Alteraciones en los alimentos

Descomposición. Algunas bacterias ácido lácticas como *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus lindneri* y *Pediococcus damnosus* pueden alterar la cerveza a través de la liberación de diacetilo o H_2S , lo cual ocasiona turbidez, acidez y sabor desfavorables.

Síntesis de pigmentos. En quesos se aprecian distintas coloraciones. En las salchichas se observa una tonalidad verdosa.

Acidificación excesiva. En leches fermentadas, las BAL reducen demasiado el pH.

Sabores desagradables. La carne adquiere un sabor agrio, y las mayonesas obtienen sabores ofensivos.

Coagulación. En la leche se forman grumos. Mientras que en los almíbares se crea un considerable espesamiento.

Gasificación. Las bacterias ácido lácticas fermentan los nutrientes de las verduras envasadas, lo cual ocasiona una intensa liberación de gas.

**IMPORTANTE:**

Modificación del alimento por BAL. Las principales alteraciones son descomposición, síntesis de pigmentos, acidificación excesiva, sabores desagradables, coagulación, gasificación.

Importancia de las bacterias lácticas

El grupo de BL está integrado tanto por especies alteradoras de los comestibles, así como por géneros inhibidores de gérmenes patógenos y deterioradores de los alimentos. Las BAL producen ácido láctico en los productos fermentados, por lo que se utilizan en la industria alimentaria para mejorar textura, aroma, sabor, calidad preservativa y valor nutricional.

Algunas BL se comportan como probióticos. Se han aislado muchas cepas de estas bacterias a partir de las mucosas cervicouterina e intestinal, así como de varios productos lácteos, cárnicos, hortalizas fermentadas y otros alimentos. Las BAL colonizan temporalmente el intestino mientras subsisten durante su paso, y modifican la respuesta inmunitaria del hospedero.

Probióticos

Los probióticos son aquellos microorganismos y compuestos que participan en el balance y desarrollo microbiano intestinal. Son microbios vivos que, al ser agregados como suplemento en la dieta, favorecen el desarrollo de la flora microbiana en el intestino. En la elaboración de alimentos probióticos para consumo humano se utilizan comúnmente algunas cepas de bacterias ácido lácticas (p. ej., *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Streptococcus*), por ser miembros de la microflora intestinal y no causar daño.

Características:

Las cepas utilizadas como probióticos deben:

- Ser habitantes normales del sitio de aplicación.
- Conservar propiedades beneficiosas después de la producción y almacenamiento del producto.
- Resistir la destrucción ocasionada por los jugos digestivos.
- Adherirse a las células del intestino.
- Sobrevivir y metabolizar en el ambiente intestinal.
- Ejercer un efecto provechoso en el hospedero.
- Ser inocuas. No patógenas, ni tóxicas.

Principales efectos saludables de los probióticos

Entre los efectos nutricionales de los probióticos está:

- Mejorar la digestión de proteínas, grasas y lactosa
- Contribuir a la asimilación de los aminoácidos.
- Sintetizar vitaminas del grupo B.
- Estimular la respuesta inmunitaria
- Neutralizar productos tóxicos.
- Proteger contra infecciones intestinales y urogenitales.

Sustancias de interés sanitario

En la actualidad se estudia lo relacionado con *Lactobacillus helveticus* y los productos fermentados y obtenidos tras su crecimiento en la leche. El principal motivo se debe a su capacidad para sintetizar péptidos inhibidores de la enzima convertidora de

angiotensina (ACE). La ACE es una proteína reguladora de la presión arterial. Durante la fermentación de la leche, la hidrólisis enzimática de las caseínas libera pequeños fragmentos que son muy activos a nivel orgánico. Si la dieta pudiera aportar inhibidores de la ACE, se podría disminuir la presión arterial de forma natural.

La reutericina es un compuesto derivado de la levadura *Lactobacillus reuteri*, la cual tiene una acción bacteriostática o bactericida sobre las bacterias grampositivas, tanto patógenas como deterioradoras, relacionadas con los alimentos. La sustancia funciona como un ionóforo de protones. Actualmente, se investiga su posible aplicación a la biopreservación de los alimentos. Las bacteriocinas producidas por diferentes bacterias probióticas, pueden servir como barreras antimicrobianas y ayudan a evitar la colonización intestinal de microorganismos patógenos.



IMPORTANTE:

Probióticos. Son aquellos microorganismos y compuestos que participan en el balance y desarrollo microbiano intestinal.

Los probióticos mejoran la digestión de proteínas, grasas y lactosa; sintetizan vitaminas del grupo B; estimulan la respuesta inmunitaria y neutralizan productos tóxicos.

Los probióticos secretan distintas sustancias con diferentes efectos de beneficio; por ejemplo: péptidos inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, reutericina y bacteriocinas.



RECUERDA:

Los alimentos son estructuras biológicas de carácter vegetal y animal, que pueden sufrir alteraciones a través de tres procesos:

- Descomposición natural. En este mecanismo intervienen enzimas que se encuentran de forma natural en los vegetales y animales vivos. Estas enzimas aceleran la degradación a nivel celular, lo cual provoca la pérdida de distintos nutrientes del alimento.
- Práctica culinaria equívoca. La preparación en la que se utilice un tratamiento térmico brusco de los alimentos, puede tener modificaciones en las características del producto y, en algunas ocasiones, provoca toxicidad alimentaria.
- Contaminación por microorganismos. Estas alteraciones son las más peligrosas, porque aunque normalmente no se aprecia deterioro a simple vista, la cantidad de bacterias patógenas o toxinas presentes pueden ser abundantes. Al mismo tiempo, el proceso de descomposición de productos, tales como carnes frescas y procesadas, se debe al crecimiento de bacterias en presencia de oxígeno. Este desarrollo da como resultado acidez, olores fastidiosos, babosidad, color desagradable, gasificación y pérdida de la textura.

La descomposición de alimentos contaminados es una de las consecuencias de la actividad microbiana. Aunque se debe precisar que no todos los casos de desarrollo implican un daño a las cualidades organolépticas del producto; de la misma manera, no todo tipo de deterioro tiene como origen la acción de los microor-

ganismos. Usualmente, los grupos de gérmenes utilizados como indicadores no responden a criterios de agrupación taxonómica. Se definen más en función de ciertas características ecológicas y fisiológicas que justifican su aplicación como guías de la calidad sanitaria de los alimentos.

15. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Los microorganismos indicadores son grupos de microbios que comparten alguna característica, y cuya presencia se relaciona con la calidad higiénica del alimento.
- Las bacterias mesofílicas aerobias, los organismos coliformes, los mohos y las levaduras son indicadores de las condiciones del manejo o de la eficiencia del proceso higiénico de los alimentos.
- Los coliformes fecales, *E. coli* y enterococos sirven como indicadores de contaminación fecal, y advierten oportunamente del riesgo de la presencia de patógenos en alimentos.
- La elección de los indicadores en un alimento como los psicrótrofos, termodúricos, termófilos, proteolíticos, osmófilos, mucógenos, enterococos, o bacterias lácticas, depende esencialmente de los riesgos implicados y de lo que se requiere saber para liberar, controlar o mejorar el alimento.
- Los probióticos participan en el balance y desarrollo microbiano intestinal; mejoran la digestión de proteínas, grasas y lactosa; sintetizan vitaminas del grupo B; estimulan la respuesta inmunitaria y neutralizan productos tóxicos.

www.



Véase **Bibliografía** cap. 11 Grupos microbianos indicadores de calidad

Véase **Actividades recomendadas** cap. 11 Grupos microbianos indicadores de calidad

Véase **Autoevaluación** cap. 11 Grupos microbianos indicadores de calidad

CAPÍTULO

12

GARANTÍA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar los mecanismos de acción de los tratamientos de conservación de los alimentos.
- Reconocer el papel de los métodos de preservación para la obtención de productos higiénicos.

INTRODUCCIÓN

La simple presencia de microorganismos no reduce la calidad del alimento, es necesario que los microbios crezcan y se multipliquen para que generen cambios definitivos en las propiedades del producto. Además, las características organolépticas de los alimentos se modifican ineludiblemente no sólo por causas microbianas, sino también por físicas y químicas; cuando los cambios alcanzan ciertos límites, los productos resultan incomedibles. El deterioro sobrepasa en función del tiempo transcurrido entre la generación del alimento y su consumo.

1. Control de materias primas aceptables . . .	154
2. Conservación de los alimentos	154
3. Tecnologías para conservar alimentos.	154
4. Nuevas tecnologías en el procesamiento de alimentos	159
5. Control de la calidad microbiológica durante el almacenamiento y la distribución de alimentos	160
6. Control de la calidad microbiológica del suministro del aire	160
7. Control de la calidad microbiológica del suministro del agua	162
8. Control de la calidad microbiológica de los manipuladores de alimentos	165
9. Síntesis conceptual	168

1. CONTROL DE MATERIAS PRIMAS ACEPTABLES

Se recomiendan las siguientes medidas de control para los ingredientes:

- Seleccionar alimentos frescos. Lavar frutas y verduras con agua, jabón, estropajo o cepillo. Desinfectar aquellas que se consumen crudas.
- Informar, junto con las especificaciones: orígenes y fuentes, detalles del proceso previo, riesgos o limitaciones, grado de humedad y posibles contaminantes no nocivos.
- Verificar en lo posible la calidad microbiológica de lácteos, hielo y otros alimentos destinados para consumo directo.
- Verificar fechas de caducidad.
- Impedir el uso de granos u otras materias primas mohosas, teñidas o descoloridas para elaborar algún alimento o comida.
- Trasladar inmediatamente los productos al almacén.
- Implementar el sistema Primeras Entradas-Primeras Salidas (PEPS).
- Contar con buena ventilación, perfecta limpieza, buena iluminación en el almacén de los alimentos.
- Revisar diariamente los comestibles en refrigeración, para verificar su estado de conservación.
- Incluir la garantía del proveedor en la orden de compra, para demostrar que el ingrediente es de uso alimentario, que no está adulterado y que cumple con las normas de regulación.

La elección minuciosa de cada uno de los ingredientes es primordial, para obtener la más alta calidad de los productos elaborados (**cuadro 12-1**).



IMPORTANTE:

Control de calidad de ingredientes. Se debe de cumplir con las características nutricionales y analíticas, e incluir una descripción detallada de la materia prima.

2. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

La mayor parte de los alimentos son perecederos, por lo que necesitan ciertas condiciones de tratamiento y manipulación para su conservación. La principal causa de alteración es por el desarrollo de distintos tipos de microbios. Esto tiene repercusiones económicas indiscutibles para los fabricantes, distribuidores y consumidores. Se estima que más de 20% de los comestibles elaborados en el mundo se pierde por la actividad de los microorganismos. Las técnicas de conservación permiten que alimentos estacionales sean de consumo permanente.

3. TECNOLOGÍAS PARA CONSERVAR ALIMENTOS

La deficiente preservación ocasiona en los comestibles deterioro, detrimento de frescura o pérdida de inocuidad. Las tecnologías aplicadas en la conservación de los alimentos se apoyan en dos efectos primarios sobre los microorganismos: inhibición y eliminación (**cuadro 12-2**).

La eficacia del tratamiento suele variar con el tipo y abundancia de las poblaciones microbianas presentes. En ocasiones, la diferencia del efecto depende únicamente de la intensidad del tratamiento.



IMPORTANTE:

Efecto de los tratamientos. Las tecnologías de conservación aplicadas en los alimentos causan inhibición o eliminación de microorganismos.

Tratamiento por métodos físicos

Calor

La aplicación de temperaturas altas en los alimentos tiene varios objetivos.

CUADRO 12-1. CONSEJOS PARA SELECCIONAR LA MATERIA PRIMA

Producto	Comprar cuando	No comprar cuando
Carnes	Su color es rojo y brillante Al tocarla es firme y ligeramente húmeda	Su color es verdoso o café oscuro Al tocarla se siente blanda y pegajosa Tenga mal olor
Huevos	Su superficie es lisa Su cascarón está completo	Estén muy rugosos Tengan el cascarón roto o manchado Huelan a podrido. Se sientan ligeros
Enlatados	La lata o el frasco tengan etiqueta Se sienten firmes a la presión de los dedos Son de marca conocida La fecha de caducidad está vigente	No tengan etiquetas La lata esté maltratada, abombada o golpeada Se suma o escuche ruido a la presión

CUADRO 12-2. EFECTO DE DISTINTAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN SOBRE LOS MICROORGANISMOS

Efecto	Tratamiento
Inhibición	Conservadores químicos Acidificación Baja temperatura Incremento de CO ₂ Aw reducida
Destrucción	Alta temperatura Radiaciones ionizantes Alta presión hidrostática Bacteriocinas Electroporación

- **Favorecer la digestión.** La cocción hace digerible al producto, lo vuelve apetitoso y agradable al ingerirlo.
- **Destruir microorganismos.** La exclusión de bacterias, virus y parásitos patógenos se lleva a cabo con la finalidad de conseguir productos más sanos.
- **Alargar vida de anaquel.** La vida comercial de un producto se puede prolongar principalmente mediante la eliminación o disminución de los microbios que causan alteraciones.
- **Disminuir la actividad enzimática.** Las enzimas que producen el oscurecimiento de los vegetales cuando se cortan, se inactivan si el producto es tratado a temperaturas altas.

El cálculo del tratamiento para eliminar cierta población bacteriana se fundamenta en la propuesta de que la destrucción de un cultivo puro, por efecto del calor húmedo a una temperatura constante, sigue una cinética exponencial negativa; es decir, a intervalos iguales hay una reducción de la misma magnitud en la cantidad de bacterias. Así, la tasa de inactivación resulta inversamente proporcional al tiempo en que ocurre la disminución (**cuadro 12-3**).

La eliminación de microorganismos a través del calor puede alterarse por la actividad del agua, potencial de hidrógeno, presencia de materia orgánica y potencial de oxidorreducción.

Consejos generales para cocción.

- Evitar que al cocinar los alimentos queden crudos en su interior, especialmente la carne, el pollo, los huevos y el pescado.

CUADRO 12-3. TIEMPO DE MUERTE DE BACTERIAS SOMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

Bacterias	Minutos	Centígrados
<i>N. gonorrhoeae</i>	2 a 3	50
<i>S. typhi</i>	4.3	60
<i>E. coli</i>	20 a 30	57.3
<i>S. thermophilus</i>	15	70 a 75
<i>L. bulgaricus</i>	30	71
<i>C. perfringens</i>	5 a 45	100
<i>C. botulinum</i>	4 a 20	120

- Asegurarse que las sopas y los guisos alcancen la ebullición.
- Recalentar bien la comida cocinada.
- No dejar los alimentos cocinados a temperatura ambiente. Almacenar en refrigeración, lo más pronto posible, los alimentos cocinados y los perecederos (preferiblemente por debajo de 5 °C).
- Mantener la comida (ya cocinada y que va a ser consumida) caliente a una temperatura mayor a los 60 °C.
- Consumir inmediatamente los alimentos para niños, una vez preparados.

**IMPORTANTE:**

Aplicación de altas temperaturas en los alimentos. Tiene varios objetivos, entre ellos: favorecer la digestión, destruir microorganismos, alargar la vida de anaquel y disminuir la actividad enzimática.

Microondas

Las microondas son ondas electromagnéticas de menos de 1 cm de longitud, emitidas por una lámpara de alta frecuencia. Las moléculas de agua vibran cuando absorben la energía del microondas, hay un rompimiento de los puentes de hidrógeno y el rápido alineamiento crea fricciones internas entre los átomos, lo cual ocasiona el calentamiento que cocina el alimento.

La tasa de calentamiento en un horno microondas depende de:

- **Índice de la energía.** En diversos estudios se comprueba la supervivencia de bacterias patógenas en comestibles preparados en hornos microondas, debido a la temperatura desigual de diferentes puntos de un alimento sólido al ser calentado.
- **Cantidad de agua.** El contenido de sal y humedad influyen en el calentamiento, a causa de la naturaleza del campo eléctrico involucrado en la fricción molecular.
- **Densidad de alimento.** Las microondas pueden penetrar 6.3 a 7.6 cm del alimento; por lo que, si el espesor es mayor, la cocción será consecuencia del flujo de calor desde las partes calientes hacia las frías.

En general, es un método eficiente que, con suficiente tiempo y energía, inactiva tanto a microorganismos patógenos como deterioradores. El tratamiento produce desnaturalización de enzimas, proteínas, ácidos nucleicos y pérdida de la integridad de la membrana.

**IMPORTANTE:**

Aplicación de microondas en los alimentos. Provoca desnaturalización de enzimas, proteínas, ácidos nucleicos y pérdida de la integridad de la membrana microbiana.

Secado

La reducción del contenido de agua de los alimentos es uno de los métodos más antiguos para su conservación. Las técnicas utilizadas son:

- **Desecación.** Es la reducción del contenido de agua de los alimentos a través de las condiciones ambientales naturales.
- **Deshidratación.** Es la reducción del contenido de agua de los alimentos por acción del calor artificial.
- **Liofilización.** Es la reducción del contenido de agua de los alimentos mediante congelación y sublimación de aquella.

Son procedimientos sumamente importantes en lo concerniente a la conservación de los alimentos, ya que frenan su degradación natural al privar a los agentes microbianos del agua que necesitan para su actividad. Para disminuir el desarrollo microbiano, sólo hay que reducir la *Aw* del producto a un nivel de 0.62; en estas condiciones, los alimentos no sólidos se pueden mantener líquidos. Sin embargo, la estabilidad del producto seco es desafiada por la humedad relativa existente. Una humedad ambiental superior al 70% permite que el vapor de agua se deposite sobre la superficie del alimento. Entonces, es posible el inicio de la multiplicación de microorganismos xerotolerantes.

Entre los productos desecados o deshidratados se encuentran algunos sustitutivos de la leche, huevo, carne y diversos vegetales. Algunas frutas, verduras, yogurt y legumbres son liofilizados. La fruta seca es especialmente nutritiva ya que concentra al máximo proteínas, carbohidratos, vitaminas, fibra y sales minerales.



IMPORTANTE:

Aplicación de secado en los alimentos. Impide su degradación natural al privar a los microbios del agua que necesitan para su actividad y desarrollo.

Congelación

El congelado consiste en la aplicación de temperaturas por debajo de 0 grados centígrados a los alimentos (**cuadro 12-4**). Las temperaturas bajas preservan primariamente a los productos porque:

- **Suspenden la actividad enzimática.** La congelación ralentiza la acción de las enzimas de los microorganismos y del propio alimento. Según el decremento de la temperatura, se alcanzan niveles variados de inhibición.
- **Evitan la disponibilidad de agua.** Cuando el agua de los comestibles se congela, se convierte en cristales de hielo y deja de estar a disposición de los gérmenes que la necesitan para su desarrollo.

El enfriamiento tiene un leve efecto sobre el contenido nutricional de los alimentos. Las verduras y frutas pierden parte de la vitamina C cuando se refrigeran. El producto puede incluso perder

CUADRO 12-4. TEMPERATURAS PARA CONSERVACIÓN DE COMESTIBLES

Alimento	Temperatura (°C)
Frutas, verduras y vegetales	4 a 6
Huevo y lácteos	3 a 4
Carnes, aves, pescados y mariscos	0 a 1
Productos congelados	-28 a -18

las características físicas que le confieren calidad comercial. Dado que el agua en los alimentos no es pura, sino que está formada por una solución de sales, azúcares y proteínas solubles, su punto de congelación es más bajo. A temperaturas de entre -3 y -0.5 °C, las frutas se congelan. Una vez congeladas, las frutas se dañan debido a que la formación de cristales de hielo rompe las membranas celulares. La extensión del daño depende de la temperatura y de la duración del proceso de congelación (**cuadro 12-5**). Este hecho no tiene efectos negativos en términos de seguridad; sin embargo, el alimento queda menos crujiente o firme. La temperatura óptima de conservación de los productos congelados en casa es de -18 °C o inferior.

Consejos generales para congelar:

- Mantener de manera permanente el congelador a -18 °C o menos.
- Llenar el congelador lo más posible, el congelamiento es mucho mejor sin espacio entre los alimentos.
- Proteger los comestibles con bolsitas especiales y recipientes de plástico para evitar quemaduras de congelación.
- Elegir envases rígidos para contener alimentos con líquidos.
- No introducir comidas calientes, puesto que aumentaría la temperatura del congelador, lo cual afectaría negativamente a otros alimentos.
- Dejar enfriar los alimentos antes de congelarlos.
- No guardar comida durante mucho tiempo, aunque sea en el congelador.

Hay muchas maneras de descongelar los alimentos. El método a elegir varía según sea el alimento en cuestión.

- **Temperatura ambiente.** El proceso dura varias horas y las bacterias tienen todo el tiempo para proliferar.

CUADRO 12-5. TIEMPO DE PRESERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Alimento	Tiempo de conservación
Carne	Hasta 12 meses
Fruta	Hasta 10 meses
Lácteos	Hasta 8 meses
Pescado	Hasta 6 meses
Platillos cocinados	Hasta 4 meses

- **Microondas.** Este procedimiento es muy rápido y garantiza la conservación de los nutrientes.
- **Baño maría.** Consiste en colocar un recipiente con el alimento, en otro mayor con agua en ebullición. Se indica principalmente para los alimentos precocidos.
- **Agua corriente.** Es muy rápido, pero puede ocasionar la pérdida de sustancias nutritivas importantes que son arrastradas por la corriente.
- **Fresco del refrigerador.** Consiste en hacer que el comestible pierda el estado de congelación en la parte baja del frigorífico. Es el mejor método desde el punto de vista sanitario. El único inconveniente es que se debe programar por lo menos con 12 h de anticipación

La mayor parte de las bacterias siguen vivas durante la congelación; por lo tanto, los alimentos crudos descongelados sólo se pueden recongelar en algunos casos, ya que la textura y sabor no serán los mismos debido a la reactivación microbiana. Es posible volver a congelar las carnes si se han mantenido a 4 °C, y conservan color y olor normales. Igualmente, se pueden recongelar los mariscos, frutas y vegetales siempre y cuando aún posean cristales de hielo en sus tejidos o envolturas. Una vez cocidos, sí pueden ser recongelados. Los alimentos congelados se deben descongelar completamente antes de cocinarlos. Las comidas que se han congelado y descongelado, nunca se deben volver a congelar.



IMPORTANTE:

Aplicación de congelación en los alimentos. Preserva los productos porque suspende la actividad enzimática y evita la disponibilidad de agua.

Tratamiento por métodos químicos

Ahumado

Es un alimento sometido a la acción del humo para su conservación o para darle cierto sabor. Durante la combustión de la madera, el humo liberado arrastra sustancias químicas volátiles de actividad antimicrobiana como el metanol, formaldehído y ácido acético. El fundamento básico del ahumado consiste en extraer del comestible fresco parte de su contenido acuoso e impermeabilizarlo mediante el humo. La desecación y el poder antiséptico son altamente bactericidas. Sin embargo, se producen hidrocarburos aromáticos policíclicos, los cuales provocan cáncer. Algunos alimentos cárnicos y otros de origen marino son objeto de ahumado durante su industrialización.



IMPORTANTE:

Aplicación de ahumado en los alimentos. Arrastra sustancias químicas volátiles de actividad antimicrobiana.

Salazonado

Es la conservación de alimentos en sal. Las sales de curado son el cloruro sódico y los nitratos o nitritos de sodio y potasio. El cloruro de sodio es quizás el agente químico preservador de alimentos más popular y antiguamente conocido. A las concentraciones y bajo las condiciones corrientemente utilizadas, estas sustancias no causan una destrucción microbiana rápida; más bien retrasan el desarrollo de los microorganismos perjudiciales de los productos sin tratar por el calor; previenen el crecimiento de los termotolerantes no esporulados y evitan el desarrollo de las esporas que sobreviven al tratamiento térmico más drástico aplicado a ciertos productos curados. Su efecto está determinado básicamente por la conformación de un medio osmóticamente denso que provoca plasmólisis celular.

La sal se utiliza en productos como carne, peces y crustáceos. En cuanto a los nitritos, aunque se desconoce el mecanismo de acción, su uso es muy importante porque impiden la inhibición bacteriana y la formación de la toxina botulínica. Se añaden a jamones, embutidos y otros.



IMPORTANTE:

Aplicación de salazonado en los alimentos. Su efecto se basa en la conformación de un medio osmóticamente denso que induce plasmólisis celular.

Aditivos antimicrobianos

Los aditivos son sustancias no nutritivas añadidas intencionalmente a los alimentos, por lo general en pequeñas cantidades, para mejorar sus propiedades de apariencia como el sabor, textura, olor o almacenamiento. Los agentes conservadores son sustancias capaces de inhibir, retardar o detener los procesos de fermentación, enmohecimiento, putrefacción y otras alteraciones biológicas de los alimentos y bebidas.

Entre los principales antimicrobianos adicionados a los alimentos están:

- **Ácidos orgánicos.** Son una variedad de ácidos que se concentran habitualmente en los frutos de numerosas plantas. Los ácidos orgánicos y sus ésteres se caracterizan por la solubilidad de sus sales y una virtual ausencia de toxicidad. Estos compuestos inhiben o matan a los microorganismos, porque interfieren con la permeabilidad de la membrana celular, al producir un desacoplamiento en el transporte de sustratos y en la fosforilación oxidativa del sistema transportador de electrones.
 - **Ácido benzoico (C_6H_5COOH).** Se encuentra de forma natural en arándanos agrios y ciruelas verdes. Los patógenos como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7 son inhibidos eficazmente a la concentración permitida de 0.1%, cuando el pH se mantiene por debajo de 5.5. Se adiciona a productos como bebidas gaseosas no alcohólicas, sidra, jarabes, aceitunas, aderezos y salsas.

- Ácido láctico ($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCOOH}$). Aparece comúnmente en alimentos fermentados, no en los naturales (excepto carnes). Tiene un efecto antimicrobiano contra diversos gérmenes particularmente en productos cárnicos: por ejemplo, al 2% en paté de hígado contra bacterias aerobias y anaerobias, al 2 a 4% en salchichas contra *Listeria monocytogenes* y al 1 a 3% en la carne de pavo y pollo cocidos contra *Clostridium botulinum*.
- Ácido acético (CH_3COOH). Es una sustancia inocua y tiene un sabor avinagrado. Cuando se incorpora ácido acético a un alimento se expresan dos efectos: uno acidulante y otro preservativo. A concentración de 0.5% tiene efecto sobre hongos toxigénicos. La presencia de 1 a 2% de ácido acético no disociado en carne, pescado o vegetales suele inhabilitar o destruir todos los microbios presentes.

**IMPORTANTE:**

Aplicación de ácidos orgánicos en los alimentos. Inhibe a los microorganismos porque obstaculiza la permeabilidad de la membrana celular.

- **Bacteriocinas.** Son sustancias proteínicas con actividad antimicrobiana, producidas por diferentes cepas bacterianas. En general, se considera que el carácter de naturales les confiere un potencial tóxico mínimo o inexistente, especialmente si se les compara con los compuestos no propios de los comestibles. Entre las cualidades de las bacteriocinas destacan su termorresistencia, insensibilidad a la congelación, solubilidad en el agua, inocuidad, nulo efecto en el sabor del alimento, acción bactericida y estrecho perfil antibacteriano.

Por lo general, destruyen la integridad de la membrana citoplasmática a través de la formación de poros, lo que provoca la salida de compuestos pequeños o altera la fuerza motriz de protones necesaria para la producción de energía y síntesis de proteínas o ácido nucleicos. Se ha comprobado que el uso de bacteriocinas puede resultar muy eficaz para reducir la presencia de *Campylobacter* en pollos.

**IMPORTANTE:**

Aplicación de bacteriocinas en los alimentos. Destruye la integridad de la membrana citoplasmática bacteriana a través de la formación de poros.

Encurtidos

Son aquellos productos preparados con frutas, hortalizas y legumbres, cuya conservación se da por una acidificación que se obtiene por medio de una fermentación láctica espontánea del azúcar del vegetal, en presencia de sal añadida o por adición directa de vinagre vegetal o ácido acético. El ácido acético en las conservas es bacteriostático; su acción se debe a la presencia de moléculas

las no disociadas, que se considera tienen capacidad de atravesar la membrana plasmática y actuar como un ionóforo de protones. Los ionóforos colapsan la fuerza motriz de los protones, lo que disminuye la actividad de las principales bacterias grampositivas productoras de lactato. Asimismo, el valor del pH interviene, ya que en la medida que la acidez baja, el grado de disociación de las moléculas de ácido acético aumenta en el producto al que se incorpora. Además, la eficacia de la conservación en los encurtidos es afectada por diversos factores como la actividad del agua, tratamientos térmicos, adición de conservadores y antioxidantes, concentración de sal y contenido de sólidos solubles, entre otros.

Consejos generales para la elaboración de conservas:

- Esterilizar los envases y las tapas en agua hirviendo durante 15 minutos.
- Lavar los frutos frescos con agua potable.
- Rellenar con los ingredientes hasta 1 cm por abajo del borde.
- Llenar totalmente el envase con el vinagre natural o especiado.
- Almacenar en un lugar fresco, seco, ventilado y oscuro.

**IMPORTANTE:**

Aplicación de encurtido en los alimentos. Tiene un efecto bacteriostático; el ácido acético atraviesa la membrana y colapsa la fuerza motriz de los protones, lo que disminuye la actividad de las bacterias productoras de lactato.

Tratamiento por métodos microbianos

En la categoría se incluyen los productos que se obtienen mediante procesos de fermentación.

Fermentación

La fermentación típicamente se refiere a la conversión de azúcar en alcohol, gracias a la acción de levaduras. El proceso a menudo se usa para producir vino y cerveza; también sirve para elaborar ácido láctico, con la finalidad de preservar productos ácidos como pepinos en escabeche, kimchi y yogurt.

**IMPORTANTE:**

Fermentación. Se refiere a la conversión de azúcar en alcohol, a través de la acción de levaduras.

Generalmente, la fermentación del alimento aporta diversos beneficios para la población, entre éstos:

- **Mejora el valor nutricional.** En la fermentación de maíz, por ejemplo, se incrementa el contenido de lisina, metionina y folacina. Además, las cualidades sensoriales aumentan.
- **Inhibe el crecimiento bacteriano.** El proceso protege contra microorganismos que pudieran estar presentes en el alimento

natural. El mecanismo de este efecto se relaciona primariamente con la acidificación. Otros factores que contribuyen son el antagonismo entre bacterias o la concentración de sal.

- *Aumenta la vida de anaquel.* El tiempo de comercialización se prolonga, lo que permite que los productos estén disponibles todo el año.
- *Favorece la digestión.* La presencia de bacterias lácticas y de enzimas de fermentación en los alimentos ayuda a restablecer el equilibrio de la flora intestinal, lo que resulta beneficioso para el organismo, especialmente en personas con problemas de inflamación abdominal, meteorismo, estreñimiento y diarrea.

Hay varios tipos de fermentación: láctica, alcohólica y otras que se dan de forma natural. La fermentación láctica es la más frecuente y se produce a partir de la lactosa o de otros carbohidratos presentes en cereales, leguminosas y verduras. Se añaden bacterias lácticas a la leche para obtener yogurt o kéfir, y se fermenta el suero de la leche para elaborar requesón. La fermentación alcohólica, entre otros usos, se utiliza para producir bebidas tradicionales poco alcohólicas de algún valor alimenticio (cerveza, sidra, etc.) y para dar volumen a la masa de pan. En esta fermentación, ciertas enzimas convierten los azúcares sencillos, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y anhídrido carbónico. Con las fermentaciones naturales se obtiene vinagre de vino, de manzana y otros.

El yogurt es una leche fermentada ácida. Generalmente, en un cultivo se incluyen dos o más bacterias diferentes para conseguir una fermentación más completa, en especial *Streptococcus thermophilus*, *S. salivarius*, *Lactobacillus bulgaricus*, *L. casei* y *L. bifidus*. Las bacterias procesan los azúcares naturales de la leche y liberan ácido láctico como producto de desecho. El aumento de la acidez provoca la coagulación de las proteínas, lo que le da al producto su textura característica. Asimismo, el ácido láctico le confiere a la leche fermentada ese sabor ligeramente acidulado. El yogurt no suele identificarse como vehículo de ETA. Si la fermentación no se realiza oportunamente, algunos patógenos se pueden multiplicar. En el noroeste de Inglaterra, en 1991, se identificaron 16 casos de infección por *Escherichia coli* O157: H7 productora de verotoxina. Un estudio vinculó el consumo del yogurt producido localmente con la enfermedad.

Consejos generales para elaborar yogurt casero:

- Comprobar que los objetos que entren en contacto con la leche estén limpios.
- Colocar los recipientes con yogurt recién preparado en el frigorífico durante 1 h como mínimo, antes de su consumo. Si se dejan reposar 24 h, estarán mejor cuajados.
- Consumir el producto en un lapso entre 8 y 10 días.



IMPORTANTE:

Aplicación de fermentación en los alimentos. Protege contra microorganismos mediante la acidificación, el antagonismo entre bacterias y la concentración de sal.

4. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

Las innovaciones en la industria alimentaria permiten obtener alimentos mínimamente procesados, seguros, con excelentes cualidades nutricionales y organolépticas, larga vida útil y que satisfacen los gustos del consumidor.

Presión hidrostática

La aplicación de presiones hidrostáticas de más 100 MPa en los alimentos disminuye la síntesis de DNA, aumenta la permeabilidad de las membranas celulares, desnaturaliza proteínas y biopolímeros, e inactiva enzimas; esto afecta la viabilidad de los microorganismos y otros agentes alterantes. Sin embargo, se pueden producir cambios de color, apariencia y textura, aunque los efectos varían de unos productos a otros. En las condiciones habituales de procesado, no se rompen enlaces covalentes, ni se alteran los aromas y el valor nutritivo de los alimentos. Con este proceso se ha realizado la producción comercial de mermeladas de frutas, zumos, gelatinas, salsas, guacamole y jamón cocido.



IMPORTANTE:

Aplicación de presión hidrostática en los alimentos. Provoca aumento en la permeabilidad de las membranas, desnaturalización de proteínas, biopolímeros y enzimas, lo cual afecta la viabilidad de los microbios.

Radiación

Es el tratamiento en el que los alimentos se exponen a la acción de radiaciones ionizantes durante un tiempo determinado, de acuerdo a sus características físicas; de tal forma que la energía que reciban sea la suficiente para esterilizarlos o pasteurizarlos, sin que se altere su estado físico o frescura. Se trata de un proceso en frío; los productos radiados no se vuelven radioactivos, ni se generan residuos químicos, por lo que los alimentos se conservan frescos. La radiación ionizante es altamente letal y su poder de penetración es uniforme; la mayor parte de los daños es a nivel del DNA. La dosis de 10 kGy sirve para reducir el número de microorganismos patógenos y deterioradores, así como para mejorar propiedades tecnológicas de los alimentos. Hay una extensa variedad de productos industriales que se procesan con radiación gamma; por ejemplo, alimentos deshidratados, papa, cebolla, ajo, champiñones, mango, papaya, trigo, arroz, soya, maíz, productos del mar, carne de cerdo y de res, etc.



IMPORTANTE:

Aplicación de radiación en los alimentos. Es altamente letal, su poder de penetración es uniforme, causa daños a nivel del DNA microbiano.

Campos eléctricos pulsantes

Es un método no térmico, que se basa en la aplicación a los alimentos de muy altos voltajes (de 20 a 80 kV/cm) durante microsegundos. Los campos eléctricos pulsantes (CEP) pueden ocasionar electroporación. El efecto letal de los pulsos eléctricos está determinado por la intensidad del campo eléctrico, la duración del pulso, el tiempo del tratamiento y el número de pulsos aplicados. Las aplicaciones futuras serían en la pasteurización de bebidas alcohólicas y en productos derivados de frutas.



IMPORTANTE:

Aplicación de CEP en los alimentos. Puede ocasionar la permeabilización reversible de las membranas celulares y organelos de los microbios.

5. CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DURANTE EL ALMACENAMIENTO Y LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS

Para asegurar que los productos alimentarios (como leche, lácteos, carne, pescado, frutas y verduras) lleguen al consumidor en buenas condiciones de higiene y calidad, deben recibir un tratamiento adecuado mientras son transportados y almacenados.

Temperatura

Los responsables de los establecimientos deben aplicar determinadas condiciones de temperatura en el proceso de almacenamiento, conservación, transporte y suministro de los alimentos. Para conseguir que productos como la leche lleguen a la mesa en la mejor condición posible, es necesario mantenerlos a una temperatura baja. La leche recién ordeñada se encuentra a una temperatura cercana a los 37 °C. Inmediatamente se enfría a 4 °C, lo que permite almacenarla durante 48 horas. En estos límites se mantiene durante la recolección en las granjas y el transporte hacia los centros donde será pasteurizada. La temperatura de las cubas de transporte y tanques de almacenamiento se verifica regularmente. La leche fresca se debe mantener a temperaturas reducidas; de no ser así, durará menos en las estanterías de los supermercados o en los refrigeradores domésticos. Asimismo, los supermercados utilizan expositores refrigerados para conservar los productos lácteos a una temperatura constante y se realizan controles regulares para garantizar que se respeten las condiciones adecuadas.

Humedad

Un nivel de humedad excesivo puede favorecer el desarrollo de mohos. Aunque, por otro lado, si el aire en el interior de los camiones o en las cámaras de frío es demasiado seco, la carne y algunos vegetales se pueden resecar, lo cual les hace perder calidad y sabor. Por lo tanto, las corrientes de aire son nocivas y se pueden evitar gracias a los distintos tipos de envase que se utilizan para almacenar los alimentos, como bolsas de mallas para las verduras y cajas para las frutas.

Atmósfera

La calidad de los alimentos se puede mantener a través de la modificación del ambiente en el que se almacenan. Los plátanos frescos se conservan hasta seis meses después de su recolección, con sólo reducir la cantidad de oxígeno del aire, ya que se frena el proceso normal de maduración del fruto. Se trata de un método seguro que permite disfrutar de algunas frutas tiempo después de que se hayan recolectado.

Envasado

En los supermercados, el envasado desempeña un papel muy importante para proteger los alimentos contra toda degradación y contaminación. Las bandejas de poliestireno y los envoltorios de celofán que se utilizan para presentar los alimentos, aseguran que el producto no tenga ningún tipo de contacto que pudiera afectar su calidad.

Vehículo

Las medidas adoptadas durante el transporte buscan proteger a los alimentos contra posibles fuentes de contaminación, evitar daños capaces de convertir al producto en impropio para el consumo y suministrar un ambiente que controle eficazmente el crecimiento de microorganismos patógenos, la descomposición y la producción de toxinas en los alimentos.

Los medios de transporte y los recipientes para productos a granel deben diseñarse y fabricarse de modo que:

- No contaminen los alimentos o los envases.
- Se puedan limpiar y desinfectar eficazmente.
- Admitan la separación de diferentes comestibles.
- Mantengan la temperatura, humedad, atmósfera y otras condiciones.

Los sistemas de transporte adecuados garantizan que los alimentos se mantengan inocuos e idóneos para el consumo, hasta el momento de la entrega.



IMPORTANTE:

Control microbiológico durante la distribución. Los productos alimentarios reciben un manejo adecuado de temperatura, humedad, atmósfera, envasado y transporte.

6. CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUMINISTRO DEL AIRE

El aire no constituye un hábitat microbiano. Las células bacterianas o las esporas de hongos se encuentran como contaminantes accidentales dispersados por el viento. Muchas bacterias patógenas son transportadas a través del aire sobre partículas de polvo o

sobre residuos secos de gotitas de saliva; por esa razón, se intentan medidas de control (figura 12-1).

Básicamente, hay tres maneras de mantener el aire limpio:

- No dejar que entren contaminantes del exterior.
- Filtrar los contaminantes presentes.
- Eliminar los contaminantes de las superficies donde están depositados, mediante limpieza.

Las disposiciones de control, para evitar las contaminaciones e infecciones causadas por agentes microbianos transportados por el aire, se describen a continuación.

Ventilación sanitaria

El cambio de aire en una habitación se puede lograr mediante el uso de sistemas de ventilación mecánica con flujo laminar. El flujo laminar es una oleada de aire, en el cual están ausentes fluctuaciones rápidas. Los ventiladores de extracción conducen el aire hacia afuera de la instalación, originando una presión negativa dentro de la habitación, lo cual evita que las partículas contaminantes se depositen sobre las superficies, maquinaria e ingredientes. En un sistema de presión positiva, un ventilador ubicado en la pared exterior fuerza aire fresco a través del filtro de un conducto que se extiende a lo largo de la instalación, el cual distribuye al aire purificado de modo uniforme.

Radiación

El uso de la luz ultravioleta puede lograr el equivalente de un cambio de aire por minuto, al matar los microorganismos trans-

portados por el aire. Esto se puede realizar por medio de la instalación de lámparas de luz UV de gran intensidad en los ductos de abastecimiento de aire, o a través de la radiación del aire en los niveles superiores de la habitación por lámparas indirectas. En las entradas de la habitación se pueden instalar barreras o "cortinas" de luz ultravioleta, de manera que el personal pueda pasar rápidamente a través de ellas y evitar las lesiones por radiación. Las esclusas de aire con radiaciones ultravioleta en las puertas reducen el número de microbios aportados por los obreros.

Desinfección

Los compuestos derivados del glicol (como el propilenglicol y etilenglicol) son germicidas efectivos en su fase de vapor. Se presume que al condensarse en los núcleos de las gotitas de aire, deshidratan a los microbios transportados por las partículas. Este método solamente alcanza éxito dentro de un estrecho margen de humedad relativa y, por lo tanto, no siempre es seguro.

Filtración

La filtración de aire es un procedimiento muy utilizado. Los principales tipos de filtros suelen ubicarse en los sistemas centrales de calefacción y aire acondicionado, en sistemas autónomos de filtración e incluso en aspiradoras. Los filtros de manta de 5 cm o menos de grosor son ineficaces, ya que sólo eliminan partículas muy grandes que son inocuas para la salud.

Los filtros electrostáticos son algo más eficientes para eliminar alérgenos y polvo del aire, pero cuando se ensucian, pierden muchísima eficacia. Los filtros de pliegues son más útiles, tienen una eficacia media y eliminan la mayor cantidad de las partícu-

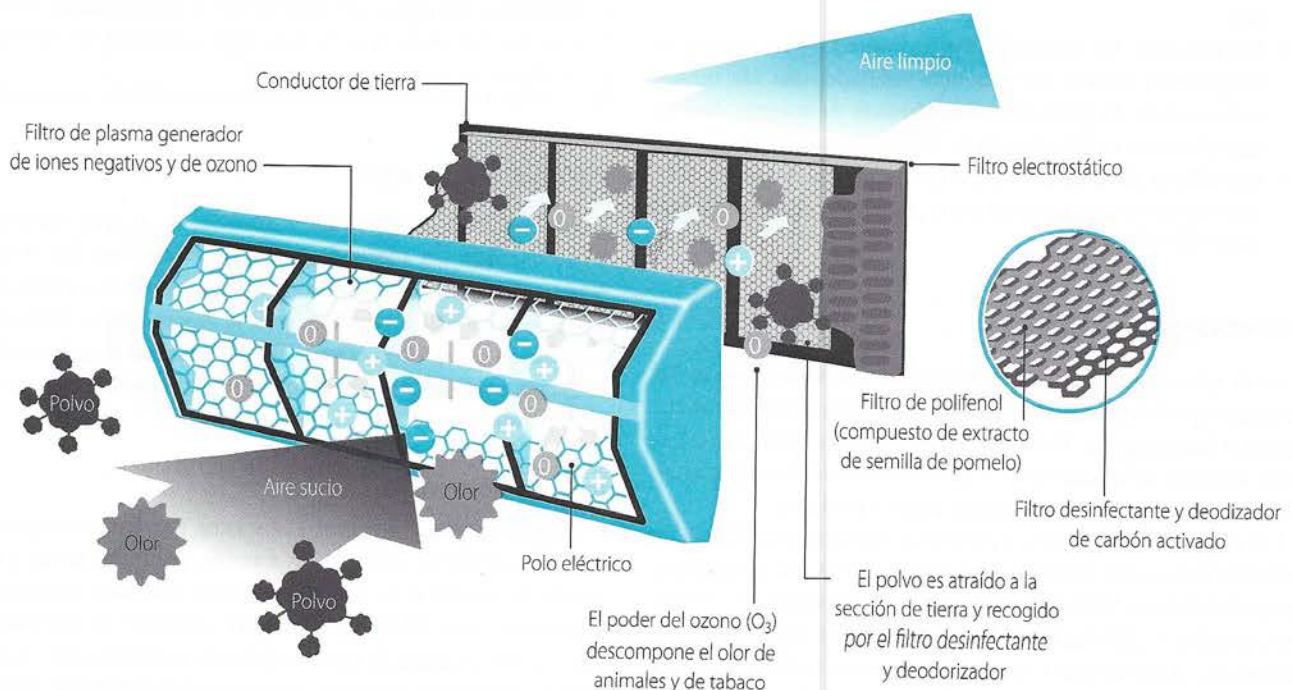


FIGURA 12-1. SISTEMA PARA PURIFICACIÓN DE AIRE

las de menor tamaño, que son las más perjudiciales para la salud. Los filtros HEPA (*High Efficiency Particle Air*) eliminan 99.97% de las partículas; incluso las de tamaño muy pequeño necesitan una impulsión extra, puesto que producen una gran pérdida de carga. Prácticamente nada pasa a través de estos filtros. Ningún sistema central de filtros, ni purificador autónomo, será eficaz cuando haya puertas o ventanas abiertas, ya que introducen más aire del que puede tratar el dispositivo limpiador. Nunca serán efectivos si el interior está muy sucio o tiene una fuente de contaminación.



IMPORTANTE:

Disposiciones de control del aire. Para evitar los contaminantes se aplica: ventilación sanitaria, radiación, desinfección y filtración.

7. CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL SUMINISTRO DEL AGUA

El agua es una sustancia abundante de la Tierra. Es un líquido indispensable para la vida, por lo que es importante que esté libre de contaminación para evitar enfermedades.

Durante la cadena elaboradora de alimentos, el agua encuentra una diversidad de usos.

- **Agrícola.** En la irrigación de cultivos de frutas, verduras y hortalizas.
- **Limpieza.** Para el saneamiento de equipo, utensilios, envases, materias primas, alimentos en proceso y productos terminados.
- **Enfriamiento.** Se emplea de forma indirecta para reducir la temperatura interna del producto enlatado, una vez terminado el ciclo de procesamiento térmico; de manera directa como hielo en la elaboración de pasta para salchichas.
- **Ingrediente.** Es el sustrato en el que se suelen someter a cocción los alimentos, y puede ser la materia prima en la elaboración de refrescos.

Microbiología del agua

En el agua suele haber gran variedad de microorganismos. En las aguas superficiales naturales existen las poblaciones más abundantes y heterogéneas. Entre los gérmenes alteradores de la calidad sanitaria de los alimentos, y que pueden existir en el agua, se encuentran bacterias, virus, hongos, algas, y parásitos.

Las algas son organismos eucariontes aerobios, poseedores de clorofila. Estos seres acuáticos son muy diversos y se encuentran desde unicelulares hasta multicelulares, los cuales forman colonias muy grandes y vistosas. Entre las familias de las algas se pueden mencionar: *Chlorophyta* (verdes), *Cyanophyta* (verdes azuladas) y *Chrysophyta* (amarillo verdoso). Gran parte de los parásitos intestinales se transmite por contaminación del ambiente, en donde

el agua y los alimentos juegan un papel trascendental. Frecuentemente, en el agua contaminada con heces se encuentran parásitos que afectan la salud humana (p. ej., *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*). Los virus entéricos son un grupo de microorganismos patógenos críticos. Entre los principales virus transmitidos por el agua están adenovirus, astrovirus, hepatovirus, enterovirus, norovirus y rotavirus.

Diversos géneros de bacterias se han aislado del agua. *Pseudomonas* son bacilos psicrófilos, flagelados y productores de pigmentos. Su aparición en sistemas de almacenamiento, depósito y cisternas indica instalaciones deficientes. Las enterobacterias son bacilos entéricos gramnegativos, cuya presencia en agua se asocia a contaminación fecal. Algunos ejemplos de este grupo son *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella* y *Klebsiella*. Los cocos del género *Neisseria* se aíslan a partir de sedimentos de acuíferos aeróbicos. Algunas especies de *Moraxella* y *Acinetobacter* se han encontrado en aguas subterráneas aeróbicas. *Enterococcus faecalis* es un patógeno que habita normalmente en el intestino del hombre y de animales, por lo que se utiliza como indicador de contaminación fecal de aguas. A partir de suelos y acuíferos aeróbicos se aíslan especies del género *Bacillus*; en suelos, sedimentos, aguas subterráneas anaerobias y última porción del aparato gastrointestinal de animales se pueden encontrar especies de *Clostridium*, ambos géneros son esporulantes.

La cantidad de patógenos transmitidos por el agua continúa en aumento, conforme se realizan nuevas investigaciones y se identifican microbios antes desconocidos.



IMPORTANTE:

Microbios del agua. Son abundantes y heterogéneos; entre ellos hay bacterias, virus, hongos, algas y parásitos, que alteran la calidad sanitaria de los alimentos.

Purificación de agua

Las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines. En el saneamiento del agua para consumo humano directo o indirecto, la tarea inicial consiste en seleccionar la fuente que se utilizará. La depuración del agua no es un proceso unilateral; el proceso de purificación contiene muchos pasos, según la clase de impurezas que se encuentren:

Autopurificación

El agua se puede purificar a sí misma por diferentes procesos naturales. Durante su filtración a través de arcilla, arena y grava (desde la superficie de la tierra) quedan retenidos diversos contaminantes. Los microorganismos se adsorben en partículas de tierra y otros sólidos, lo cual ocasiona su sedimentación. Además, algunas sustancias presentes en el agua pudieran tener efecto antimicrobiano.

**RECUERDA:**

La inocuidad del agua de consumo no depende únicamente de la contaminación fecal. *Legionella* prolifera en las redes de distribución de agua, mientras que el nemátodo *Dracunculus medinensis* se encuentra en las aguas de origen. Estos microbios pueden ocasionar tanto epidemias como casos aislados. *Pseudomonas*, por su alta resistencia al cloro, es considerada un indicador de la eficiencia de la desinfección del agua. Las cianobacterias se extienden ampliamente en diversos tipos de medios, incluidos los suelos, el agua de mar y el agua dulce. La exposición a sus toxinas por ingestión de agua de consumo (durante la práctica de actividades recreativas) y de complementos alimenticios elaborados con algas podría ser peligrosa para la salud.

Por otro lado, algunos padecimientos graves se producen por inhalación de gotitas de agua en las que los patógenos se pueden multiplicar si contienen nutrientes y temperatura adecuados, por ejemplo; la enfermedad del legionario ocasionada por *Legionella* spp., la meningoencefalitis amebiana primaria producida por la ameba *Naegleria fowleri* y la meningitis amebiana causada por *Acanthamoeba* spp.

Las enfermedades virales transmitidas por el agua pueden ocurrir por consumo de agua para bebida, por contacto a través de la piel o por inhalación, cuando ocurre una contaminación fecal con aguas residuales humanas. Los poliovirus pueden sobrevivir en las aguas de desecho, en donde contaminan los recursos hídricos que originan infecciones.

La esquistosomosis es una importante enfermedad parasitaria de las regiones tropicales y subtropicales, la cual es producida por el género *Schistosoma*. Las personas se infectan por la penetración en la piel de la larva del parásito, liberada por caracoles acuáticos infectados. El agua de consumo insalubre, contaminada con tierra o heces, puede actuar como vehículo de parásitos infecciosos de los géneros *Fasciola*, *Echinococcus*, *Spirometra*, *Ascaris*, *Trichuris*, *Toxocara*, *Necator*, *Ancylostoma* y *Strongyloides*, y las especies *Taenia solium* y *Balantidium coli*.

Las personas con quemaduras graves, heridas extensas, inmunodeficiencia por la edad, inmunodeprimidas por fármacos o infectadas por VIH son más susceptibles a enfermar, debido a los gérmenes presentes de forma natural en el medio ambiente. Si el agua que beben o usan contiene grandes cantidades de ciertos microbios, pueden sufrir diversas infecciones cutáneas y de las mucosas de los ojos, oídos, nariz y garganta. Entre los patógenos oportunistas están *Pseudomonas aeruginosa*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Aeromonas* y micobacterias no tuberculosas.

Purificación a pequeña escala

En el proceso de purificación microbiana se recurre a tratamientos físicos o químicos (figura 12-2):

- **Ebullición.** La aplicación de calor es la técnica más usada para la destrucción de microbios, gracias a su eficiencia, control y sencillez. A diferencia de lo que pasa con los alimentos, la distribución de calor en toda la masa del líquido hirviente es muy homogénea; por eso, la ebullición contribuye a la seguridad microbiológica del agua. La ebullición por un minuto mata a los gérmenes más resistentes, tales como *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y virus de hepatitis A.
- **Radiación.** Los purificadores de agua por luz ultravioleta funcionan mediante la radiación del flujo de agua con una o más lámparas de silicio cuarzo, con unas longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros. La luz UV debe su acción germicida a que es absorbida por las bases de las moléculas de ácido nucleico de los microorganismos, los cuales pierden su capacidad para dividirse y finalmente mueren. Los sistemas garantizan la eliminación de 99.99% de los agentes patógenos, siempre y cuando los procesos previos hayan eliminado de forma casi absoluta cualquier turbiedad del agua. El efecto antimicrobiano se desaprovecha en un 70% por cada 5 cm de profundidad de agua cristalina. Los virus, levaduras, esporas y ooquistes de protozoarios son susceptibles de ser destrui-

dos por este tratamiento. Aunque es particularmente efectivo contra bacterias gramnegativas, los microbios de mayor interés en el agua.

- **Filtración.** Es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlo pasar a través de un medio poroso que retiene al sólido y, por el cual, el líquido puede pasar fácilmente. La filtración mediante materiales de poro fino (como las bujías de tierra de porcelana, asbesto y celulosa) retiene bacterias, quistes y huevecillos de parásitos. Aunque, en general, los virus pasan libremente.
- **Ozonización.** El ozono (O_3) es un gas triatómico de oxígeno, inestable, fuertemente oxidante, corrosivo y tóxico. El O_3 inactiva bacterias y virus, debido a la destrucción de las proteínas por el proceso de oxidación catalítica. El O_3 tiene la enorme ventaja de revertir en oxígeno después de hacer su trabajo desinfectante. Este gas posee un enorme poder oxidante, que le permite ser eficaz en la reducción de olores y colores desagradables provocados por las impurezas presentes en el agua.
- **Cloración.** El cloro es el germicida de mayor uso para la desinfección del agua. Se emplea en forma de hipoclorito de sodio o dióxido de cloro. En pH ácido, el cloro se encuentra casi totalmente como ácido hipocloroso, el cual es altamente microbicida. La exposición al cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared bacteriana. Si se controla la cantidad de cloro residual, pH, tiempo y temperatura

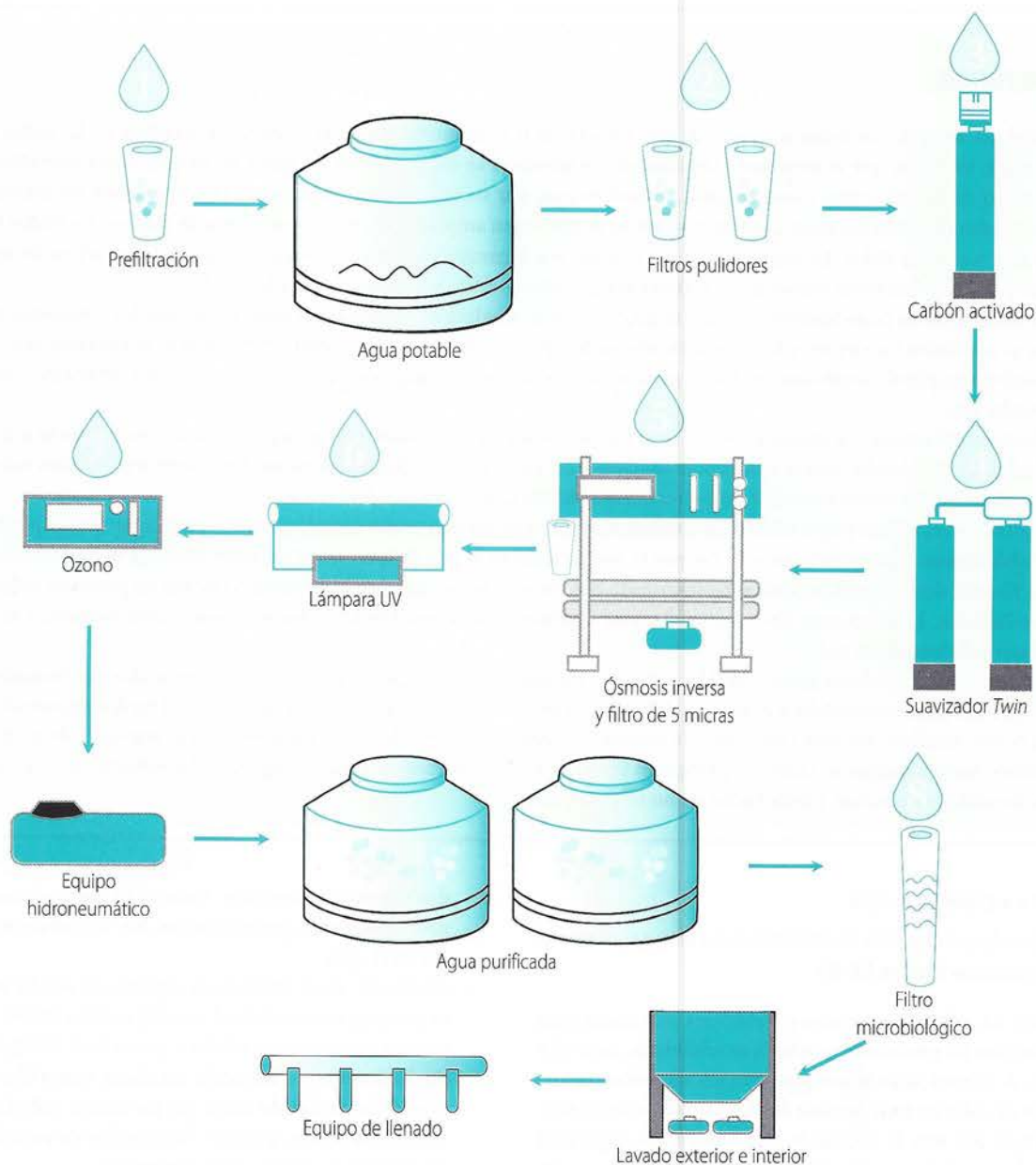


FIGURA 12-2. PROCESOS DE PURIFICACIÓN DEL AGUA

de contacto, es posible alcanzar efectos germicidas contra algunos virus. No obstante, no es un agente seguro para destruir ooquistes de *Cryptosporidium*. Una ventaja del cloro libre consiste en su efecto oxidante que elimina algunos aromas.

Purificación a gran escala

La desinfección del agua a gran escala ordinariamente se realiza mediante la aplicación de compuestos clorados. La fuente de agua puede requerir un tratamiento completo, que comprende filtración, coagulación, sedimentación y desinfección.

El agua es un recurso que puede llegar a estar muy contaminada por las actividades humanas. Por lo cual, es necesaria su purificación para liberarla de cualquier clase de impureza que contenga contaminantes o microorganismos.



IMPORTANTE:

Disposiciones de control del agua. Para evitar los contaminantes se aplica: ebullición, radiación, filtración, ozonización y cloración, entre otros.

Normas microbianas

Se llama agua apta para el consumo (agua potable) a toda aquella cuyas impurezas se encuentren en cantidades tales que no representen peligro para el organismo humano y estén exentas de microbios patógenos.

Los análisis del agua se realizan según normas establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), e incluyen:

Parámetros bacteriológicos

Agua dentro del sistema de distribución considerada aceptable:

- Bacterias coliformes fecales 0 por 100 mL.
- Bacterias coliformes 0 por 100 mL.

Calidad virológica

Debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Presentar la más baja turbiedad posible.
- Estar desinfectada con cloro y tener por lo menos entre 0.2 y 0.5 mg/L de cloro residual libre, después de un periodo de contacto mínimo de 30 min, a un pH inferior a 8.0.

Parámetros biológicos

- El agua potable no debe contener ningún protozooario patógeno intestinal.

Parámetros fisicoquímicos

- Se establece máxima concentración en mg/L de diferentes componentes inorgánicos a los efectos que no influyan sobre la salud; entre ellos: arsénico, cianuro, cromo, nitratos, plomo, etc.

Calidad organoléptica

- Se establecen límites para los componentes químicos y las características físicas a los efectos de no afectar la calidad organoléptica del agua potable; entre ellos: aluminio, cobre, sodio, cloro, dureza total, pH, turbiedad, sabor y olor, respectivamente.

A pesar de las restricciones implicadas en la investigación de coliformes en el agua para estimar peligros potenciales a la salud, en todas partes se realizan estudios. Para evaluar los riesgos potenciales asociados al consumo de alimentos marinos, se cuenta con normas microbianas aplicables al agua de mar, que se apoyan en la identificación de fuentes de contaminación fecal y en los niveles de coliformes fecales o totales en el agua.



IMPORTANTE:

Análisis del agua. Debe cumplir las normas establecidas por la OMS y la OPS en cuanto a parámetros bacteriológicos, calidad virológica, parámetros biológicos, parámetros fisicoquímicos y calidad organoléptica.

8. CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS MANIPULADORES DE ALIMENTOS

En el término manipulador de alimentos se incluye toda aquella persona que interviene en alguna de las etapas de elaboración de una comida o que puede entrar en contacto directo con un producto en cualquier fase de la cadena alimentaria, desde la producción hasta el servicio. Existe una relación entre la inadecuada manipulación y la producción de enfermedades transmitidas de los alimentos. Las medidas más eficaces para la prevención de estas enfermedades son las higiénicas, debido a que en la mayor parte de los casos es el manipulador quien interviene como vehículo de transmisión, por acciones incorrectas, en la contaminación de los alimentos.

Las Buenas Prácticas de Manufactura para el personal manipulador de alimentos incluyen: el estado de salud, la capacitación y las prácticas higiénicas.

Estado de salud

Es indispensable el buen estado de salud del manipulador. Puesto que si es portador de alguna infección digestiva, respiratoria, genitourinaria o dérmica existe la posibilidad de transmitir una serie de agentes infecciosos de forma directa o indirecta a los alimentos. Los planteamientos presentados para detectar manipuladores de alimentos que padecen infecciones y evitar que realicen su actividad son numerosos, aunque muchos tienen limitaciones importantes. Se recomienda por ejemplo:

- Reconocimiento médico previo a la contratación.
- Reconocimiento médico previo al inicio de labores.
- Reconocimiento médico o estudios de laboratorio periódicos.
- Reconocimiento médico de los trabajadores durante las investigaciones de enfermedades transmitidas por alimentos.
- Reconocimiento médico cada vez que se considere necesario.
- Reconocimiento médico mínimo una vez al año.

Los manipuladores de alimentos tienen el potencial de contaminar a los alimentos con microorganismos productores de enfermedades, por ejemplo: *Staphylococcus*, *Salmonella* y virus de hepatitis A. En los Estados Unidos se estima que las ETA dan cuenta de cerca de 10 000 personas fallecidas al año. El 70% de esos episodios se origina en operaciones de servicio de comidas y cerca de 40% es resultado de un lavado deficiente de manos y contaminación cruzada.

El personal que elabora comestibles debe estar sano, sin tos, gripe, diarrea o heridas. En caso de que alguien se presente enfermo a trabajar, debe ser reubicado en un área donde no tenga contacto con los alimentos. La infección se diagnostica ordinariamente a través de pruebas de laboratorio específicas que identifican el microorganismo, a saber.

- **Coprocultivo.** Consiste en el aislamiento de bacterias como *Campylobacter*, *Shigella* y *E. coli* O157, a partir de muestras de heces que se siembran en medios de cultivo.

- **Coproparasitoscópico.** Es la identificación de parásitos mediante el análisis de las heces bajo el microscopio. Es posible apreciar desde quistes de *Entamoeba* hasta huevecillos de *Taenia*.
- **Diagnóstico serológico.** Consiste en el descubrimiento de anticuerpos específicos que indican que se halla presente un patógeno determinado; por ejemplo, la detección de IgM contra el virus de la hepatitis A.

El control de la contaminación humana en los alimentos llega a ser una tarea complicada, especialmente en aquellos casos en donde sólo el hombre es susceptible de ser infectado. La detección de gérmenes patógenos en una persona que prepara alimentos obliga a separarla de su trabajo, hasta que el resultado del coprocultivo resulte negativo.

Sin embargo, aun cuando se demuestra por medio del laboratorio la ausencia del patógeno en muestras repetidas de materia fecal, es necesario revisar la posibilidad de que el individuo se reinfecte debido al entorno y ambiente familiar. Algún miembro de la familia podría ser portador asintomático y dar lugar a una reinfección a través del contacto persona-persona. Un brote de hepatitis con 91 enfermos ocurrió en individuos que consumieron alimentos preparados en una cocina donde laboraba un cocinero infectado quien cumplía con prácticas sanitarias inobjectables.



IMPORTANTE:

Estado de salud. El personal que elabora comestibles debe estar sano, sin tos, gripe, diarrea o heridas.

Capacitación

Los programas de capacitación tienen como objetivo que el personal involucrado en la elaboración de productos de las diferentes empresas relacionadas al ramo de la alimentación, conozca la importancia de su trabajo para garantizar la inocuidad alimentaria y cumplir con los principales requisitos ante una verificación sanitaria por parte de la autoridad de salud. El proceso consiste en brindar educación sanitaria en manipulación, tanto a nivel básico como a nivel continuo, a los preparadores de alimentos.

- **Capacitación básica.** En el sistema alimentario, desde quienes los producen hasta quienes los preparan, juegan un papel importante en la higiene de los alimentos. Las personas involucradas en cada uno de los segmentos necesitan entender cuáles son las razones por las que es necesario mantener un control activo en la inocuidad de los productos. La capacitación básica para los manipuladores debe incluir los siguientes temas:
 - Fundamentos de microbiología de alimentos. Los conceptos microbiológicos mínimos sobre los alimentos que deben dominar son:
 - Portadores. Los seres humanos pueden introducir patógenos en los alimentos durante la producción, el pro-

cesamiento, la distribución y preparación, justo antes de su consumo,

- Ubicuidad. Los microorganismos están en todas partes y se encuentran en los productos agrícolas crudos,
- Supervivencia. Los patógenos pueden sobrevivir a los tratamientos de conservación mínima.
- Enfermedad. Según la susceptibilidad individual, las enfermedades transmitidas a través de los alimentos pueden ser desde leves hasta muy graves y letales, con complicaciones crónicas.

- Prácticas de higiene.
- Causas de descomposición de los alimentos y métodos de conservación.
- Control ecosanitario de plagas.
- Manejo higiénico de materias primas.
- Limpieza y desinfección.
- Sistema *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP).

Después de la capacitación, el personal tendrá un conocimiento adecuado de la estructura y funciones de los microorganismos, y ejecutará de una manera más técnica y consciente los procedimientos de limpieza y desinfección asociados al proceso de producción.

- **Capacitación continua.** En estos programas se pretende que el personal logre explicar la importancia que tiene la higiene de los alimentos, para prevenir contaminaciones y enfermedades transmitidas por microbios, así como diseñar procedimientos preventivos para evitar daños potenciales a la salud del consumidor. En una capacitación continua se recomienda abarcar los siguientes puntos de forma sucesiva:

- Conceptos elementales de los alimentos.
- Composición química de los comestibles.
- Microorganismos en los alimentos.
- Normas generales para la manipulación de alimentos.
- Fuentes de contaminación de los alimentos.
- Legislación sanitaria.

Todas las personas deben estar conscientes del control que tienen en su propia cocina, para prevenir las enfermedades transmitidas a través de los alimentos.



IMPORTANTE:

Capacitación. Los programas tienen como finalidad que el personal implicado en la preparación de los alimentos, conozca la trascendencia de su trabajo para garantizar la inocuidad alimentaria y cumplir con los requisitos de la autoridad en salud.

Prácticas higiénicas

El Análisis de Riesgo y Puntos de Control Críticos (*Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP) es un sistema de prevención

para garantizar la seguridad alimentaria. El HACCP es la maniobra más eficaz para controlar los peligros y asegurar la inocuidad de los comestibles a lo largo del sistema alimentario. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) aplicó esta noción en el desarrollo de material educativo para el público. El USDA identificó los puntos críticos de control educacionales más trascendentales en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, pero los menos entendidos por los consumidores. Los puntos que se identificaron fueron: adquisición, almacenamiento, preparación, servicio del alimento y guardado de las sobras.

El USDA, en la “Guía Rápida para el Consumidor sobre el Manejo Seguro de Alimentos”, aporta las siguientes recomendaciones basadas en los cinco puntos críticos de control:

- Cuando vaya de compras, adquiera por último los productos refrigerados, y llévelos rápidamente a casa.
- Cuando guarde los comestibles, refrigérelos para mantener su inocuidad.
- Cuando deshiele los alimentos, descongélelos en el refrigerador.
- Cuando guise el alimento, cocínelo bien para eliminar los gérmenes nocivos.
- Cuando sirva la comida, nunca la deje sin guardar por más de dos horas.
- Cuando guarde las sobras, use recipientes chicos, poco profundos, para que se enfríen rápidamente.
- Cuando tenga dudas acerca del estado de un comestible, es mejor desecharlo.

Otras medidas higiénicas recomendadas son:

- Escoger comestibles cuyo tratamiento previo garantice que son seguros.
- Consumir los alimentos rápidamente después de su preparación.

- Si los productos no se consumen de inmediato, se deben mantener:
 - A 65 °C hasta su consumo en no más de 24 horas.
 - A < 3 °C durante tres días como máximo.
 - A < -18 °C durante no más de cuatro meses.
- Mantener los alimentos perecederos en refrigeración (0 a 5 °C) o congelación (< -18 °C) hasta el momento de ser utilizados.
- No dejar productos perecederos a temperatura ambiente más tiempo del necesario.
- Los platillos elaborados nunca se dejarán enfriar lentamente.
- Las ensaladas de productos proteínicos o de artículos picados se deben mantener < 3 °C hasta su consumo.
- Separar los alimentos crudos de los cocinados.
- Mantener un alto grado de limpieza en locales, utensilios y equipos.
- Las mayonesas, salsas, cremas y natas se mantendrán en refrigeración y se consumirán en no más de 24 horas.
- Las manos se deben lavar con la frecuencia necesaria.
- No preparar comida para otros si se está enfermo.
- Proteger los alimentos contra insectos, roedores y otros animales.
- Utilizar agua potable.



IMPORTANTE:

Prácticas higiénicas. Los puntos críticos de control educativos para la prevención de ETA son: adquisición, almacenamiento, preparación, servicio y guardado de las sobras.

La aplicación de sistemas nacionales de control en los alimentos es un requisito fundamental para proteger la salud y seguridad de los consumidores del país. Igualmente, es esencial para garantizar



RECUERDA:

En 1990, la Organización Mundial de la Salud (OMS) formuló las “Diez reglas de oro para la preparación de alimentos inocuos”. No obstante, se hizo evidente la necesidad de elaborar algo más simple y de aplicación general. Después, de un año de consultas presentó el póster “Cinco claves para la inocuidad de los alimentos”, en el cual se enfatizaron los siguientes mensajes básicos:

1. Mantener la limpieza.
2. Separar alimentos crudos de los cocinados.
3. Cocinar completamente.
4. Mantener los alimentos a temperaturas seguras.
5. Usar agua y materias primas seguras.

El póster se tradujo a más de 40 idiomas y se utiliza para divulgar el mensaje de la OMS sobre la higiene de los alimentos por todo el mundo. Igualmente, otras instituciones han mostrado su preocupación por la limpieza de los comestibles. La Organización Panamericana de la Salud (OPS), en materia de vigilancia y control de las ETA, propuso “El trabajo para la Protección de Alimentos”, que se entiende como el conjunto de técnicas, métodos y estrategias que conducen a la obtención de productos inocuos para la salud humana.

la inocuidad y calidad de los productos exportados y para avalar que los alimentos importados se ajustan a las exigencias nacionales. El nuevo marco del comercio mundial exige reforzar los sistemas de control de los alimentos. Asimismo, obliga tanto a las

naciones importadoras como a las exportadoras a implementar y hacer cumplir estrategias de control de los alimentos basadas en el peligro.

9. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Las tecnologías de conservación aplicadas en los alimentos, causan inhibición y eliminación de los microorganismos. Entre los métodos físicos están: temperaturas altas, microondas, secado y congelación. Dentro de los químicos están: ahumado, salazonado, ácidos orgánicos, bacteriocinas y encurtidos. En los microbianos se halla la fermentación.
- Las nuevas tecnologías en la industria alimentaria (p. ej., presión hidrostática, radiación y campos eléctricos pulsátiles) permiten obtener alimentos mínimamente procesados, seguros, con excelentes cualidades nutricionales y organolépticas.
- Para evitar los contaminantes del aire se aplica control de: ventilación sanitaria, radiación, desinfección y filtración. Para impedir los contaminantes del agua se aplica control de: ebullición, radiación, filtración, ozonización y cloración, entre otros.
- El personal que elabora alimentos debe estar sano, sin tos, gripe, diarrea o heridas. Los programas de capacitación tienen como finalidad que el personal implicado en la preparación de los alimentos, conozca la trascendencia de su trabajo para garantizar la inocuidad alimentaria. Los puntos críticos de control educacionales para la prevención de ETA son: adquisición, almacenamiento, preparación, servido y guardado de las sobras.

www.



Véase **Bibliografía** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 12 Garantía de la calidad microbiológica de los alimentos

CAPÍTULO

13

DETECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIANA EN LOS ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar las principales técnicas utilizadas en la detección de microorganismos alteradores de la calidad higiénica de los alimentos.

INTRODUCCIÓN

Las operaciones globales de los alimentos, la seguridad alimentaria, la amenaza del bioterrorismo, la conservación de los productos, la vigilancia de la salud pública nacional e internacional, el deterioro potencial de la comida y la propagación de nuevos agentes microbianos son temas de preocupación para los gobiernos de las diferentes naciones. En este contexto, la detección de microorganismos patógenos resulta fundamental. La inocuidad es de vital importancia para asegurar que los alimentos no representen riesgo alguno para la salud del consumidor, así la determinación rápida y precisa de la cantidad y los tipos de microbios en los sistemas alimentarios son metas trascendentales para ayudar a proteger a la población.

La estimación del número de bacterias en los alimentos se utiliza con frecuencia como indicador de la calidad microbiológica, mientras que la presencia de gérmenes sirve para evaluar la supuesta “inocuidad” alimentaria. Estos procedimientos requieren que se tomen muestras del alimento, se realicen análisis microbiológicos y se evalúen los resultados, posiblemente por comparación con criterios microbiológicos ya establecidos.

1. Concepto del plan de muestreo	170
2. Clasificación del plan de muestreo por atributos	170
3. Muestreo para análisis microbiano	171
4. Obtención de la muestra	172
5. Criterios microbiológicos	173
6. Curvas operativas	173
7. Métodos de detección microbianos	175
8. Métodos automatizados para detección de contaminantes microbianos	177
9. Síntesis conceptual	179

1. CONCEPTO DEL PLAN DE MUESTREO

El plan de muestreo es un programa que indica el tamaño de muestra, la serie de tamaños del espécimen o la cantidad de unidades de cada lote que se deben inspeccionar; además, los números de aceptación, los valores de rechazo o el criterio para la determinación de la aceptabilidad del lote o producción.



IMPORTANTE:

Plan de muestreo. Programa para la elección del procedimiento de muestreo y del criterio de decisión.

2. CLASIFICACIÓN DEL PLAN DE MUESTREO POR ATRIBUTOS

El plan de muestreo por atributos consiste en analizar una característica de una unidad del producto y clasificarla como "aceptable" o "defectuosa". El número de elementos defectuosos encontrados influye en la decisión de las acciones a tomar. Los planes de muestreo por atributos son los más utilizados en microbiología. Se pueden dividir en dos tipos:

- Programa de atributos de dos clases.
- Programa de atributos de tres clases.



IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos. Consiste en analizar alguna característica de una unidad de producto y su clasificación como aceptable o defectuosa.

Programa de atributos de dos clases

En este plan, la calidad del producto se puede dividir en dos atributos según los resultados de los análisis. Las muestras se clasifican en admisibles o rechazables (cuadro 13-1).

En otros casos se define por tres valores: n , c y m (figura 13-1).

- n : la cantidad de unidades de muestra necesarias para efectuar el estudio.
- c : el número máximo admisible de unidades de muestra que pueden presentar resultados insatisfactorios.
- m : la cifra del recuento por encima de la cual la muestra se considera defectuosa o deficiente. Este valor no se tiene en

CUADRO 13-1. CONSIDERACIONES PARA LAS UNIDADES MUESTREADAS EN PLAN DE DOS CLASES

Valor de recuento	Criterio
0 – m	Admisible
> m	Rechazable

Plan de muestreo de dos clases



FIGURA 13-1. EL PLAN DE MUESTREO DE DOS CLASES SE APLICA PARA DETECTAR PRESENCIA/AUSENCIA, ASÍ COMO PARA EL RECuento DE MICROORGANISMOS

cuenta cuando se realiza una prueba de presencia/ausencia, ya que un sólo resultado positivo es suficiente para que la muestra sea estimada como insatisfactoria.

El objetivo de este programa es detectar la presencia/ausencia de un determinado microorganismo o comprobar que la cantidad de microbios presentes en esa muestra es mayor a la señalada en el criterio.



IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos de dos clases. La calidad del producto se puede dividir en dos caracteres: admisibles o rechazables.

Programa de atributos de tres clases

En este plan, la calidad del producto se puede dividir en tres atributos, de acuerdo a la cantidad de microorganismos en las unidades de muestra. Las muestras se dividen en: aceptables, dudosamente aceptables, y rechazables (cuadro 13-2).

Se define por cuatro valores: n , c , m y M (figura 13-2).

- n : la cantidad de unidades de muestras a analizar.
- c : el número máximo permisible de unidades deficientes para aprobar el lote.
- m : el valor de recuento de microbios que separa la calidad buena de la marginal.
- M : el valor de recuento de microorganismos por el cual se rechaza el lote.

CUADRO 13-2. CONSIDERACIONES PARA LAS UNIDADES MUESTREADAS EN PLAN DE TRES CLASES

Valor de recuento	Criterio
0 – m	Admisible
m – M	Dudosamente aceptable
> M	Rechazable



FIGURA 13-2. EL PLAN DE MUESTREO DE TRES CLASES SE APLICA PARA EL RECuento DE MICROORGANISMOS



IMPORTANTE:

Plan de muestreo por atributos de tres clases. La calidad del producto se puede dividir en tres caracteres: aceptables, dudosamente aceptables, y rechazables.

3. MUESTREO PARA ANÁLISIS MICROBIANO

La calidad microbiológica de un lote de un alimento determinado se establece en una pequeña parte de todo el conjunto, la cual recibe el nombre de muestra. La porción analizada debe ser representativa, por lo que el método de muestreo debe ser eficiente; de lo contrario, el análisis no sirve para definir la calidad microbiológica del producto estudiado. En las publicaciones se han descrito métodos estándares y recomendados para la toma de muestras.



IMPORTANTE:

Muestreo. Es la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Número de muestras

El número de muestras designadas para un estudio microbiológico depende de la precisión deseada en los resultados. En el cálculo del tamaño de la muestra se aplican principios estadísticos para asegurar que la determinación sea representativa del lote. El número mínimo representativo de muestras para un lote es de 1%. Igualmente, cuando se dispone de muchas unidades, el número suele establecerse a través de la raíz del número de elementos del lote. El resultado se redondea al número entero superior. En algunos alimentos, la legislación establece el número mínimo de elementos a muestrear de acuerdo a la cantidad de unidades que componen el lote (cuadro 13-3).



IMPORTANTE:

Número de muestras. La porción analizada debe ser representativa. La cantidad mínima de muestras para un lote es de 1%.

CUADRO 13-3. NÚMERO MÍNIMO REPRESENTATIVO DE MUESTRAS PARA SELECCIÓN DE UN LOTE

Número de unidades que componen el lote	Mínimo de unidades a muestrear
001 a 010	01
011 a 100	02
101 a 300	04
301 a 500	05
501 a 10 000	1% del lote
Más de 10 000	Raíz cuadrada del número de unidades del lote

Tipos de muestreo

Hay diferentes criterios de clasificación de los distintos tipos de muestreo; sin embargo, en general, se dividen en métodos de muestreo no probabilísticos y probabilísticos.

Métodos de muestreo no probabilísticos

En este tipo de muestreo, la selección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las condiciones que permiten hacer el muestreo. Las muestras se eligen mediante mecanismos informales, los sujetos no tienen la misma probabilidad de ser seleccionados, y no aseguran la representación total del lote o población; por consiguiente, no es posible determinar el nivel de confianza para hacer la estimación.



IMPORTANTE:

Métodos de muestreo no probabilísticos. La elección del espécimen no es al azar, sino que sigue criterios subjetivos.

Métodos de muestreo probabilísticos

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos en los que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra; por lo tanto, aseguran la representatividad de la muestra extraída.

Muestreo aleatorio simple. Es el tipo de muestreo probabilístico más común. En este método, cada porción de la muestra tiene una probabilidad igual e independiente de ser seleccionada como unidad del lote o población. En el procedimiento se asigna un número a cada componente del lote o población, y se eligen tantos elementos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido a través de algún medio mecánico; por ejemplo, esferas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados en una computadora, etc.

Muestreo aleatorio estratificado. En este método, un espécimen se obtiene mediante la separación de los elementos de la población en grupos llamados estratos, y la selección posterior de una muestra aleatoria simple de cada estrato.

Muestreo aleatorio sistematizado. Este método se aplica cuando los elementos de la población, sobre la que se realiza el muestreo, están ordenados en una lista. El procedimiento se basa en tomar muestras de una manera directa y establecida a partir de una sola unidad que se seleccionó en primer lugar. El resto de elementos se determina automáticamente al aplicarle a la primera unidad una regla de selección sistemática. Es decir, en un muestreo aleatorio sistemático se elige un individuo al azar y a partir de él, a intervalos constantes, se seleccionan los demás hasta completar el número de la muestra.



IMPORTANTE:

Métodos de muestreo probabilísticos. Los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Los tipos de muestreo aleatorio son: simple, estratificado y sistematizado.

4. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

La población microbiana presente en los productos alimenticios puede sufrir cambios cualitativos y cuantitativos por una infinidad de factores, que se deben tomar en cuenta para obtener resultados confiables a la hora de realizar los análisis de laboratorio. Entre los puntos que se deben tomar en consideración, están:

- **Objetivo.** En un muestreo es importante tener presente la finalidad del estudio. Las muestras investigadas por una contaminación microbiana donde están presentes patógenos, no pueden ser manejadas de la misma forma que aquellos especímenes destinados a un control sanitario de rutina.
- **Recolección.** La toma de la muestra se efectúa en condiciones asépticas para asegurar la integridad de la misma. Las muestras en el empaque original pequeño se envían sin abrir. En los productos que se encuentran en empaques de gran tamaño, se transfiere higiénicamente la porción representativa a un contenedor estéril. En el aspecto cuantitativo, una muestra unitaria consiste de un mínimo de 100 g de alimento, la porción habitual para el consumidor del producto. Se debe tener cuidado de no sobrellenar las bolsas o fracturar la bolsa por punción. En los alimentos compuestos por distintos elementos, se toman segmentos representativos de cada uno de ellos, tanto en superficie como en profundidad.
- **Material.** Se recomienda usar recipientes de boca ancha, limpios, secos, libres de fugas, estériles y de un tamaño adecuado para la toma de las muestras del producto. Para materiales secos se utilizan cajas de metal, latas, bolsas, o empaques estériles con cierres adecuados. Es necesario disponer por se-

parado de utensilios de acero inoxidable esterilizados como cucharas, cuchillo, tenedor, espátulas y tijeras, para que se puedan utilizar en la toma de muestra. En lo posible se evitan los recipientes de vidrio, pues se pueden romper y contaminar al producto. Dentro de los contenedores estériles, junto con la muestra, se deben enviar controles abiertos o cerrados. Es obligatorio cumplir con todos los elementos de seguridad para una buena toma de muestra, como el uso de bata, tapabocas, gorro, guantes y zapatos antideslizantes.

- **Identificación.** Los especímenes se rotulan de manera individual con una etiqueta. El marcado con una pluma sobre el plástico se debe evitar, porque la tinta puede penetrar en el contenedor. Se adjunta una hoja de solicitud que indique los análisis a realizar. Es conveniente elaborar un registro con datos de todas las muestras, con los tiempos, fechas de recolección y llegada al laboratorio.
- **Transporte.** Las muestras se entregan rápidamente al laboratorio, en condiciones de almacenamiento similares a las originales. Los alimentos perecederos se deben enviar a temperatura de 1 a 8 °C y los comestibles no perecederos a temperatura ambiente. Para llevar el control de la temperatura en especímenes líquidos, se debe tomar una muestra adicional, en la cual se mide la temperatura durante el muestreo y al llegar al laboratorio. Los alimentos refrigerados o congelados se recolectan en contenedores de fabricación rígida, para que lleguen sin alguna alteración. Los contenedores se ponen en un congelador lo suficientemente grande para mantenerlos fríos y espaciados. Generalmente, las muestras refrigeradas deben analizarse en un lapso menor a 36 h después del tiempo de recolección.
- **Almacenaje.** La conservación de los alimentos perecederos es de gran trascendencia para fines oficiales; la Ley General de Salud de México señala que después de la notificación de los resultados, las dudas sobre la autenticidad del análisis se pueden objetar dentro del plazo estipulado en la misma Ley. Las instituciones gubernamentales de salud podrían mandar a analizar la muestra testigo a un laboratorio de tercera, en presencia de las partes interesadas; el resultado obtenido es el que determina el cumplimiento de los requisitos y especificaciones sanitarias del producto en cuestión. No obstante, las muestras testigo en ambientes de conservación adecuada pueden sufrir cambios significativos en sus características nutricionales, biológicas o fisicoquímicas, lo cual ocasiona que los resultados sean inadecuados.



IMPORTANTE:

Toma de muestras. La cantidad de la muestra es de 200 g para realizar los distintos estudios y almacenar por si se requiere repetir el estudio. Los materiales y condiciones deben ser estériles. En los alimentos compuestos por distintos elementos se toman segmentos representativos de cada uno de ellos.

5. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS

Un criterio microbiológico es una norma que sirve para realizar una comparación y evaluación de los datos propios. El criterio microbiológico para determinar la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento se basa en la ausencia o presencia y en la cantidad de microbios o sus metabolitos, por unidad de volumen, masa, superficie o lote.

La Comisión Internacional para la Especificación Microbiológica de Alimentos (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods*, ICMSF) recomienda incluir los siguientes factores en un criterio microbiológico:

- **Alimento.** Una descripción del producto analizado, puesto que cada alimento presenta distintos problemas de deterioro y de seguridad al divergir en origen, composición y procesamiento.
- **Microbio.** Un listado de los microorganismos o toxinas capaces de ocasionar dificultades.
- **Técnica.** Las especificaciones de los métodos analíticos para detectar o cuantificar tales gérmenes o sus toxinas.
- **Muestreo.** La cantidad y tamaño de la muestra que se debe tomar de un lote.
- **Rangos.** Los límites microbiológicos apropiados, según el alimento y el microorganismo.



IMPORTANTE:

Criterio microbiológico. Define la aceptabilidad de un producto o ingrediente alimentario en base a la presencia o ausencia y el número de microorganismos (o sus toxinas) por unidad de masa, volumen, área o lote.

6. CURVAS OPERATIVAS

La curva operativa característica (curva OC) para un determinado tamaño muestral y un número máximo de defectos consiste en una representación gráfica de las probabilidades de aceptación de un lote para los distintos niveles de incumplimiento del criterio indicador. La probabilidad de aceptabilidad de un lote depende: del tamaño (n) de la muestra, de la cantidad de unidades defectuosas aceptables en el muestreo (c) y de la calidad del espécimen (p).



IMPORTANTE:

Curva operativa. Es la curva que representa el poder discriminatorio del plan de muestreo. La curva OC indica la probabilidad de que un lote con cierta fracción de artículos defectuosos sea aceptado o rechazado.

La curva OC se utiliza principalmente en estudios de control de calidad. Para interpretar las curvas operativas, a continuación se

da un ejemplo: supongamos que se recibe un lote de algún producto, con 2% de unidades deficientes, lo cual desconocemos. Luego se decide que la muestra a obtener del lote es de 100 elementos, y que el criterio a utilizar es de $c = 3$; es decir, si se encuentran 0, 1, 2 o 3 unidades defectuosas se aprueba el lote, pero si se hallan 4 o más, se rechaza. Enseguida, se plantea ¿cuál es la probabilidad de que al elegir aleatoriamente 100 piezas de un lote 2% defectuoso, encontremos 0, 1, 2, 3 o 4 elementos deficientes?

Los planes de muestreo para la aceptación de un lote se representan mediante la curva de muestreo, basada en la distribución de Poisson. La respuesta se obtiene con la aplicación de la siguiente fórmula,

$$P(x) = \frac{(np)^x e^{-np}}{x!}$$

donde $n = 100$, $p = 0.02$ y $x = 0, 1, 2$ y 3 . Por lo tanto,

$$P(0) = \frac{(100 \cdot 0.02)^0 e^{-100 \cdot 0.02}}{0!} = 0.135$$

$$P(1) = \frac{(100 \cdot 0.02)^1 e^{-100 \cdot 0.02}}{1!} = 0.270$$

$$P(2) = \frac{(100 \cdot 0.02)^2 e^{-100 \cdot 0.02}}{2!} = 0.270$$

$$P(3) = \frac{(100 \cdot 0.02)^3 e^{-100 \cdot 0.02}}{3!} = 0.180$$

El cálculo da una probabilidad total de:

$$PT = P(0) + P(1) + P(2) + P(3) =$$

$$PT = 0.135 + 0.270 + 0.270 + 0.180 = 0.855$$

Este cálculo indica que si se retiran 100 unidades del lote 2% defectuoso, existe un 85.5% de probabilidad de encontrar 0, 1, 2 o 3 defectos. En otras palabras, hay 85.5% de probabilidad de aprobar el lote con el criterio $c = 3$ para una muestra de $n = 100$.

Para realizar la curva, primero se prepara una tabla con los títulos correspondientes en las diferentes columnas.

Productos defectuosos	p	n	np	c	$P\alpha$

Donde

p = calidad del espécimen

n = tamaño de la muestra

np = número de productos defectuosos

c = cantidad de unidades defectuosas aceptables en el muestreo

$P\alpha$ = probabilidad de aceptación

Productos defectuosos	p	n	np	c	P_α
1	0.01	100	1	3	0.9810
2	0.02	100	2	3	0.8571
3	0.03	100	3	3	0.6472
4	0.04	100	4	3	0.4335
5	0.05	100	5	3	0.2650
6	0.06	100	6	3	0.1512
7	0.07	100	7	3	0.0818
8	0.08	100	8	3	0.0424
9	0.09	100	9	3	0.0212
10	0.10	100	10	3	0.0103

El np se obtiene de multiplicar n (tamaño de la muestra) por p (calidad del espécimen). La P_α se consigue de las tablas de distribución acumulada de Poisson, después de extrapolar np contra c .

La relación se suele mostrar en forma gráfica, donde p se representa en el eje horizontal y P_α en el eje vertical.

A continuación se establecen dos puntos importantes en la curva operativa: el Nivel de Calidad Aceptable (*Acceptable Quality Level*, AQL) y el Porcentaje Máximo Tolerable (*Lot Tolerance Percent Defective*, LTPD). El AQL se define como el porcentaje de defectos que tiene una probabilidad cercana al 95% de ser aceptado, y se utiliza para precisar el nivel de calidad que se desea obtener del producto. A su vez, el LTPD se conoce como Riesgo del Consumidor,



RECUERDA:

Una curva operativa característica, respecto de un determinado plan de muestreo, describe la probabilidad de aceptación de un lote en función de su calidad efectiva. La curva pone en relación el índice de elementos defectuosos en los lotes (eje de abscisas) y la probabilidad de aceptación de esos lotes en la inspección (eje de ordenadas).

La probabilidad de aceptar un lote con 0 defectos es lógicamente de 100%. Igualmente, cuando el 100% de las unidades es defectuoso, la probabilidad de aceptación del lote es 0%. Por lo tanto, una curva de operación característica siempre pasa por los puntos 0.1 y 100.0. Para porcentajes intermedios de productos imperfectos se debe calcular la probabilidad de aprobación del lote en base al plan de muestreo aplicado.

El LTPD se conoce como Riesgo del Consumidor, y representa la probabilidad de aceptar el 10% de las veces lotes que tienen un alto porcentaje de defectos.

En la figura 13-3 se muestra una curva operativa, donde la flecha oscura corta la curva para una probabilidad del 95%, y el cruce corresponde a un porcentaje de defectos de 1.6%. Para el LTPD, la flecha clara corta al 10% de probabilidad de aceptación y corresponde a un porcentaje de defectos del 6.7%. El riesgo del productor describe la probabilidad de que un lote aceptable sea rechazado inadecuadamente; mientras que el riesgo del consumidor representa la probabilidad de que un lote defectuoso sea aceptado equivocadamente.

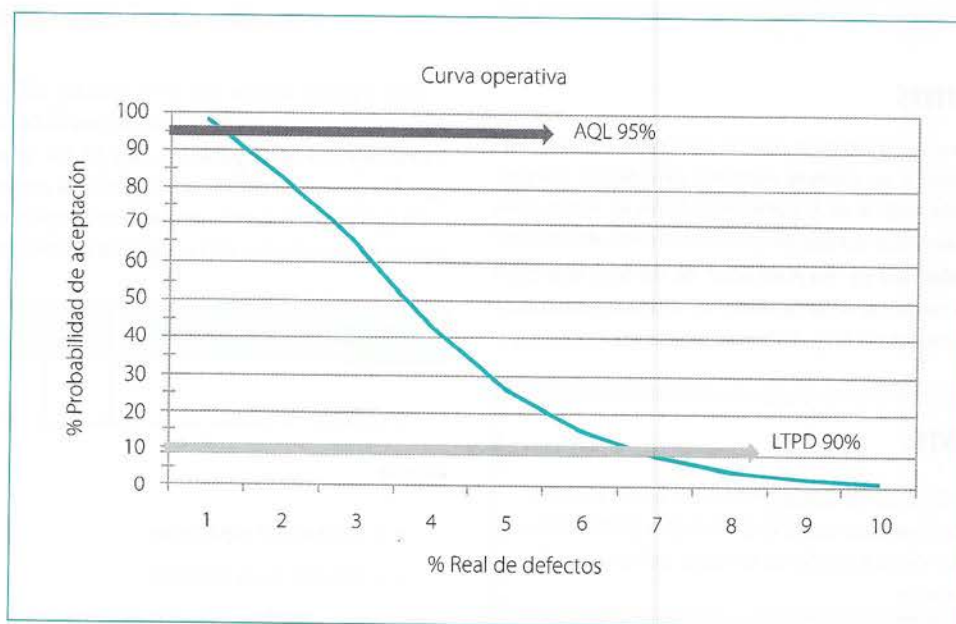


FIGURA 13-3. LA CURVA OPERATIVA REPRESENTA EL PODER DISCRIMINATORIO DEL PLAN DE MUESTREO. AQL: NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (*ACCEPTABLE QUALITY LEVEL*); LTPD: PORCENTAJE MÁXIMO TOLERABLE (*LOT TOLERANCE PERCENT DEFECTIVE*, LTPD)

7. MÉTODOS DE DETECCIÓN MICROBIANOS

Son los procedimientos diseñados para verificar la presencia y la cantidad de microbios indeseables en los comestibles. Las técnicas para la detección de microorganismos en los alimentos, sus ingredientes y su entorno se catalogan en cuantitativas y cualitativas.

Métodos cuantitativos

Establecen el número de microorganismos presentes en una cantidad determinada del alimento; es decir, están diseñados para calcular la carga microbiana de la materia analizada. En otras palabras, cuantifican microbios. Entre las principales técnicas cuantitativas se encuentran:

Recuento microscópico

Consiste en la colocación de un volumen determinado de células sin fijar en una cámara de Neubauer o de Petroff-Hauser para realizar el conteo a través de un microscopio. Se anota el número n de microbios observados en las celdillas. El recuento indica la concentración de células/mL.

Recuento de microorganismos en placa

El método implica preparación de la muestra, dilución seriada, siembra en un agar no selectivo, incubación de las cajas Petri a 35 °C y conteo de las colonias después de 48 h (figura 13-4). La técnica se basa en la premisa de que, cuando una muestra se mezcla con el agar, cada célula microbiana forma a simple vista una co-

lonia separada. Las colonias contadas se expresan como unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo o mililitro de muestra.

Cálculo electrónico

El conteo de células bacterianas se realiza por medio de sistemas electrónicos del tipo Coulter. El método radica en colocar en una cámara del contador un volumen determinado de suspensión bacteriana, luego se hace pasar a través un tubo capilar entre dos polos de una corriente eléctrica a otra cámara. Un pequeño orificio de unas 15 μm de diámetro forma parte de un circuito eléctrico, de manera que cada vez que una célula pasa a través del mismo, la conductividad del circuito disminuye y la presencia de la célula se detecta electrónicamente en el lector.

Medidas turbidimétricas

En este método se utiliza un espectrofotómetro que mide la cantidad de luz que transmite una solución o un cultivo líquido de células microbianas. El fundamento es que a mayor masa de células en un cultivo, mayor es su turbidez y menor la cantidad de luz que se transmite, así la lectura es mayor. Se debe preparar una curva patrón o gráfica en la que se relacionen las medidas del espectrofotómetro con la masa celular o el número de células de un cultivo determinado. Los resultados se expresan en unidades de absorbancia.

Método del número más probable (NMP)

El método consiste en la estimación de la cantidad de microbios viables a partir de diluciones sucesivas (1:10). Se inicia con

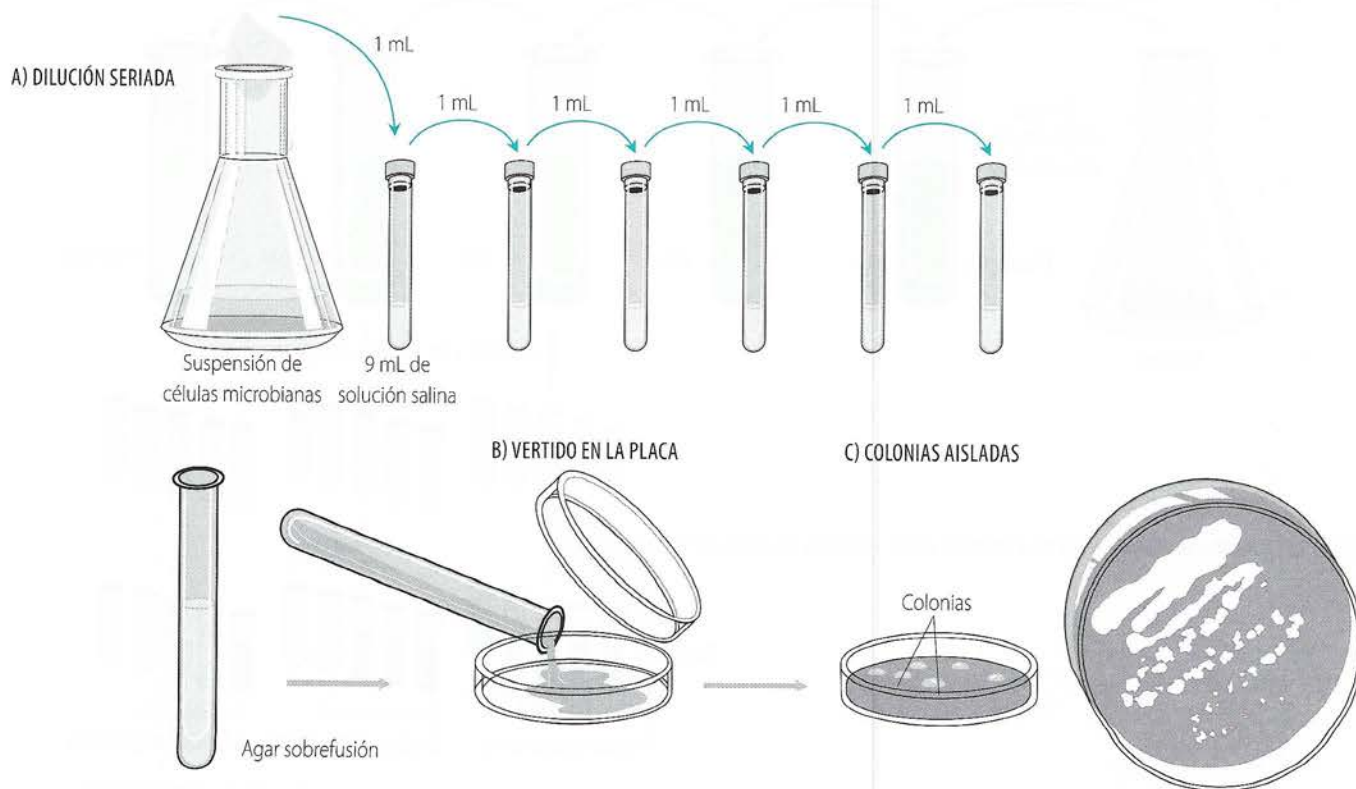


FIGURA 13-4. EN EL RECuento DE MICROORGANISMOS VIABLES, CADA COLONIA FORMADA PROCEDE DE UN SIMPLE MICROBIO

1 g de alimento, suelo o sedimento en base húmeda o 1 mL de agua. Luego, de tres o más de las diluciones se inoculan tubos con caldo de cultivo con sustratos y aceptores de electrones específicos. En esta técnica se supone que, en las series de diluciones, los microorganismos se encuentran distribuidos al azar y que, al menos, un microbio se desarrollará (figura 13-5). Una reacción positiva se aprecia por turbidez, cambio de color, o producción de algún metabolito determinado en el tubo de cultivo. La estimación de la densidad bacteriana se obtiene por el método estadístico de máxima probabilidad, que utiliza la teoría de las diluciones.

Reducción de colorantes

La proliferación y metabolismo de las bacterias reducen las tinturas azul de metileno, resazurina y trifeniltetrazolium, lo cual ocasiona un cambio en su pigmentación, que puede ser cuantificable. El principio de esta prueba establece que la rapidez de reducción de una concentración específica de colorante añadido a un alimento, durante un periodo de incubación, es directamente proporcional a la carga microbiana inicial del producto.

Determinación de peso seco

El contenido de sólidos de las células microbianas, que se encuentran en una suspensión, se obtiene por el secado de un volumen en un desecador a 105 °C hasta mantener un peso constante. Esta técnica es útil para grandes volúmenes de muestra, debido a que diferencias del orden de los miligramos representan el peso de gran cantidad de microbios.



IMPORTANTE:

Métodos cuantitativos. Establecen la carga microbiana presente en un alimento. Las principales técnicas son: recuento de microorganismos en placa, recuento microscópico, cálculo electrónico, método del número más probable, medidas turbidimétricas, reducción de colorantes y determinación de peso seco.

Métodos cualitativos

Determinan la presencia o ausencia de microorganismos o de algún componente celular en una cantidad dada del producto. En pocas palabras, detectan microorganismos.

Estudios radiométricos

Se mide la incorporación de radiactividad en sustratos o su liberación desde ellos. En una de las pruebas, los sustratos marcados con ^{14}C son metabolizados por microbios, los cuales liberan $^{14}\text{CO}_2$ al medio. El gas se difunde hacia la atmósfera de un frasco, se mide periódicamente y se expresa como índice de crecimiento cuando se compara con los niveles de CO_2 de frascos control. El tiempo necesario para detectar el $^{14}\text{CO}_2$ es inversamente proporcional a la cantidad presente de microorganismos.

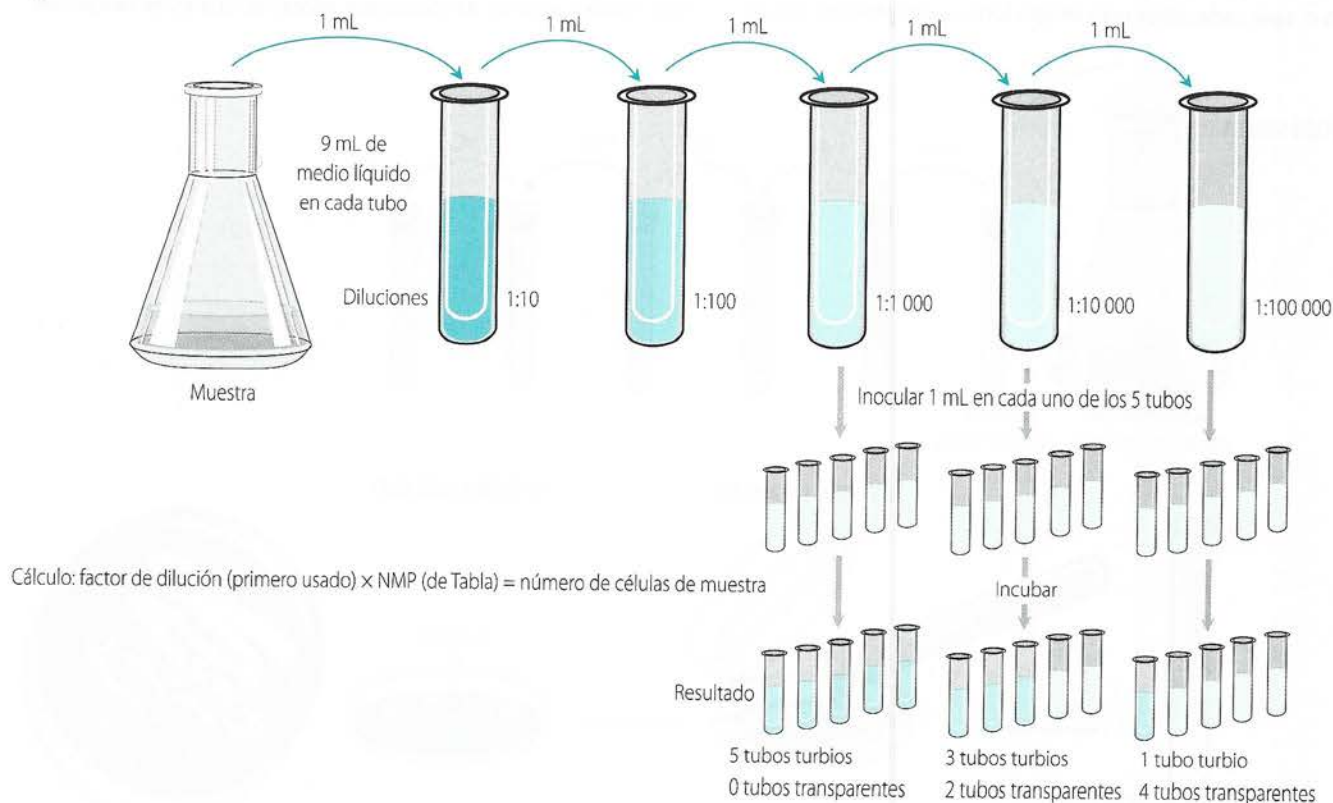


FIGURA 13-5. LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE SUGIERE QUE UNA SOLA CÉLULA VIVA SE PUEDE DESARROLLAR Y PRODUCIR UN CULTIVO TURBIO. NMP: MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

Técnica de fluorescencia directa

En este procedimiento, las bacterias se filtran en una membrana apropiada para retenerlas, se someten a detergentes y posteriormente se tratan con un agente fluorescente. La detección de los microorganismos se realiza mediante microscopía de fluorescencia o por cualquier otro método para la medir la epifluorescencia.

Reacciones enzimáticas cromogénicas

Las pruebas enzimáticas se fundamentan en la capacidad para detectar la formación de un producto o la reducción del sustrato, durante la reacción. Los sustratos cromogénicos son compuestos que modifican su color durante el transcurso de un proceso enzimático. Debido a la especificidad de un catalizador biológico por su sustrato, únicamente las muestras que lo contienen varían de tonalidad en presencia de un sustrato cromogénico y de otros componentes necesarios para la reacción. La velocidad del proceso se emplea como una medida de la cantidad de enzima presente.

Aislamiento de patógenos

Generalmente, en los alimentos, los gérmenes patógenos están presentes en menor cantidad en comparación con los microorganismos acompañantes, y suelen estar lesionados. Por lo que en las técnicas de aislamiento se aplica un enriquecimiento previo, seguido de suplementos selectivos, y luego un estudio en cultivo de agar con agentes selectivos y diferenciales, en espera de que, durante la incubación, el patógeno determinado se recupere y multiplique, y los microbios adjuntos sean inhibidos. Entonces, se establece de manera preliminar la presencia de un patógeno específico.

Estudios de aglutinación

Estas pruebas dan lugar a la formación de un coágulo compuesto por los antígenos, los anticuerpos y las partículas a las que se fija. Según el caso, los anticuerpos o los antígenos se adhieren a las partículas de látex, gelatina o eritrocitos. Las esferas sensibilizadas al enfrentarse con la muestra problema, que contiene los antígenos o los anticuerpos, producen una agregación perceptible a simple vista (figura 13-6).



FIGURA 13-6. EN LOS ESTUDIOS DE AGLUTINACIÓN SE PRODUCE LA AGREGACIÓN POR LA REACCIÓN ANTÍGENO-ANTICUERPO

Prueba del lisado de amebocitos de *Limulus*

El lisado de amebocitos de *Limulus* (LAL) es un extracto acuoso de los amebocitos de sangre del cangrejo de mar *Limulus*. El análisis se basa en la aglutinación del reactivo LAL, compuesto por una cascada de enzimas serina proteasas tipo tripsina, frente a pequeñas cantidades de endotoxinas derivadas del lipopolisacárido (LPS) de las bacterias gramnegativas. El método detecta células viables y no viables.



IMPORTANTE:

Métodos cualitativos. Detectan la presencia o ausencia de microorganismos en un alimento. Entre las técnicas están: estudios radiométricos, reacciones enzimáticas cromogénicas, aislamiento de patógenos, técnica de epifluorescencia directa, prueba del lisado de amebocitos de *Limulus*, y estudios de aglutinación.

8. MÉTODOS AUTOMATIZADOS PARA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES MICROBIANOS

En los últimos 30 años, estas técnicas han ganado importancia a nivel nacional e internacional, tanto en el ámbito de la investigación como en el industrial. En microbiología se aplican métodos automatizados para mejorar el aislamiento, la detección temprana, la caracterización y la enumeración de los microorganismos y sus productos en muestras clínicas, alimentarias, industriales y ambientales. Las técnicas modernas se aplican en el monitoreo de las cantidades, tipos y metabolitos de los microbios deterioradores de los alimentos; la conservación de productos; la fermentación de comestibles; la inocuidad de los productos y la presencia de patógenos en los alimentos.

Medición de impedancia

La detección se basa en la capacidad de los microorganismos para metabolizar los sustratos del medio de cultivo durante su crecimiento. Los nutrientes son transformados en moléculas más pequeñas, con polaridad. El efecto final de esta actividad es un incremento de la conductividad eléctrica, medible a través de dos electrodos sumergidos en el cultivo. De esta manera se puede establecer una correlación entre los cambios en la impedancia eléctrica y la concentración inicial de microbios en la muestra.

Microcalorimetría

Es la medida de los pequeños cambios en la producción de calor resultante del anabolismo microbiano de los nutrientes. Esta técnica sirve para identificar especies presentes en un alimento, ya que los diferentes tipos de microbios tienen metabolismos característicos. En otras palabras, se pueden distinguir los distintos tipos de bacterias mediante los termogramas de su metabolización de los azúcares contenidos en el medio.

Citometría de flujo

Es un método rápido, objetivo y cuantitativo de análisis de células, núcleos, cromosomas, mitocondrias u otras partículas en suspensión. En esta técnica, las células se hacen pasar una a una a través de un citómetro y sobre ellas se incide un haz de luz láser. Las propiedades intrínsecas de las células determinan el grado y la naturaleza de la dispersión de la luz, la cual se puede registrar y analizar con un sistema de lentes y celdas fotoeléctricas. De esta manera, se realiza una estimación del número, tamaño y forma de los gérmenes. La citometría de flujo se puede combinar con el manejo de anticuerpos marcados con fluorescencia o con sondas específicas de oligonucleótidos, para detectar grupos microbianos determinados.

Sondas de ácidos nucleicos

La hibridación es la construcción artificial de ácidos nucleicos bicatenarios a partir de dos monocatenarios, en donde se utiliza la complementariedad de bases. Esta técnica se basa en el proceso de renaturalización que sufren las cadenas sencillas de un DNA dúplex, cuando se enfría lentamente la solución de DNA previamente desnaturalizado por calor. Es así como el apareamiento por puentes de hidrógeno entre bases complementarias, presentes en las cadenas sencillas, da lugar a estructuras de doble hebra de gran estabilidad; de esta manera se pueden obtener híbridos DNA-DNA, RNA-RNA o DNA-RNA. Es un método muy versátil que permite estudiar el grado de relación genética entre dos ácidos nucleicos. Asimismo, sirve para detectar fragmentos de DNA microbianos que son complementarios a las sondas; unos fragmentos monocatenarios de secuencia conocida.

Reacción en cadena de polimerasa (PCR)

Es una técnica de biología molecular que permite la rápida replicación del DNA. La PCR consiste en la repetición cíclica de tres etapas:

1. **Desnaturalización.** El DNA bicatenario presente en la muestra se rompe para separar las dos cadenas, a través de la aplicación de temperaturas superiores a 90 °C.
2. **Hibridación.** La unión específica de oligonucleótidos sintéticos (cebadores) a las hebras sencillas, mediante la complementariedad de bases.
3. **Extensión.** El alargamiento de la cadena de DNA a copiar, a partir de los cebadores, por medio de la adición de los nucleótidos presentes en la solución.

Se utiliza para amplificar el DNA de un número extremadamente bajo de los microorganismos diana, y disponer de una cantidad suficiente de material genético que permita su detección e identificación.

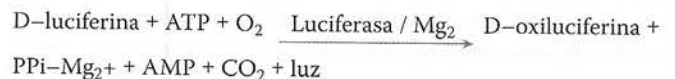
Ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA)

Es una técnica inmunoenzimática basada en la reacción antígeno-anticuerpo, uno de los cuales debe ser de reactividad conoci-

da. El *ELISA sándwich* es un estudio inmunitario, en donde un anticuerpo monoclonal reconoce epítopes de antígenos determinados. El antígeno de la muestra es capturado por el anticuerpo monoclonal fijado en la fase sólida y, posteriormente, reconocido por el mismo anticuerpo monoclonal conjugado a la enzima peroxidasa. Tras la adición del sustrato específico para esta enzima, aparece una coloración medible (figura 13-7). La señal obtenida, será directamente proporcional a la concentración de antígeno presente en la muestra. La muestra se cuantifica tras la extrapolación del valor con respecto a una curva patrón.

Determinación de ATP

El trifosfato de adenosina (ATP) es un compuesto presente en toda célula (ya sea animal o vegetal), en bacterias, hongos, levaduras y en los alimentos. El estudio consiste en extraer el ATP, se hace reaccionar con el reactivo luminiscente (luciferina/luciferasa) y se determina la cantidad de ATP en la muestra mediante un bioluminómetro, que permite la medición en unidades relativas de luz (URL), en donde se toma como referencia un patrón interno. Los estudios bioquímicos del sistema luciferina/luciferasa señalan que la emisión luminosa es directamente proporcional a la cantidad de ATP presente en el medio, según la reacción:



La cantidad de ATP puede usarse como indicador de la cantidad de residuos de comestibles, bacterias, hongos y otros microorganismos sobre las superficies en contacto con los alimentos, lo cual proporciona una idea de su estado de limpieza y de la eficiencia de los procesos de limpieza, detergentes y desinfectantes.

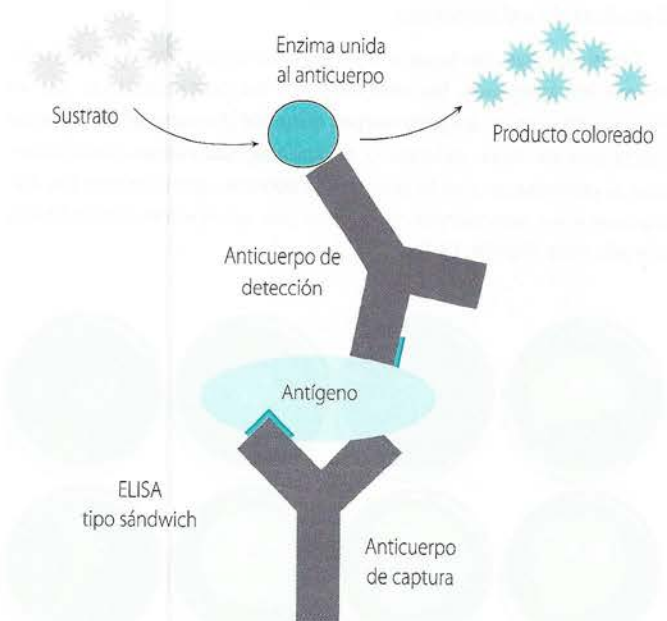


FIGURA 13-7. EN LA PRUEBA ELISA, EL COLOR SE GENERA POR LA INTERACCIÓN DE UN SUSTRATO CROMOGENICO Y UNA ENZIMA QUE HA SIDO ACOPLADA AL ANTICUERPO DETECTOR DEL ANTIGENO

Sistema de siembra en espiral

Este sistema tiene un dispensador que distribuye continuamente, en forma de espiral, un volumen decreciente de líquido en la superficie de una placa con medio de cultivo. Después del depósito de la muestra, la caja Petri se incuba a la temperatura adecuada para permitir el crecimiento de los microorganismos específicos. El sistema puede contar un intervalo amplio de colonias en una sola placa, ya sea manualmente o mediante un contador láser.

Sistema VITEK

Es un sistema miniaturizado y automatizado, consiste en una tarjeta plástica con pocillos que contienen los sustratos bioquímicos en forma deshidratada. La técnica se fundamenta en el principio básico de fotometría. Las bacterias utilizan un sustrato que produce un cambio de color, y estos cambios en la densidad óptica se detectan por diodos emisores de luz y fototransistores.

Southern Blot

Es un método que permite detectar la presencia de una secuencia de ácido desoxirribonucleico (DNA), en una mezcla compleja del ácido nucleico. El DNA se corta con enzimas de restricción para producir fragmentos de diferente tamaño. Los segmentos se separan por su peso molecular mediante electroforesis en gel de agarosa; luego se transfieren a una membrana que actúa como filtro. Después, los fragmentos fijados a la membrana pueden ser hibridados con una sonda marcada radioactivamente y que tenga una secuencia complementaria al fragmento en cuestión. Enseguida se lava el filtro y los segmentos se detectan a través de radioautografía o fluorescencia. Sirve para identificar los microorganismos desconocidos presentes en una muestra.

Biosensores

Un biosensor es un dispositivo integrado autocontenido, el cual proporciona información analítica específica cuantitativa o semi-

cuantitativa, mediante un elemento de reconocimiento biológico que está en contacto espacial directo con un componente de transducción. Estos aparatos se utilizan para detectar biotoxinas, microorganismos deterioradores y gérmenes patógenos presentes en los alimentos. Actualmente, se dispone de biosensores específicos para la detección de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* y otros microbios, cuya presencia en los alimentos (o en sus toxinas) implica un riesgo para la salud de los consumidores.



IMPORTANTE:

Métodos cualitativos. En microbiología se aplican métodos rápidos y automatizados, entre ellos: medición de impedancia, microcalorimetría, citometría de flujo, sondas de ácidos nucleicos, reacción en cadena de polimerasa, ELISA, determinación de ATP, sistema de siembra en espiral, sistema VITEK, Southern Blot y biosensores.

En la actualidad, es de gran trascendencia asegurar que los alimentos que llegan al consumidor no representan peligro alguno para la salud. La detección de gérmenes patógenos resulta fundamental. Las nuevas metodologías han impulsado la publicación de una cantidad profusa de artículos de investigación, así como una formidable inversión por parte de las empresas especializadas. El avance de las técnicas moleculares, inmunitarias y genéticas sirve para acortar de forma significativa el tiempo en la detección de microbios, en comparación con los métodos tradicionales. Además, la combinación de estos sistemas permite la detección rápida y específica de patógenos que se encuentran en bajas concentraciones en muestras de alimentos, por ejemplo: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria* spp., y *Escherichia coli* O157:H7.

9. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- La calidad microbiológica de un lote de un alimento determinado se define mediante el análisis de una pequeña parte de todo el conjunto, es decir, una muestra. Por lo tanto, el método de muestreo debe ser eficiente para que la porción analizada sea representativa. El plan de muestreo es un programa para la elección del procedimiento de muestreo y del criterio de decisión. En los métodos de muestreo no probabilísticos, la elección del espécimen no es aleatorio, sino que sigue criterios subjetivos. En tanto, en los métodos de muestreo probabilísticos, los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos.
- El criterio microbiológico define la aceptabilidad de un producto o ingrediente alimentario en base a la presencia o ausencia y el número de microorganismos (o sus toxinas) por unidad de masa, volumen, área o lote. La curva operativa representa el poder discriminatorio del plan de muestreo.
- Los métodos cuantitativos de detección microbiana establecen la carga de microbios presente en un alimento; mientras que los cualitativos detectan la presencia o ausencia de microorganismos en un alimento.



Véase **Bibliografía** cap. 13 Detección de la contaminación microbiana en los alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 13 Detección de la contaminación microbiana en los alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 13 Detección de la contaminación microbiana en los alimentos

CAPÍTULO

14

ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL



OBJETIVOS

- Comprender las características del Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control.
- Reconocer los sitios de aplicación de los principios en las líneas de procesamiento de alimentos.

INTRODUCCIÓN

La calidad e inocuidad de los alimentos que ingerimos están determinadas por las condiciones en que se manejan, desde el punto de producción hasta su consumo. Los *programas de prerrequisitos* (PP) son los procedimientos esenciales que deben estar instituidos en una empresa de alimentos, antes de implementar el programa HACCP, el cual se enfoca en controlar los peligros identificados para producir, procesar o manipular de manera segura los comestibles. Las *buenas prácticas de manufactura* (BPM) son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, y para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación. Es indispensable que estén implementadas previamente, para aplicar posteriormente el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP), un programa de gestión de calidad total (TQM) o un sistema de calidad como ISO 9000.

1. Programa de prerrequisitos	182
2. Buenas prácticas de manufactura	182
3. Procedimientos operativos estandarizados . . .	183
4. Procedimientos operativos estándar de saneamiento	183
5. Análisis de peligros y puntos críticos de control	184
6. Análisis de riesgos y puntos críticos de control por grupos de alimentos	187
7. Síntesis conceptual	192

1. PROGRAMAS DE PRERREQUISITOS

Los programas de prerrequisitos (PP) son procedimientos que conducen condiciones operacionales procedentes de la fundación del sistema HACCP (figura 14-1). Los PP proporcionan disposiciones básicas de operación, para la elaboración segura de alimentos en las plantas procesadoras. Estos planes son diseñados para mantener controlados los peligros potenciales y evitar el impacto adverso a la seguridad de los productos. Entre los principales PP están: las buenas prácticas de manufactura (*Good Manufacturing Practice*), los procedimientos operativos estandarizados (*Standard Operating Procedure*, SOP) y los procedimientos operativos estándar de saneamiento (*Sanitation Standard Operating Procedure*, SSOP).

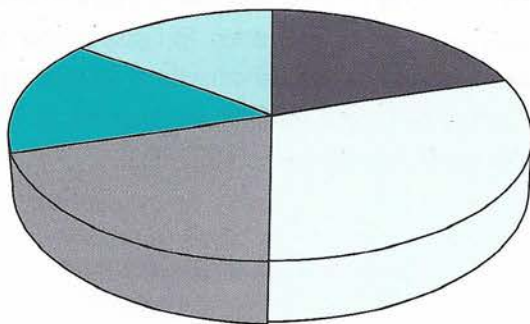
2. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) son los requerimientos mínimos sanitarios y de procesos aplicables a todas las compañías que procesan alimentos, los cuales son solicitados por la Food and Drug Administration (FDA). Las BPM incluyen ordenamientos que se aplican en el procesamiento de alimentos, y su utilidad reside en que permiten diseñar adecuadamente la planta y las instalaciones, ejecutar en forma eficaz los procesos y operaciones de producción, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos. Las BPM se pueden aplicar en tres áreas principales: higiene del personal, zona de procesamiento y manipulación del alimento.



IMPORTANTE:

Buenas prácticas de manufactura. Son una herramienta esencial para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se concentran en la higiene y forma de manipulación.



■ ISO □ HACCP ■ BPM ■ SOP ■ SSOP

FIGURA 14-1. PROGRAMAS QUE PERMITEN MEJORAR MÉTODOS OPERACIONALES. BPM: BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA; HACCP: SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL; SOP: PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTANDÁRIZADOS; SSOP: PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTÁNDAR DE SANEAMIENTO.

Higiene del personal

La prevención de las enfermedades transmitidas por alimentos empieza con la higiene del personal. Los microorganismos que causan intoxicaciones e infecciones se pueden encontrar en la piel, cabello, ropa, oídos, nariz, boca y heces. Si los cocineros se tocan estas partes afectadas mientras preparan la comida, pueden transferir los gérmenes a los productos. Es por eso que las personas siempre se deben lavar las manos antes de cocinar. La bacteria *Staphylococcus aureus* se encuentra en la nariz, furúnculos y heridas infectadas, por lo que las lesiones y cortes se deben tapar para no contaminar los comestibles. Asimismo, durante la preparación de los productos se debe utilizar algún tipo de protección como el delantal. En la industria alimentaria, si las personas que manipulan los alimentos padecen infecciones, deben ser retiradas ya que accidentalmente pueden contaminar las superficies que contactan. Muchas fábricas obligan a sus empleados a taparse el cabello y la barba con gorros y mallas.

Zona de procesamiento

Las áreas destinadas para la preparación y almacenamiento de alimentos deben estar limpias, ya que la suciedad, tierra y residuos alimentarios pueden hospedar bacterias e insectos. Se deben añadir detergentes en agua caliente y emplear soluciones para higienizar superficies, herramientas, suelos y paredes. La basura debe retirarse cada cierto tiempo de la zona de elaboración. Los productos fríos se deben almacenar de forma adecuada, para luego cocinarlos a una temperatura alta con la finalidad de matar las bacterias.

Manipulación del alimento

El manejo adecuado de los productos es una condición imprescindible para que la alimentación sea saludable. La elaboración deben llevarla a cabo empleados capacitados y supervisados por personal técnico. Debe evitarse el contacto entre materias primas y productos ya elaborados, así como entre alimentos o ingredientes con sustancias contaminadas. Muchos países cuentan con legislaciones sanitarias que protegen al consumidor de las manipulaciones incorrectas, desde el momento que el alimento se produce hasta que llega al mercado. A partir de ese instante, la responsabilidad recae en el consumidor, ya que debe conservar, preparar y servir convenientemente los productos de acuerdo a sus características. Es indispensable la limpieza del lugar, utensilios, electrodomésticos y de las propias personas, durante la preparación de los alimentos. Las BPM se aplican a todos los procesos de manipulación de los alimentos y son una herramienta fundamental para la obtención de un producto inocuo y saludable.



IMPORTANTE:

Asesoría para la higiene alimentaria. Se aplica a tres áreas principales: higiene del personal, zona de procesamiento y manipulación del alimento.

**RECUERDA:**

La aplicación de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en los procesos de preparación, empaque, transporte y almacenamiento tienen el objetivo de asegurar que los alimentos y bebidas ingeridos por los consumidores sean de calidad, salubres e inocuos.

Igualmente, las características de las BPM apoyan a los participantes de la cadena de suministro de alimentos para desarrollar programas de prerrequisito (PP), que permitan mejorar sus métodos operacionales y, por lo tanto, su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

3. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTANDARIZADOS

Los procedimientos operativos estandarizados (POE) son aquellas instrucciones escritas que describen y explican cómo realizar una tarea para lograr un fin específico, de la mejor manera posible. El ordenamiento apropiado del personal mediante los POE, a partir de los cuales se especifican funciones y responsabilidades, es preciso para garantizar la uniformidad, reproducibilidad y consistencia de las características de los productos o procesos desarrollados en una empresa.

En un establecimiento elaborador de alimentos hay diversas actividades, además de las operaciones de limpieza y desinfección, las cuales resultan favorables estandarizar y dejar constancia escrita de ello, con la finalidad de evitar errores que pudieran atentar contra la inocuidad del producto terminado. Por ejemplo: registro del funcionamiento de termómetros, recetas de los alimentos, selección de los ingredientes, calibración de las balanzas, mantenimiento en caliente de comidas preparadas y transporte de los productos, entre otras.

**IMPORTANTE:**

Procedimientos operativos estandarizados. Son instrucciones escritas para diversas operaciones particulares o generales, y aplicables a distintos productos.

4. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTÁNDAR DE SANEAMIENTO

Los procedimientos operativos estándar de saneamiento (POES) son lineamientos escritos que describen y explican el modo de realizar las tareas de limpieza y desinfección, las cuales se aplican antes, durante y después de la elaboración del producto. Los POES incluyen aspectos relacionados con la inocuidad del agua, la higiene de las superficies de contacto con el alimento, el aseo de los empleados, la prevención de la contaminación cruzada, los agentes

tóxicos, la prevención de contaminación por agentes adulterantes, la salud del personal y el control de plagas y vectores.

Los POES son documentos específicos para cada planta y describen los procedimientos asociados con la manipulación sanitaria de los alimentos, el aseo del ambiente y las acciones realizadas para conseguirlo. La aplicación de los POES es un paso esencial dentro del plan de saneamiento, debido a que controla cada una de las etapas de fabricación del alimento; por ello, debe establecerse simultáneamente con el programa de buenas prácticas de manufactura.

**IMPORTANTE:**

Procedimientos operativos estándar de saneamiento. Los POES son lineamientos operativos estandarizados que describen tareas de saneamiento, las cuales aseguran la conservación de la higiene.

**RECUERDA:**

El HACCP es la base para la producción de alimentos seguros; pero sin un PP apropiadamente definido (antes y durante su implementación), el sistema difícilmente se podrá mantener. Los requisitos previos son elementos activos, susceptibles de una continua actualización. Por lo tanto, los resultados sobre su evaluación y grado de cumplimiento se reflejan, al igual que el propio plan HACCP, en documentos y registros que deben ser continuamente modificados. Algunos de los prerrequisitos más importantes incluyen aspectos sobre:

1. Mantenimiento de locales, instalaciones y equipos.
2. Formación de trabajadores.
3. Limpieza y desinfección.
4. Desinsectación y desratización.
5. Abastecimiento de agua.
6. Control de las operaciones.
7. Trazabilidad.
8. Almacenamiento de productos y materiales de limpieza.
9. Almacenamiento y eliminación de residuos.
10. Mantenimiento preventivo.
11. Control y seguimiento de proveedores.

El PP tiene ventajas, pero exige un compromiso verdadero por parte de la dirección de la empresa y de todo el personal, para lograr una implantación sólida y eficaz, con la dinámica necesaria con el objetivo de ajustarse a los cambios que puedan surgir.

5. ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (Hazard Analysis Critical Control Points, HACCP) permite identificar riesgos específicos y medidas preventivas con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los riesgos y establecer sistemas de control que se orienten hacia medidas preventivas, en lugar de basarse principalmente en el análisis del producto final. La importancia del HACCP reside en que se puede aplicar en toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor.



IMPORTANTE:

Sistema HACCP. Es una herramienta de gerencia que ofrece un programa efectivo de control de peligros.

El HACCP es una estrategia de aseguramiento de calidad preventiva dirigida a todas las áreas de contaminación, supervivencia y crecimiento de microorganismos. Las acciones en la elaboración de un programa de análisis de peligros y puntos críticos de control consisten en:

- Obtener información segura acerca del sitio y alimentos implicados.
- Revisar las condiciones sanitarias del establecimiento.
- Describir el alimento.
- Precisar el manejo que recibirá hasta del propio consumidor.
- Definir el grupo de población al que se destina.
- Obtener información para preparar el diagrama de flujo de su preparación.
- Verificar el diagrama mediante cuidadosa observación.
- Integrar los grupos de personas y servicios que habrán de participar y capacitarlos.

La procuración de la inocuidad a un alimento que se prepara en una cocina o en una planta elaboradora sigue diseños y lineamientos tan específicos, que cada proceso debe ser objeto de un seguimiento particular. El Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos estableció las directrices recomendadas para desarrollar un programa de HACCP, las cuales consisten en una secuencia de 12 pasos (cinco pasos previos y siete principios HACCP).

Pasos previos

Formación del equipo HACCP. Se establece un equipo multidisciplinario formado por gerentes de planta, producción, sanidad, control de calidad, microbiología de los alimentos, mercadeo, mantenimiento, etc. El responsable técnico de la aplicación del programa en el establecimiento alimentario debe garantizar la capacidad y conocimiento técnico de los integrantes del equipo. En el organigrama se deben describir claramente las funciones y responsabilidades que tiene cada integrante del equipo. La gerencia general debe dar su respaldo al equipo. Cuando no se disponga de la pericia necesaria dentro de la empresa, se puede solicitar ayuda de un asesor externo.

Descripción del producto. Se elabora una delineación completa del producto. Los elementos que debe contener son los siguientes: la composición del producto, estructura y características físico-químicas, condiciones de tratamiento, envasado y embalaje, almacenamiento, criterios microbiológicos o químicos oficiales, condiciones de distribución, vida de anaquel requerida e instrucciones de uso.

Determinación del uso. Se debe establecer el uso previsto del alimento en el momento de su consumo. El uso previsto debe aplicarse desde la producción primaria hasta la ingesta. Se apoya en las buenas prácticas de fabricación para evaluar el impacto del empleo de las materias primas, coadyuvantes y aditivos alimentarios desconocidos, prohibidos, y los niveles que afectan la salud del consumidor. En determinados casos, se debe indicar la población objetivo: si es público en general o algunos grupos vulnerables (p. ej., niños menores de cinco años, inmunosuprimidos, ancianos, enfermos, madres gestantes, etc.).

Elaboración del diagrama de flujo. Después de verificar el producto/proceso se elabora un diagrama de flujo sobre el que se establece el plan HACCP. Dicho diagrama debe realizarlo el equipo y la evaluación sanitaria debe tener en cuenta todas las operaciones y actividades que se aplican en las etapas de fabricación del alimento determinado. En el diagrama también se especifica el movimiento de materias primas, productos y residuos; los locales de trabajo; el equipo de distribución; el almacenamiento y la distribución del producto; los movimientos o cambios de personal. El diagrama elaborado etapa por etapa debe garantizar la identificación y control de los peligros potenciales. Además, describe parámetros técnicos relevantes (tiempo, temperatura, pH, acidez, actividad de agua, presión, etc.), tiempos de espera, medios de transporte entre operaciones, productos químicos utilizados en la desinfección de ingredientes y las concentraciones de los aditivos utilizados. En el diseño del diagrama se debe diferenciar entre el proceso principal y los pasos adyacentes, complementarios o secundarios.

Verificación in situ del diagrama de flujo. El equipo HACCP debe comprobar el diagrama de flujo en el lugar de proceso, el cual debe coincidir con el procesamiento del producto en todas sus etapas y momentos. La verificación *in situ* del esquema secuencial diseñado de las etapas de procesamiento es importante para determinar la relación tiempos/temperaturas y las medidas correctivas que sean necesarias para un control eficaz de los peligros potenciales y asegurar la inocuidad del alimento establecido.

Los siete principios

El sistema planea seguir un orden lógico de siete actividades básicas.

1. Identificación y análisis de peligros.
2. Determinación de puntos críticos de control (PCC).
3. Límites críticos.
4. Monitoreo.
5. Acciones preventivas y correctivas.
6. Verificación.
7. Registros.

Análisis de peligros

Consiste en descubrir cualquier operación, incidente o condición que pueda afectar la inocuidad del alimento, desde las materias primas hasta el servicio. Los manuales del HACCP designan como riesgo a cualquier contaminación de naturaleza física, química o biológica. Asimismo, se considera peligro a la posibilidad de multiplicación de microorganismos, que afecta la inocuidad y frescura de un producto.

Se deben identificar los siguientes factores:

- Probabilidad de aparición de peligros.
- Localizar dónde puede ocurrir un descuido en el proceso.
- Vehículos de transmisión.
- Otros factores que contaminen al producto.



IMPORTANTE:

Análisis de peligros. Identifica los peligros y evalúa los riesgos relacionados que los acompañan en cada etapa del sistema del producto.

Determinación de puntos críticos de control

Se define como punto crítico de control (PCC) a una parte del proceso en la cual se puede aplicar una acción encaminada a eliminar, prevenir o reducir la probabilidad de que se actualicen o desencadenen uno o varios riesgos previamente identificados. La OMS, a través del *Codex Alimentarius*, propone un árbol de decisiones para determinar los PCC (**cuadro 14-1**):

La identificación de PCC se basa en:

- Intensidad y probabilidad de aparición del peligro.
- Posibilidades de eliminación o reducción.
- Uso final del producto.



IMPORTANTE:

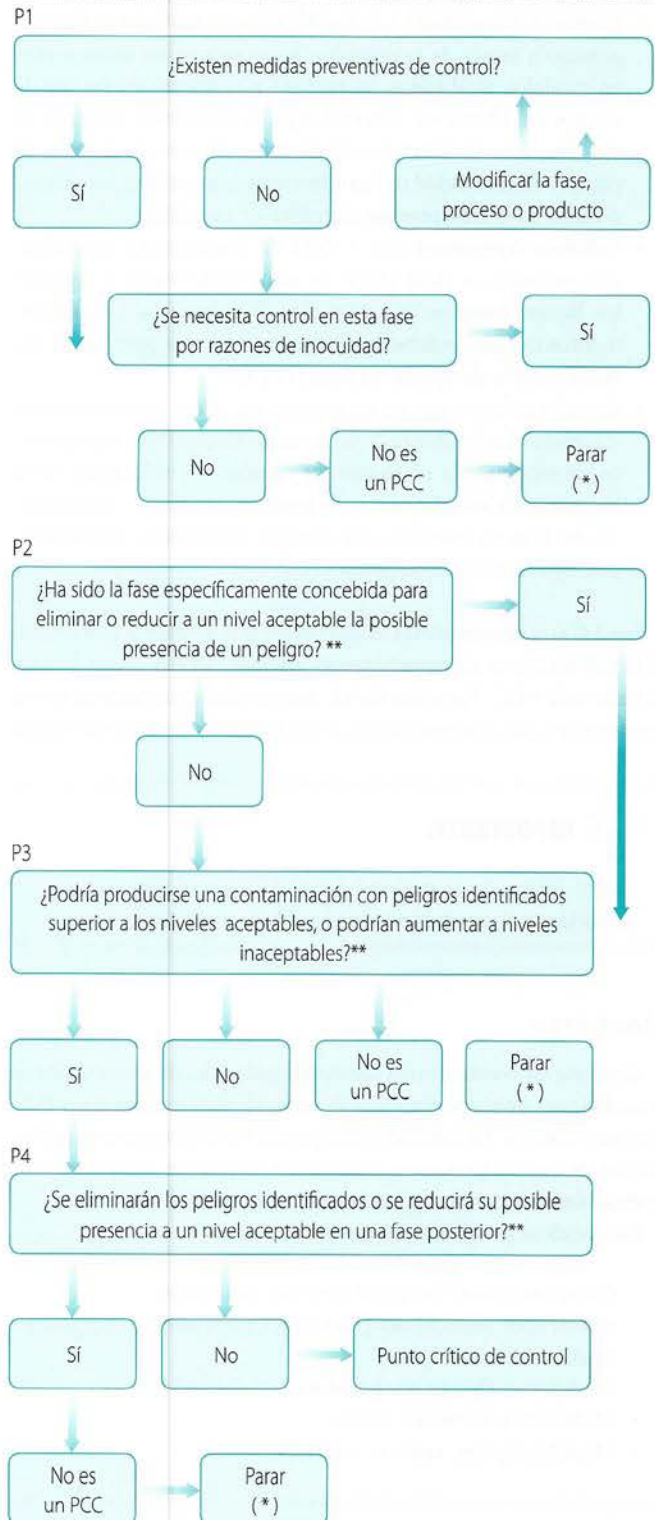
Punto crítico de control. Es una parte del proceso en que se puede aplicar una acción para evitar o eliminar un peligro o reducirlo a niveles aceptables.

Límites críticos

Un límite crítico (LC) es un criterio cuantitativo que debe ser satisfecho en cada medida preventiva concebida para un PCC. Los límites de control crítico se originan a partir de diversas fuentes:

- **Reglamentos.** Las autoridades oficiales del control de alimentos, atentas a los riesgos conocidos y a los resultados del análisis de peligros, proporcionan información para establecer los límites críticos; por ejemplo: las exigencias de tiempo/temperatura para procesos térmicos, el pH de conservas, las tem-

CUADRO 14-1. ÁRBOL DE DECISIONES PARA IDENTIFICAR UN PUNTO CRÍTICO DE CONTROL (PCC)



*Pasará al siguiente peligro identificado en el proceso descrito.

**Los niveles aceptables o inaceptables necesitan definirse, teniendo en cuenta los objetivos globales cuando se identifican los PCC del plan de HACCP.

peraturas y periodo de almacenamiento bajo refrigeración, la cantidad y tamaño máximos de contaminantes físicos, la concentración de residuos químicos, etc.

- *Fuentes bibliográficas.* Los límites críticos también se pueden obtener a través de la consulta de las exigencias establecidas en modelos publicados en revistas científicas, memorias de congresos, libros, etc. Sin embargo, se debe tener cuidado en asegurar que las condiciones de aplicación de un sistema de control de inocuidad de los alimentos concuerden con las indicadas en la información científica en cuestión.
- *Estudios experimentales.* A falta de limitaciones para algunos procesos, se debe elegir un valor conservador o emplear los límites basados en materiales de referencia. Los fundamentos del uso se deben registrar para formar parte de la documentación de apoyo del plan HACCP.
- *Opinión de expertos.* En ocasiones, los datos necesarios para establecer los límites críticos no están disponibles; por lo tanto, se recomienda consultar los estudios de validación de la industria o a los fabricantes de equipos, así como a especialistas del área en cuestión, por ejemplo: ingenieros, microbiólogos, veterinarios, bioquímicos, etc.

Los LC son herramientas importantes que ayudan a que el plan HACCP funcione apropiadamente; además, sirven como frontera para cada PCC. Ejemplos de LC son medidas preventivas como temperatura, pH, concentración de sal, tiempo y nivel de humedad.



IMPORTANTE:

Límite crítico. Es un criterio cuantitativo, que se debe cumplir en cada medida preventiva concebida para un PCC.

Monitoreo

Consiste en conducir una secuencia planeada de observaciones o mediciones de los parámetros de control, para evaluar si un PCC está bajo control. La función principal del monitoreo es la comprobación de que un proceso o maniobra satisface los límites críticos preestablecidos para cada punto crítico de control.

Las técnicas de monitoreo pueden ser:

- Observacionales: limpieza aparente del equipo.
- Sensoriales: aspecto del producto, características organolépticas.
- Mediciones físicas: temperatura.
- Mediciones químicas: acidez.
- Microbiológicas: realizar un frotis.



IMPORTANTE:

Monitoreo. Es la medición u observación programada en un PCC, para evaluar si está bajo control.

Acciones correctivas

Consiste en enmendar la causa de la desviación y controlar el peligro actual o potencial resultante de la desviación. Las acciones que se pueden tomar deben estar previstas en el programa de HACCP escrito. Son específicas para cada PCC, alimento y establecimiento.

Las actividades pueden consistir en:

- Corregir una operación.
- Detener el proceso.
- Desechar el alimento afectado.
- Reprocesarlo.
- Separar la porción cruda de la cocida.



IMPORTANTE:

Acciones correctivas. Establecen las medidas enmendadoras que se adoptarán, cuando la vigilancia en un PCC indique que está fuera de los límites establecidos.

Verificación

Establece los procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema de HACCP funciona eficazmente. La verificación es la parte decisiva para establecer de manera segura que la aplicación del sistema conduce a la obtención de un producto libre de agentes patógenos.

La verificación incluye:

- Pruebas de laboratorio.
- Auditorías de las actividades de monitoreo.
- Muestreo.
- Auditorías de los registros de monitoreo, verificación y en plantas.
- Muestreo de medio ambiente.



IMPORTANTE:

Verificación. Establece las operaciones de comprobación para corroborar que el HACCP funciona eficientemente.

Registros y expedientes

Se establece un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación. Se incluyen las anotaciones que se realizan para cada PCC y es la evidencia que asegura que el plan HACCP se cumple en la planta procesadora.

Las acciones y elementos que se debe documentar son:

- El diagrama de flujo completo y vigente con sus símbolos.
- La información en la que se fundamentó la asignación de la gravedad y probabilidad para cada riesgo.

- Los criterios utilizados para decidir el grado de control que se alcanzará en cada punto crítico de control.
- Los estudios experimentales realizados para establecer límites de control.
- Los trabajos de la literatura científica pertinentes.
- La precisión y exactitud de los métodos de prueba usados para medir límites de control.
- Los resultados de los monitoreos ordinarios.
- Las cartas circulares de tiempo/temperatura.
- Los rechazos de materia prima, reprocesados o destrucción de producto terminado, junto con la causa de la decisión.

**IMPORTANTE:**

Registros y expedientes. Se establece un método para archivar todos los procedimientos y los registros de estos principios y su aplicación.

La utilización del HACCP brinda mayor garantía en la higiene de los comestibles que otros métodos de control (como la inspección tradicional o las evaluaciones de calidad del producto acabado), ya que se basa en el conocimiento de los factores que contribuyen a la transmisión de las enfermedades por medio de los alimentos.

**RECUERDA:**

El HACCP identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático para controlar la inocuidad de los alimentos en la totalidad del sistema del producto, desde el campo hasta la mesa. Requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica, y es un elemento clave de la gestión de la calidad total (GCT).

El HACCP se basa en la existencia de sistemas de gestión de la calidad sólidamente implantados como son las buenas prácticas de fabricación (BPF), las buenas prácticas de higiene (BPH), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL).

6. ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL POR GRUPOS DE ALIMENTOS

Para que la aplicación del HACCP de buenos resultados, es preciso que la dirección y el personal se comprometan y participen plenamente en el sistema. Igualmente, según el producto de que se trate, se requiere un trabajo de equipo, en el que deberían intervenir profesionales competentes, por ejemplo: agrónomos, veterinarios, microbiólogos, químicos, personal de producción, ingenieros, médicos, especialistas en salud pública y tecnólogos en alimentos.

Azúcar

El azúcar es un endulzante de origen natural, sólido, cristalizado. Está constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, obtenidos a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) o de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L) mediante procedimientos industriales apropiados.

El proceso para la obtención de azúcar consta de los siguientes pasos:

- Entrada
- Molienda.
- Clarificación.
- Cristalización.
- Centrifugación.
- Refinación.
- Secado.
- Empaque.

Fuentes de contaminación:

- **Materia prima.** La composición del jugo de caña lo hace muy vulnerable a la acción de múltiples microorganismos provenientes del exterior de las cañas y la tierra. Se desarrollan bacterias de los géneros *Actinomyces*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Serratia*, *Streptomyces* y *Thermoactonomyces*, así como levaduras de los géneros *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Debaryomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia*, *Citromyces* y *Cladosporium*.
- **Maquinaria:**
 - Picadoras. En el jugo recién extraído, la carga oscila entre $10e7$ y $10e9$ BMA/mL. Se deposita una masa espesa de material mucoso sobre la maquinaria, ocasionada por la actividad de *Leuconostoc mesenteroides* y *L. dextranicum*, a veces asociados con otros microbios.
 - Evaporadores. La cantidad de bacterias termófilas se acerca a 100/mL en el jugo crudo, aunque la cifra se puede incrementar en etapas ulteriores, con notable decremento en el producto refinado. En el azúcar, la presencia de esporas de bacterias termorresistentes limita su uso en la industria de alimentos procesados con calor. Por ese motivo, se aplican normas microbianas muy estrictas para poder aceptarla en las formulaciones de diversos productos.
 - Filtros. En el azúcar refinada, el contenido microbiano llega a ser < 100 BMA/g, debido a la acumulación de los gérmenes en filtros, bagazo y residuos.
 - Secadores. El azúcar sin refinar puede ser afectada por levaduras osmófilas, y eventualmente hongos xerotolerantes cuando se permite que la A_w rebase niveles de 0.70. Los signos de deterioro son aparentes cuando el contenido llega a ser de $10e7$ levaduras/g.
- **Fauna.** En general se considera el azúcar como un material libre de patógenos. No obstante, puede ser vehículo de materia extraña, constituida sobre todo por fauna nociva. El des-

cuido en el manejo del producto durante su comercialización se puede acompañar de la contaminación por materia extraña, especialmente partes de artrópodos y roedores, y sus desechos.

Las medidas básicas para mantener contenidos microbianos bajos y evitar la formación de mucosidad en la maquinaria son:

- Buenos cortes en el campo que no afecten la integridad de la caña, y limitar así el ingreso de microorganismos.
- La reducción del intervalo entre la cosecha y la molienda (< 12 a 36 h).
- Limpieza frecuente del equipo (cada 8 h) mediante cepillado y agua caliente a presión.
- Aplicación de germicidas y conservación baja de la Aw del producto crudo.



IMPORTANTE:

HACCP en el azúcar. El azúcar sin refinar puede ser afectada por levaduras osmófilas y hongos xerotolerantes.

Las medidas básicas de control son buenos cortes que no afecten la integridad de la caña y limpieza frecuente del equipo.

Leche

La leche es el producto de la secreción de las glándulas mamarias de los mamíferos. Se define la leche como el producto de la ordeña completa de una o más vacas sanas, debidamente alimentadas y mantenidas. El componente más abundante de la leche es el agua. Las proteínas, lípidos y lactosa, así como otras sustancias, están en concentraciones menores.

El proceso para la pasteurización consta de los siguientes pasos:

- Recepción.
- Preenfriado.
- Enfriado y almacenamiento.
- Pasteurización.
- Desodorizado.
- Envasado.
- Almacenamiento y comercialización.

Fuentes de contaminación:

- **Fauna.** La ubre de una vaca sana no aporta microorganismos a la leche. Pero si el animal padece mastitis, generalmente descarga los gérmenes dentro de la glándula, lo que modifica la composición de la leche; la grasa, caseína y lactosa disminuyen, mientras las proteínas provenientes del suero y los minerales aumentan. La materia fecal que llega a la leche desde la piel de los animales, puede aportar patógenos. Las micotoxinas, presentes en la pastura que ingieren los anima-

les lecheros, provocan problemas de salud a los individuos consumidores de la leche.

- **Maquinaria.** Los utensilios empleados en el procesamiento (como los baldes para el ordeño y los filtros), cuando no son debidamente lavados y desinfectados después de su uso, llegan a acumular gran cantidad de microorganismos deterioradores. El equipo es la principal fuente de bacterias termodúricas. Las llenadoras higienizadas inadecuadamente transfieren bacterias psicrótrofas a la leche.
- **Agua.** La presencia de *S. typhi*, *C. diphtheriae*, *M. tuberculosis* y *Shigella* tiene su antecedente en el uso de agua contaminada sin tratar o mal tratada.
- **Hombre.** Los ordeñadores cuando son portadores de *Salmonella*, *S. pyogenes*, *Campylobacter* y *Y. enterocolitica*, contaminan con cierta facilidad la leche. Además, pueden aportar coliformes.
- **Tierra.** De forma directa o suspendida en el aire aporta bacterias esporuladas de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*. A su vez, la tierra comúnmente se encuentra contaminada por materia fecal y pasturas.
- **Aire.** Si la ordeña se realiza al interior del establo, como sucede normalmente en las granjas pequeñas, existe un alto peligro de contaminación a través del aire y de los insectos que abundan en el lugar, particularmente las moscas.

Entre las medidas esenciales para reducir la carga microbiana de la leche están:

- La pasteurización destruye los microorganismos a través del tratamiento térmico aplicado.
- La multiplicación de los microbios sobrevivientes puede evitarse cuando se desciende la temperatura del producto a niveles inferiores a los 10 °C.



IMPORTANTE:

HACCP en la leche. El equipo es fuente de bacterias termodúricas. Las llenadoras no saneadas arrastran bacterias psicrótrofas. La pasteurización destruye los gérmenes a través del tratamiento térmico.

Carne

Es la parte blanda y mollar del cuerpo de los animales. Es un alimento animal de la tierra o del aire, en contraposición a la comida de pescados y mariscos.

Las etapas para un matadero típico de dimensiones medias que sacrifique de 50 a 100 bovinos al día son las siguientes:

- Mantenimiento en corrales.
- Matanza, sangría y desuello.
- Preparación.
- Enfriamiento.

- Deshuesado y corte.
- Acondicionamiento.
- Envío a mercado.

Fuentes de contaminación:

- **Fauna.** Los gérmenes se encuentran limitados principalmente a las patas, piel, pelos, mucosas expuestas y aparatos digestivo, respiratorio y genital externo, que llegan a mostrar niveles de contaminación muy altos. Se han detectado 200 salmone-las/cm² en la lana de borregos. En los cerdos, la lengua es una fuente importante de *Y. enterocolitica*. Los rumiantes expulsan por las heces patógenos, tales como *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*.
- **Hombre.** En gran medida, la contaminación que sufren las carnes se debe al mal manejo por parte de los trabajadores. El personal de muchos rastros labora sin protección, ya sea botas de hule, mandil y casco. El ganado es partido con hacha, navajas o cuchillos, en lugar de sierras eléctricas. Mientras se realiza el retiro total de la piel, se permite que la parte externa tenga contacto con la canal, lo que provoca una contaminación cruzada de la carne.
- **Agua.** Las vísceras se lavan en grandes piletas llenas de agua, que muchas veces tiene uno o dos días, llena de grasa y de mugre. En esos fregaderos no se lleva a cabo un lavado profundo de los órganos.
- **Utensilios.** Durante la matanza y desollado, la contaminación de la canal tiene lugar principalmente a partir de las superficies externas. En menor escala participan el equipo. Si el proceso de matanza se realiza sobre el piso, la cantidad y diversidad de microorganismos será extremadamente grande. El cuchillo utilizado puede introducir gérmenes en los tejidos. El corte accidental, especialmente de los intestinos, dejará escapar y extenderse el contenido bacteriano hacia toda la región toracoabdominal.

En los rastros, durante la obtención de la carne se incluyen etapas de inspección sanitaria:

- En el estudio *pre mortem* se eliminan aquellos animales que muestran excesiva suciedad, traumatismos sangrantes y enfermedades visibles. Algunos padecimientos como la rabia, listeriosis e intoxicaciones por metales pesados se determinan únicamente en el animal vivo.
- En el estudio *post mortem*, las vísceras se extirpan y son autorizadas o decomisadas por médicos veterinarios. Se detectan anomalías o daños, por ejemplo: abscesos, hemorragias, tejidos necróticos, neoplasias, presencia de parásitos y ganglios linfáticos inflamados.



IMPORTANTE:

HACCP en carnes. El cuchillo introduce gérmenes en los tejidos. En el estudio *post mortem* se detectan las anomalías en los tejidos y vísceras.

Enlatados

El tratamiento térmico aplicado a un alimento enlatado tiene como propósito central inactivar los microorganismos capaces de proliferar en él y eventualmente deteriorarlo. El cierre hermético del envase protege al producto de ulteriores contaminaciones.

La elaboración de productos enlatados comprende una sucesión de etapas comunes o particulares para cada variedad o grupo de alimentos. De manera general se incluyen:

- Obtención, selección y acondicionamiento de ingredientes.
- Mezclado.
- Llenado.
- Evacuación del aire.
- Cerrado.
- Tratamiento térmico.
- Enfriamiento.
- Etiquetado.
- Almacenamiento.

Fuentes de contaminación:

- **Ingredientes.** Se identifican diferentes microbios en las distintas materias primas. Por ejemplo, en el azúcar se encuentran bacterias termófilas, anaerobias y esporuladas. Igualmente, la existencia de esporas de *Clostridium botulinum* en vegetales crudos es un riesgo, si éstos van a ser enlatados.
- **Maquinaria.** Las bandas, recipientes, tanques y tuberías mal saneadas, suelen ser focos de microorganismos provenientes de procesos previos.
- **Agua.** La población microbiana en el agua de enfriamiento puede ser muy variada. En agua clorada y equipo posproceso se han detectado bacterias productoras de pigmento amarillo; por ejemplo: *Flavobacterium*, *Xanthomonas* y *Enterobacteriaceae*. Asimismo, se han encontrado coliformes, enterococos y esporas de bacterias anaerobias putrefactivas.
- **Hombre.** Son motivo de atención los envases y los operarios. La manipulación inadecuada durante el enfriamiento de envases calientes puede ser una causa de contaminación posproceso.

La medida principal para reducir la carga microbiana durante el procesamiento de alimentos enlatados es:

- El tratamiento térmico realizado dentro de parámetros técnicamente bien calculados y ejecutados, elimina casi toda la carga microbiana. Los escasos gérmenes que sobreviven, carecen de significado en lo que se refiere al periodo de caducidad del producto.



IMPORTANTE:

HACCP en enlatados. Se identifican microorganismos en los diferentes ingredientes (p. ej., endosporas de *C. botulinum* en vegetales crudos). El tratamiento térmico destruye casi toda la carga microbiana.

Frutas y verduras

Se conoce como fruto el producto del desarrollo del ovario después de haberse efectuado la fecundación, en el cual están contenidas las semillas y a cuya formación cooperan con frecuencia el cáliz y otras partes de la flor. La verdura es un alimento constituido por hortalizas o por algunas de sus partes: semillas, vainas, hojas, tallos, raíces, tubérculos, frutos y flores.

Las etapas para la obtención de alimentos de origen vegetal son:

- Preparación del terreno.
- Fertilización orgánica.
- Aplicación de herbicida.
- Trasplante o siembra directa.
- Control de plagas, maleza y enfermedades.
- Cosecha.
- Transporte.
- Selección y empaque.
- Enfriado.
- Embarque.

Fuentes de contaminación:

- **Materia prima.** La naturaleza y abundancia de la flora contaminante es muy variable entre los diferentes productos. La presencia de microorganismos se limita principalmente a sus partes externas. Éstos se han aislado a partir de frutas y verduras e incluyen *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus cereus*, *Ascaris lumbricoides*, *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus* y *Yersinia enterocolitica*, entre otros.
- **Agua.** Hay peligro cuando el agua de riego se ha expuesto a contaminación de aguas negras o aguas residuales procedentes de zonas urbanas, ganaderas e industriales. El producto se puede contaminar por coliformes fecales, *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Entamoeba histolytica*, *Ascaris* y poliovirus.
- **Tierra.** Las frutas y vegetales pueden sufrir contaminación de origen microbiano como resultado del contacto con la tierra y los fertilizantes. En las hortalizas contaminadas con tierra es común la presencia de *Aspergillus*, *Candida*, *Streptomyces*, *Bacillus* y *Clostridium*.
- **Fauna.** Las superficies de las frutas se contaminan con frecuencia con heces de insectos, aves y mamíferos. Asimismo, en muchos lugares aún es frecuente el uso de abono derivado de estiércol de animal para el cultivo de hortalizas.
- **Maquinaria.** El recolectar, desbastar, clasificar, atar y envasar daña a menudo las verduras y ocasiona la liberación de algunos nutrientes, los cuales ofrecen una puerta de entrada para el crecimiento de gérmenes que causan deterioro, entre los que podemos mencionar: *Penicillium*, *Sclerotinia*, *Rhizopus*, coliformes, seudomonádaceas, corinebacterias, xantomonádaceas, *Erwinia caratovora* y *Clostridium*.
- **Hombre.** Los empleados que padecen infecciones y trabajan con hortalizas aumentan el riesgo de transmisión de enferme-

dades por alimentos. Las enfermedades infecciosas acompañadas de diarrea o lesiones abiertas constituyen una fuente de contaminación por microorganismos patógenos.

Las siguientes buenas prácticas agrícolas y de manufactura se pueden aplicar para un manejo adecuado del producto:

- Bajo ningún motivo, dejar tirados en el campo hortalizas, frutas o restos de cosecha que se caen, pues éstos se pudrirán y contaminarán el lugar, lo cual mantendrá una mayor cantidad de inóculo microbiano.
- Trasladar las frutas y hortalizas frescas en forma tal que se eviten golpes y sacudidas bruscas, que producirán daños en el producto.
- Según el producto, se debe eliminar la suciedad, tierra u otros materiales extraños utilizando agua, vibración, cepillado, etc.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales de almacenamiento requeridas para cada tipo de producto.



IMPORTANTE:

HACCP en vegetales. Las frutas y verduras sufren contaminación de origen como resultado del contacto con agua, tierra y fertilizantes. La suciedad, tierra u otros agentes se deben eliminar con agua, vibración o cepillado.

Peces

Un pez es un animal vertebrado acuático, de respiración branquial y temperatura variable, con extremidades en forma de aletas aptas para la natación, piel cubierta por lo común de escamas, generación ovípara.

Pasos de la recogida, distribución y comercialización del pescado fresco.

- Recolección.
- Clasificación y pesado.
- Lavado y enfriado.
- Refrigerado.
- Desembarque.
- Subasta y pesado.
- Refrigerado.
- Despacho a mercados.
- Exhibición y venta.

Fuentes de contaminación

- **Agua.** Los peces capturados en altamar están virtualmente libres de bacterias enteropatógenas, a menos que se obtengan cerca del sitio en el que la propia embarcación descargue sus aguas de desecho. Generalmente muestran un alto contenido de *Alteromonas*, *Acinetobacter* y *Cytophaga*. En los peces

de aguas tropicales predominan *Micrococcus* y *Corynebacterium*. Los peces de agua fría son un problema especial para mantener su frescura, debido a la gran proporción de bacterias psicrófilas naturales (p. ej., *Moraxella*, *Pseudomonas*, *Vibrio* y *Flavobacterium*) que se desarrollan adecuadamente a las temperaturas bajas de refrigeración que se alcanzan con el hielo.

- **Fauna.** Las principales vías para la contaminación bacteriana de los peces son los orificios y las cavidades, tales como las branquiales y el aparato digestivo. Los fenómenos de autólisis de la flora intestinal, formada principalmente por bacterias, se suman a la acción de las enzimas digestivas que actúan aun después de muerto el organismo, para ocasionar una descomposición más rápida del pescado.
- **Maquinaria.** Los navíos pesqueros y el equipo usado para eviscerar son fuentes potenciales de contaminación, que deben ser motivo de control. La población microbiana en los pescados colectados por el sistema de rastras es 10 a 100 veces superior que en los capturados por redes, ya que en este procedimiento los sedimentos marinos se eliminan y compactan a los animales, los cuales terminan por expulsar su contenido intestinal.
- **Hombre.** La mayoría de los marineros a bordo no están informados ni estimulados para preparar y manipular el pescado de forma higiénica. Durante el trabajo muestran vicios adquiridos, tales como fumar, comer, escupir, etc. Además, el manejo sanitario del hielo es claramente insuficiente.

Las siguientes son algunas recomendaciones para la manipulación de los pescados:

- Es conveniente extender el mayor tiempo posible el *rigor mortis*, lo cual se logra mediante el enfriado del pescado -1°C .
- Las embarcaciones se deben conservar en buenas condiciones. Después de cada faena se deben lavar cuidadosamente, para eliminar la presencia de sangre, escamas y residuos de pescado.
- El área donde se almacena el pescado debe estar cubierta, para protegerlo de los efectos del sol, las inclemencias del tiempo y fuentes de contaminación.



IMPORTANTE:

HACCP en pescado. Las vías primarias de contaminación bacteriana de los peces son los orificios y las cavidades. Es provechoso ampliar el *rigor mortis* el mayor tiempo posible.

Alimentos cocinados

Se puede designar como alimentos cocinados aquellos que se preparan en cocinas formales o equivalentes, por medio de procedimientos convencionales, para consumo más o menos inmediato en el sitio mismo de preparación.

Los factores de riesgo en los alimentos cocinados están determinados por los siguientes componentes básicos:

- El empleo de materiales contaminados.
- La exposición del alimento a la contaminación durante la preparación y previo al servicio.
- Las prácticas que propician el desarrollo de gérmenes patógenos.

Durante la preparación, conservación y servicio de los alimentos cocinados se pueden presentar todas las posibles fuentes y mecanismos de contaminación.

- **Ingredientes.** Los alimentos crudos (especialmente carnes, pollos, pescados y verduras) pueden estar contaminados con bacterias patógenas desde su lugar de origen.
- **Hombre.** Una de las principales causas de contaminación de los alimentos puede ser el inadecuado manejo por parte de los cocineros. El aislamiento de coliformes fecales a partir de trabajadores no relacionados con los alimentos llega a ser de 0%; en trabajadores de la carne revisados antes de iniciar sus labores es de 9.3%; en cocineros durante sus labores es de 39%.
- **Utensilios.** Las tablas para picar y trapos de cocina participan en la transferencia de microbios, entre alimentos crudos y cocidos. Es común la contaminación cruzada por *Salmonella* y *Campylobacter* a través de las superficies de las cocinas. El nivel de contaminación del equipo está determinado directamente por la desatención a los lineamientos de sanidad que debieran seguirse en los establecimientos.
- **Agua.** La pureza del agua incide directamente en la calidad sanitaria de los productos, ya que tiene muy diversas aplicaciones; por ejemplo, preparación de bebidas, sanidad de locales, equipo y utensilios, y lavado de manos.

En cada paso de la preparación de alimentos se deben seguir las subsiguientes pautas para mantenerlos inocuos:

- Limpiar. Lavarse las manos a menudo y lavar las superficies de la cocina.
- Separar. Impedir la contaminación cruzada.
- Cocer. Utilizar la temperatura adecuada.
- Enfriar. Refrigerar rápidamente.

Desde el punto de vista comercial, el contar con el sistema HACCP puede representar una herramienta que mejore el posicionamiento de la empresa en el mercado.



IMPORTANTE:

HACCP en alimentos procesados. Una de las principales causas de contaminación puede ser el inadecuado manejo por parte de los cocineros. Se recomienda separar alimentos para impedir la contaminación cruzada.

El Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control es un método preventivo sistemático, aceptado en todo el mundo para afrontar los peligros biológicos, químicos y físicos. Es un procedimiento diseñado para controlar la inocuidad de los alimentos, en la to-

talidad del proceso de elaboración del producto. Se fundamenta en sistemas de gestión de la calidad sólidamente establecidos, así como en las buenas prácticas de manufactura, las buenas prácticas de higiene y las buenas prácticas agrícolas, entre otros.

7. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- Los programas prerequisites son procedimientos que incluyen medidas operacionales procedentes de la fundación del sistema HACCP. Las BPM son los requerimientos mínimos sanitarios y de procesos aplicables a todas las compañías que elaboran alimentos. Los POE son aquellos procedimientos escritos que describen y explican cómo realizar una tarea para lograr un fin específico, de la mejor manera posible. Los POES son procedimientos escritos que describen y explican el modo de realizar las tareas de limpieza y desinfección, las cuales se aplican antes, durante y después de la elaboración del producto.
- El HACCP es un instrumento de gerencia que ofrece un programa efectivo de control de peligros. Los siete principios son: análisis de peligros, punto crítico de control, límite crítico, monitoreo, acciones correctivas, verificación y registros. Las medidas básicas de control HACCP en el azúcar son buenos cortes que no afecten la integridad de la caña y limpieza frecuente del equipo. En el HACCP de la leche, la pasteurización destruye los gérmenes a través del tratamiento térmico. Para el HACCP de carnes se aplica el estudio *post mortem* para detectar las anomalías en los tejidos y vísceras. En el HACCP de enlatados, el tratamiento térmico destruye casi toda la carga microbiana. La suciedad, tierra u otros agentes se deben eliminar con agua, vibración o cepillado durante la aplicación de HACCP en vegetales. Para el HACCP del pescado es provechoso ampliar el *rigor mortis* el mayor tiempo posible. En el HACCP de alimentos procesados se recomienda separar alimentos para impedir la contaminación cruzada.



Véase **Bibliografía** cap. 14 Análisis de riesgos y puntos críticos de control

Véase **Actividades recomendadas** cap. 14 Análisis de riesgos y puntos críticos de control

Véase **Autoevaluación** cap. 14 Análisis de riesgos y puntos críticos de control

CAPÍTULO 15

LEGISLACIÓN SANITARIA EN ALIMENTOS



OBJETIVOS

- Identificar las normas, leyes y reglamentos aplicados en la industria alimentaria.
- Reconocer el papel de la legislación sanitaria en la protección de la salud del consumidor.

INTRODUCCIÓN

Los reglamentos sanitarios de los comestibles establecen las condiciones higiénicas que se deben cumplir durante la manufactura, importación, elaboración, envase, almacenamiento, distribución y venta de alimentos para uso humano, con el objeto de proteger la salud y nutrición de la población y garantizar el suministro de productos sanos e inocuos. El desafío de producir alimentos saludables involucra el entendimiento de su manipulación a lo largo de toda la cadena de abastecimiento. La recopilación de datos relevantes ayuda a las autoridades a analizar los puntos principales e implementar normas alimentarias destinadas no sólo a proteger la salud del consumidor, sino también a ser más justas en el contexto del comercio mundial de alimentos.

Usualmente, las normas de la industria de los alimentos son enunciadas por organismos nacionales o internacionales, las cuales son responsables de las reglas o de la misma seguridad alimentaria, tales como la Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization, ISO*). No obstante, estas medidas también pueden ser formuladas por la propia cadena alimentaria a través de algún órgano representativo.

El papel de las normas es ayudar a las empresas a elaborar de forma sistemática productos seguros de acuerdo a la legislación. Las normas ofrecen una interpretación de la legislación que permite su aplicación y su cumplimiento continuo. No sustituyen a la legislación. Muchas prácticas necesitan la aplicación de procedimientos que sobrepasan los requisitos de la legislación, pero sirven de base para los sistemas de gestión de la calidad alimentaria.

1. <i>Codex Alimentarius</i>	194
2. Norma ISO	194
3. Normatividades mexicanas	194
4. Normas Oficiales Mexicanas	195
5. Norma Mexicana	196
6. Reglamento Sanitario Internacional	197
7. Legislación sanitaria en diversos países	197
8. Síntesis conceptual	199

1. CODEX ALIMENTARIUS

El *Codex Alimentarius* es el cuerpo orgánico de normas básicas y sistematizadas referentes a los alimentos, condimentos, estimulantes y bebidas, así como productos, materias, utensilios y enseres de uso y consumo domésticos. Los controles descritos en el documento de Principios Generales del Codex se reconocen mundialmente y son esenciales para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo. Los Principios Generales se recomiendan a los gobiernos, industria y consumidores.

CAC/RCP 1-1969, Rev 4.2003

Los Principios Generales del Codex de higiene de los alimentos tienen como propósito:

- Identificar las bases fundamentales de higiene aplicables a lo largo de toda la cadena alimentaria, a fin de lograr que los alimentos sean inocuos y aptos para el consumo humano.
- Recomendar la aplicación de criterios basados en el sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (*Hazard Analysis and Critical Control Points*, HACCP), para alcanzar el nivel de inocuidad alimentaria.
- Indicar cómo impulsar la aplicación de esos principios.
- Facilitar orientación en códigos específicos que se puedan necesitar para los sectores de la cadena alimentaria, los procesos o los productos básicos, con la finalidad de ampliar los requerimientos de higiene delimitados para dichos sectores.

En los Principios Generales se especifican las formas en que los Estados miembros pueden “aprobar” las normas del *Codex Alimentarius*. Los modos de aprobación varían ligeramente, según se trate de una norma general, de una norma para productos o de límites para residuos de plaguicidas o de medicamentos veterinarios o para aditivos alimentarios. No obstante, en general, las formas de conformidad propuestas son la aceptación completa, la aceptación con excepciones especificadas y la libre distribución.



IMPORTANTE:

Codex Alimentarius. Es un conjunto de estatutos propuestos internacionalmente para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo.

2. NORMA ISO

La *International Organization for Standardization* (ISO) es responsable del desarrollo de las normas ISO 9000, ISO 14000, ISO 27000, ISO 22000 y otras. Al menos 1 100 nuevos patrones ISO se publican cada año. La ISO ha desarrollado cerca de 18 000 estándares internacionales sobre una gran variedad de temas.

ISO 22000:2005

La Norma ISO 22000 está diseñada para permitir que todo tipo de organización dentro de la cadena alimentaria implemente de

forma sistemática la inocuidad de alimentos, a partir de los principios del HACCP. Asimismo, propone aplicar este proceso a través de los conceptos de gestión de la calidad, basados en la Norma Internacional ISO 9001. Ambas normas pueden ser certificadas en forma individual, aunque también se pueden implementar en forma integrada.

La norma combina elementos clave usualmente reconocidos para garantizar la seguridad en la cadena alimentaria, por ejemplo:

- **Comunicación interactiva.** La información a lo largo de la cadena alimentaria es esencial para afirmar que todos los riesgos de seguridad están controlados en cada etapa, lo cual implica que la organización se comunique proactivamente con todas las partes interesadas para informarles sobre cualquier variación.
- **Gestión de sistemas.** Los sistemas de seguridad alimentaria más eficaces son los diseñados, operados y actualizados dentro del marco de un sistema de dirección estructurado e incorporado en el manejo total de las actividades de la organización. Esto proporciona una gran ventaja para la organización y partes interesadas. La ISO 22000 toma las consideraciones previstas de los requerimientos de la ISO 9001:2000 para realzar la compatibilidad de las dos normas y permitir su unión o implementación integrada.
- **Control de riesgos para la seguridad alimentaria.** Un sistema efectivo puede controlar los peligros de seguridad alimentaria a niveles aceptables, ya sea en productos terminados o entregados a la etapa posterior en la cadena de suministro, mediante programas de requisitos esenciales y planes de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control.
- **Mejora y actualización continuas del sistema de gestión de la seguridad alimentaria.** La evaluación del estado en el que se encuentra el sistema de gestión de la organización permite contrastarlo con los requisitos de los modelos a implementar. También se determinan las brechas a cubrir por la organización a lo largo de todo el proceso de implementación. Además, se establecen las necesidades de capacitación específicas. Las acciones necesarias se ejecutan para valorar internamente el sistema integrado de gestión, la auditoría interna y la revisión por la dirección. Asimismo, la organización participa en el levantamiento de las acciones correctivas o preventivas derivadas de esta etapa.



IMPORTANTE:

Norma ISO. Son normas genéricas sobre sistemas de calidad, aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios que abarcan a todos los niveles.

3. NORMATIVIDADES MEXICANAS

En México se aplican las siguientes normatividades:

- **Código Alimentario.** Es un conjunto de estatutos propuestos por la Comisión del *Codex Alimentarius*; un organismo

subsidiario de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En estas normas se aconseja a los gobiernos tener en cuenta la necesidad de la seguridad alimentaria de todos los consumidores, y apoyen las medidas contenidas en estos documentos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través de la FAO y la OMS, cuando formulen políticas y planes nacionales relativos a los alimentos.

- **Norma Oficial Mexicana (NOM).** Es la regulación técnica de carácter obligatorio que contiene terminología, clasificación, características, cualidades metrológicas, especificaciones, muestreo y métodos de prueba que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas, o dañar la salud humana, animal o vegetal en el medio ambiente general o laboral, o bien causar daños en la preservación de los recursos naturales.
- **Norma Mexicana (NMX).** Su aplicación es voluntaria. Es el instrumento técnico elaborado por un organismo nacional de normalización, y a falta de este último, por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI); dicho instrumento establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- **Norma ISO.** Son normas genéricas, no específicas, que permiten ser usadas en cualquier actividad ya sea industrial o de servicios. Son normas sobre sistemas de calidad aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios, que abarcan a todos los niveles. Un sistema de calidad implementado de acuerdo a estas normas permite que toda actividad de la empresa, desde el desarrollo de productos hasta el servicio de posventa, sea llevada a cabo en forma estandarizada y registrada. Todos los trabajos realizados por la ISO resultan en acuerdos internacionales, los cuales son publicados como Estándares Internacionales.

La aplicación de alguna de estas políticas podría dar como resultado un sistema sanitario más efectivo; sin embargo, sería más recomendable trabajarlas de manera conjunta y no como pautas independientes (figura 15-1).



IMPORTANTE:

Normatividades. En México se aplican el Código Alimentario, la Norma Oficial Mexicana (NOM), la Norma Mexicana (NMX) y la Norma ISO.

4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, expedidas por las Dependencias de la Administración Pública Federal, que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones

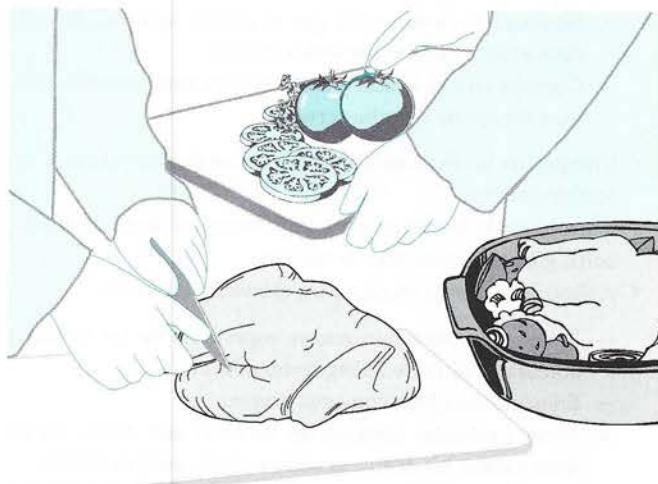


FIGURA 15-1. LA PREPARACIÓN INOCUA DE ALIMENTOS DEPENDE DE NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. Para la elaboración de las NOM se han constituido diversos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, los cuales están integrados por el gobierno federal, sector privado, sector académico y sector social.

NOM-251-SSA1-2009

Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que se deben observar en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas, a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso.

En los establecimientos se debe llevar a cabo lo señalado a continuación:

- Corroborar las propiedades generales para aceptación o rechazo en carne, aves, pescado, lácteos, etc.
- Reconocer las características del equipo, áreas de almacenaje, así como métodos para la conservación y almacenamiento de alimentos.
- Realizar las técnicas para manipulación correcta de alimentos durante su preparación y servicio; por ejemplo, los alimentos de origen vegetal se deben lavar con agua, jabón, esponja o cepillo, cloro o plata coloidal. Respecto a los pescados, mariscos y carnes que se sirven crudos, así como en los platillos que contengan huevo crudo se debe:
 - Confirmar que las materias primas que se utilizan no han sufrido cambios en sus características organolépticas, de tal manera que no impliquen riesgos a la salud.
 - Cambiar de los recipientes en que se recibieron; en caso de que se exhiban, se deben colocar en recipientes limpios, cerrados y mantenerse a la temperatura indicada.

- Notificar al consumidor que el platillo que solicita está elaborado a base de alimentos crudos.
- Cumplir con el lavado y desinfección antes mencionado, para el caso de las salsas crudas.
- Comprobar las características de las instalaciones físicas del establecimiento.
- Corroborar la presentación del personal; es decir, uniforme, cofia, guantes y prácticas de higiene.
- Aplicar la siguiente técnica para el lavado de manos:
 - Frotar vigorosamente ambas superficies de las manos y antebrazo, durante 20 seg como mínimo.
 - Enjuagar muy bien con agua limpia.
 - Poner particular atención en las áreas por debajo de las uñas y entre los dedos; se utiliza cepillo para su lavado.
 - Lavar las manos con agua, jabón y desinfectante, secar con toallas desechables o aire caliente.
- Realizar el lavado de manos antes de comenzar labores; manipular vajilla limpia, alimentos crudos, cocidos o desinfectados; después de ausentarse del área de trabajo; manipular basura, sonarse la nariz o toser, rascarse, saludar de mano, ir al baño; manipular dinero o alimentos crudos y tocar perillas o puertas de equipo sucio.
- Retirar del área de almacén o de preparación al personal que padezca un padecimiento transmisible, heridas o abscesos. Cualquier individuo afectado por alguna enfermedad gastrointestinal, respiratoria o parasitosis sólo se reintegrará al trabajo cuando se encuentre sano.
- Cumplir con las especificaciones señaladas en el apéndice normativo en el caso de los materiales, recipientes, equipo y utensilios que se empleen en cualquiera de las fases del proceso de alimentos.

Las siguientes son algunas de las temperaturas que se deben controlar:

- En cámara de refrigeración y refrigeradores -7°C o menos.
- En cámara de congelación, congeladores o neveras -18°C o menos.
- Los alimentos fríos se deben mantener a 7°C o menos.
- Los alimentos calientes se deben mantener a 60°C como mínimo.
- En aves o carnes rellenas, la temperatura interna de cocción debe ser 60°C o más.
- En carnes de cerdo, la temperatura interna de cocción debe ser 60°C o más.
- En alimentos recalentados, la temperatura debe ser de 74°C como mínimo y mantenerse a 60°C .
- En agua para desinfección de utensilios, loza y cubiertos de 75 a 82°C .
- En la mayor parte de los alimentos se recomienda que deben estar expuestos a la temperatura ambiente el menor tiempo posible.



RECUERDA:

La NOM-251-SSA1-2009 cuenta con el apéndice Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) y directrices para su aplicación. En este apéndice se ofrecen orientaciones generales para la aplicación del sistema, a la vez que se reconoce que los detalles para la aplicación pueden variar según las circunstancias de la industria alimentaria.



IMPORTANTE:

Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Es la regulación técnica de carácter obligatorio que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas.

5. NORMA MEXICANA

Una Norma Mexicana (NMX) es aquella elaborada por un organismo nacional de normalización, en la que se prevén (para uso común y repetido) reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado.

NMX-F605 NORMEX -2004

Descripción. Alimentos. Manejo higiénico en el servicio de alimentos preparados para la obtención del distintivo H. Esta norma establece las disposiciones de buenas prácticas de higiene y sanidad que deben cumplir los prestadores de servicios de alimentos y bebidas para obtener el distintivo H. El distintivo H es un reconocimiento que otorgan la Secretaría de Turismo y la Secretaría de Salud a aquellos establecimientos fijos de alimentos y bebidas, por cumplir con los estándares de higiene que marca la Norma Mexicana NMX-F605 NORMEX 2004, con la finalidad de disminuir la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos en turistas nacionales y extranjeros, y mejorar la imagen de México a nivel mundial con respecto a la seguridad alimentaria. La obtención del distintivo implica el cumplimiento de 92 estándares, divididos en rubros como: higiene personal, manipulación de alimentos, limpieza de equipos y utensilios, limpieza de las instalaciones y acondicionamiento físico de las mismas. El distintivo H tiene vigencia de un año y, de no ser renovado, la empresa que lo exhiba debe retirarlo de la vista del cliente.

**IMPORTANTE:**

Norma Mexicana (NM). Es el instrumento técnico de aplicación voluntaria, que establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**IMPORTANTE:**

Reglamento Sanitario Internacional. Es un instrumento cuyo objetivo es conseguir la máxima seguridad posible para el control de la propagación internacional de enfermedades infecciosas y dar una respuesta inmediata a todos los eventos que pongan en riesgo la salud de una población.

6. REGLAMENTO SANITARIO INTERNACIONAL

El Reglamento Sanitario Internacional (RSI) es un instrumento jurídico internacional de carácter vinculante para 194 países, entre ellos, todos los Estados miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En mayo de 2005, fue adoptado por la Asamblea Mundial de la Salud. *El Reglamento establece las normas que deben cumplir los países integrantes de la OMS para evaluar, notificar y responder oportunamente a los riesgos y emergencias de la salud pública.* El RSI busca prevenir, proteger, controlar y responder contra la propagación internacional de enfermedades. La respuesta debe ser proporcional y limitada de acuerdo a los riesgos para la salud pública, a fin de evitar interferencias innecesarias en el tráfico y el comercio mundiales.

Las obligaciones fundamentales de los Estados miembros son:

- Notificar a la OMS todos los eventos que puedan constituir una emergencia de salud pública de interés internacional.
- Responder a las solicitudes de verificación de la información referente a peligros de salud pública.
- Comunicar a la OMS los indicios de riesgos de salud pública que aparezcan en otro territorio, los cuales puedan resultar en la propagación internacional de una enfermedad.
- Responder a los riesgos de salud pública que impliquen la amenaza de transmisión de una enfermedad a otros países.
- Desarrollar y mantener la habilidad para detectar, notificar y reaccionar a ciertos eventos definidos en el Reglamento.
- Ejecutar acciones sistemáticas de inspección y control en los sitios de entrada internacionales para prevenir la transmisión mundial de enfermedades.
- Realizar todo lo que esté a su alcance para aplicar completamente las medidas encomendadas por la OMS.

El RSI exige a los países mejorar sus medios actuales de vigilancia y respuesta sanitarias. La OMS, en colaboración estrecha con los países y los asociados, presta apoyo y asesoría técnica a fin de conseguir los recursos necesarios para aplicar puntual y eficazmente la nueva normativa. La aplicación del RSI no se limita a enfermedades específicas. Se desea que el Reglamento mantenga su pertinencia y aplicabilidad durante muchos años, aun frente a la evolución incesante de las enfermedades y de los factores que determinan su aparición y transmisión.

7. LEGISLACIÓN SANITARIA EN DIVERSOS PAÍSES

Durante el decenio de 1990, el Consejo y el Parlamento Europeo adoptaron un conjunto de reglamentos y directivas que reestructuran y actualizan las normas de higiene de todos los alimentos, incluidos los productos de origen animal. Actualmente, las normas revisadas se estructuran bajo un marco común, el Reglamento 852/2004, relativo a la higiene de los productos alimentarios, el cual establece con carácter general un planteamiento integrado para garantizar la seguridad alimentaria desde el lugar de producción primaria hasta su puesta en el mercado o exportación. El Reglamento 853/2004 establece normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal, los cuales se asocian con frecuencia a riesgos microbiológicos y químicos.

En España, el Real Decreto 19/2014 dio origen al nuevo organismo autónomo denominado Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). Entre las principales funciones que realiza la AECOSAN se pueden mencionar las siguientes:

- Identificar y coordinar los foros intersectoriales e interterritoriales con competencias en el consumo, la seguridad alimentaria y la nutrición.
- Establecer y mantener los mecanismos necesarios para actuar de modo integrado en la red europea de agencias u organismos de consumo, seguridad alimentaria y nutrición.
- Elaborar propuestas de ordenación y propuestas normativas en materia de bienes y servicios, que faciliten y mejoren la protección del consumidor, así como informar ordenadamente los proyectos de normas, autorizaciones o propuestas que afecten a los servicios o productos de consumo no alimentarios.
- Impulsar la estrategia de la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad, de acuerdo a lo establecido en la Ley 17/2011, de seguridad alimentaria y nutrición.
- Diseñar y gestionar estrategias de comunicación del riesgo alimentario, de los beneficios y riesgos, ya que establece los mecanismos precisos que faciliten la adecuada percepción del consumidor, así como la comunicación de otros riesgos que afecten la seguridad de los consumidores.
- Realizar análisis, pruebas y estudios sobre la calidad y seguridad de los alimentos, bienes y servicios de uso y consumo, la formación y asesoramiento de personal técnico, el desarrollo de métodos analíticos y su difusión.

- Preparar acciones judiciales en defensa de los intereses generales de los consumidores, según lo previsto en la legislación vigente.

La Agencia refuerza la presencia de España en todas las decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria y el consumo en el ámbito de la Unión Europea. Además, de la AECOSAN dependen tres laboratorios nacionales de referencia: el Centro Nacional de Alimentación (CNA), el Laboratorio de Referencia Europeo de Biotoxinas y el Laboratorio Arbitral de Consumo.

En Argentina, el Código Alimentario fue puesto en vigencia por la Ley 18.284, reglamentada por el Decreto 2126/71. Es un reglamento técnico en constante modernización, que instituye las normas higiénico-sanitarias, bromatológicas, de calidad y autenticidad que deben cumplir las personas físicas o jurídicas, así como los establecimientos y los productos que caen en su competencia. La normativa tiene como meta esencial la protección de la salud de la población y la buena fe en las transacciones comerciales. Por otro lado, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) es un organismo descentralizado de la Administración Pública Nacional, creado mediante el decreto 1490/92, la cual colabora en la protección de la salud humana, en busca de garantizar que los medicamentos, alimentos y dispositivos médicos a disposición de la población posean eficacia, seguridad y calidad. La ANMAT depende técnica y científicamente de las normas y directivas impartidas por la Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos del Ministerio de Salud, con una política de independencia económica y financiera.

En Perú, el Decreto Legislativo No. 1062/2008, Ley de Inocuidad de los Alimentos, tiene por finalidad establecer el régimen jurídico para garantizar la inocuidad de los alimentos destinados al consumo humano con el objetivo de proteger la vida y la salud de las personas; en donde se reconocen y aseguran los derechos e intereses de los consumidores y se promueve la competitividad de los agentes económicos involucrados en toda la cadena alimentaria, incluidos los piensos, con sujeción al ordenamiento constitucional y jurídico.

En Cuba, la Ley de Salud desarrolla los mandatos constitucionales en materia de salud e incluye el Reglamento de la Ley de Salud, la cual tiene por objeto instituir los principios básicos para la regulación de las relaciones sociales que en el campo de la salud supone la ley. Además, en 1982, en el Decreto-Ley No. 54, sobre las Disposiciones Sanitarias Básicas, se establecen las normas generales que orientan las actividades de control higiénico-sanitario y epidemiológico a cargo del Ministerio de Salud Pública. Asimismo, corresponde al Ministro de Salud Pública dictar las disposiciones sanitarias generales y específicas para alimentos y bebidas previa consulta con los organismos y compañías responsabilizadas en la producción, conservación, distribución y consumo de dichos productos.

En Japón, la regulación sobre inocuidad de los alimentos se basa en la Ley de Sanidad Alimentaria. Esta ley se promulgó en 1947 y se ha actualizado en varias ocasiones. El objetivo es prevenir la aparición de peligros a partir del consumo de alimentos por parte de los seres humanos, a través de la aplicación de los reglamentos necesarios y la realización de las acciones precisas para proteger la salud de las personas. La ley comprende alimentos, bebidas, aditivos, equipos y envases usados para alimentos. El equipo y los recipientes se limitan a los productos que entran en contacto directo con los alimentos. La legislación incluye a los individuos que realizan actividades comerciales relacionadas con los alimentos como los fabricantes y los importadores de alimentos.

La Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA) de la *Food and Drug Administration* (FDA), promulgada en los Estados Unidos en 2011, permite a la FDA proteger mejor la salud pública al garantizar la seguridad del abastecimiento de alimentos y centrarse en prevenir los problemas de inocuidad de los alimentos, en lugar de limitarse a reaccionar a las dificultades después de que ocurren. Asimismo, la ley otorga a la FDA nuevas facultades de ejecución destinadas a lograr niveles de cumplimiento más altos, con normas de inocuidad de los alimentos basadas tanto en la prevención como en los riesgos. La ley brinda a la FDA nuevos instrumentos para someter a las provisiones importadas a las mismas normas que los alimentos nacionales y ordena implementar un sistema nacional de inocuidad de los alimentos integral, en asociación con las autoridades estatales y locales. En 2014, la FDA propuso una norma sobre prácticas sanitarias de transporte, que podría exigir a los distribuidores de comestibles. La ley requerida por la FSMA ayudaría a mantener la seguridad higiénica de la alimentación humana y animal, mediante el establecimiento de las condiciones, las prácticas, la formación y los registros durante el traslado de los productos.



IMPORTANTE:

Legislación sanitaria en los diversos países. Tiene entre sus principales objetivos: garantizar productos inocuos, prevenir la aparición de peligros por el consumo de alimentos, atestiguar la buena fe en las transacciones comerciales, establecer las leyes de sanidad para alimentos y bebidas, y certificar la seguridad del abastecimiento de alimentos.

Lo más importante en cualquier programa es el comportamiento de todos los miembros de una organización, para llevar al consumidor alimentos no solamente deliciosos, sino, además, saludables.

8. SÍNTESIS CONCEPTUAL

- El *Codex Alimentarius* es un conjunto de estatutos propuestos internacionalmente, para asegurar que los alimentos sean aptos e inocuos para el consumo. La Norma ISO son normas genéricas sobre sistemas de calidad aplicables a toda organización, ya sea de bienes o servicios, que abarcan a todos los niveles.
- En México, las normatividades que se aplican, son el Código Alimentario, la Norma Oficial Mexicana (NOM), la Norma Mexicana (NMX) y la Norma ISO. La NOM es la regulación técnica de carácter obligatorio que deben cumplir los productos, servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas. La NMX es el instrumento técnico de aplicación voluntaria, que establece especificaciones de referencia para aumentar la calidad de los bienes y servicios en términos de lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- El Reglamento Sanitario Internacional establece las normas que deben cumplir los países integrantes de la OMS, para evaluar y notificar los riesgos y emergencias de salud pública, así como para responder oportunamente.

www.



Véase **Bibliografía** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos

Véase **Actividades recomendadas** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos

Véase **Autoevaluación** cap. 15 Legislación sanitaria en alimentos

GLOSARIO

Absceso Acumulación de pus en una cavidad del cuerpo, debido a un proceso infeccioso.

Acetilcolina Neurotransmisor segregado en las sinapsis de las neuronas del sistema parasimpático. Se sintetiza a partir de acetil-CoA y la colina. Provoca contracción muscular después del estímulo nervioso parasimpático, contracción del tubo digestivo, vasodilatación arterial y aumento de la secreción bronquial.

Acidúrico, patógeno Microorganismo con capacidad para sobrevivir y continuar metabólicamente activo en entornos muy ácidos.

Acolia Ausencia de secreción de pigmentos biliares hacia el intestino delgado, lo cual provoca decoloración de las materias fecales; la tonalidad recuerda a la masilla de los vidrieros.

Agranulocitosis Trastorno hematológico grave que se caracteriza por una reducción intensa y selectiva de los neutrófilos circulantes.

Aguas negras Tipo de agua contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.

Alimentos adulterados Aquellos comestibles a los que se adiciona una sustancia, o se les sustrae un compuesto químico, con intenciones de fraude.

Alteración Cuando un producto o materia prima, por la acción de cualquier causa, ha sufrido modificaciones en su composición intrínseca.

Amortiguadoras Soluciones cuyo pH varía muy poco al añadirles ácidos o bases fuertes. También se les llama *tampones* o *buffer*.

Anemia Alteración causada por reducción del número de glóbulos rojos y disminución de la hemoglobina, según los parámetros estándares.

Anemia microcítica hipocrómica Cualquier tipo de anemia caracterizada por glóbulos rojos pequeños y pálidos.

Angina necrótica Entidad dolorosa, inflamatoria, sangrante, necrótica y ulcerosa del interior de la boca o de las encías. También llamada angina de Vincent o angina ulceronecrotica.

Anticuerpos Glucoproteínas en forma de Y, secretadas por las células plasmáticas.

Antígeno Sustancia extraña reconocida por el sistema inmunitario.

Antitrombótico Agente que impide la formación de tapones de sangre y los disuelve.

Arreflexia Ausencia de reflejos.

Artejos Cada una de las piezas articuladas entre sí, que forman los apéndices —patas, antenas, palpos, etc. de los artrópodos.

Artritis reactiva Inflamación dolorosa de las articulaciones que puede durar varios meses.

Atópica Tendencia a desarrollar condiciones alérgicas.

Autoclave Dispositivo que sirve para esterilizar objetos y sustancias situados en su interior, por medio de vapor y altas temperaturas.

Bacteriemia Presencia de bacterias viables en circulación a través de la sangre.

Biotipo Forma típica de un organismo que puede considerarse un modelo de su especie, variedad o raza.

Branquias Órganos respiratorios de numerosos animales acuáticos.

Brote Acción de brotar (empezar a manifestarse). Por ejemplo: brote de salmonelosis.

Brote de enfermedad con síndrome diarreico agudo Diarrea de comienzo agudo y enfermedad moderada/grave con ausencia de factores predisponentes conocidos.

Brote de enfermedad con síndrome neurológico Disfunción neurológica aguda con una o más de las siguientes manifestaciones: deterioro intelectual, paresia/parálisis, convulsiones, síndrome meníngeo, movimientos involuntarios y otros. Enfermedad moderada o grave con ausencia de factores predisponentes conocidos.

Brote de ETA Episodio en el cual dos o más personas presentan manifestaciones clínicas similares después de ingerir alimentos (incluida el agua) del mismo origen, y donde la evidencia epidemiológica o el análisis del laboratorio implica a los alimentos y al agua como vehículos de la enfermedad.

Brote epidémico Aparición de dos o más casos de la misma enfermedad, debida a una infección en un tiempo y lugar determinado.

Cadena alimentaria Serie de organismos vivos relacionados de tal manera que uno consume al que le precede en la cadena, y a su vez, puede ser ingerido por el que le sigue.

Calidad Conjunto de propiedades y características inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, mejor o peor entre las unidades de un producto y la referencia de su misma especie.

Cariósoma Cuerpo central del núcleo celular que consiste en un material muy concentrado y coloreable.

Caso de ETA Persona que se enferma después del consumo de alimentos y agua contaminados, en quien la evidencia clínico-epidemiológica y análisis de laboratorio confirman la enfermedad.

Cepa Cultivo puro procedente de un solo aislamiento.

- Citocinas** Proteínas de bajo peso molecular que permiten la comunicación entre células inflamatorias, hematopoyéticas e inmunitarias.
- Citolítico** Aquello relacionado con la destrucción de las células o que la produce.
- Clivaje** Escisión, disociación, fractura, o segmentación.
- Clorofila** Pigmento de color verde presente en plantas y algas, con el cual se lleva a cabo la transformación de la energía del sol a energía química estable.
- Código** Compilación de normas, directrices y recomendaciones que regulan unitariamente una materia determinada.
- Colangitis** Proceso inflamatorio del sistema de conductos biliares.
- Colecistitis acalculosa** Inflamación de la vesícula biliar en ausencia de cálculos.
- Coluria** Coloración oscura de la orina; el tono semeja al coñac o cerveza.
- Complejo mayor de histocompatibilidad** Conjunto de genes ubicados en el brazo corto del cromosoma 6; sus productos participan en la presentación de antígenos en la superficie de las células.
- Complemento** Conjunto de proteínas plasmáticas y de superficie celular. Actúan en cascada para promover la inflamación, facilitar la fagocitosis y dirigir la lisis de células.
- Contagio** Es la transmisión de una enfermedad por contacto directo o indirecto.
- Contaminación abiótica** Denominación que se da cuando el contaminante es de naturaleza química, por ejemplo: residuos del procesamiento, colorantes, aditivos, etc.
- Contaminación biótica** Es aquella cuya causa de alteración es de origen biológico, es decir: virus, bacterias hongos o parásitos.
- Control de calidad** Aplicación de pruebas sensoriales, físicas, químicas y microbiológicas en una línea de producción industrial, con el propósito de prevenir variaciones en los atributos de calidad.
- Control sanitario** Conjunto de acciones de orientación, educación, muestreo y verificación y, en su caso, aplicación de medidas de seguridad y sanciones.
- Coriorretinitis** Inflamación paralela de la retina y las coroides. La coroides es un recubrimiento de la retina profundo en el ojo.
- Coroides** Capa intermedia del ojo que contiene vasos sanguíneos y tejido conjuntivo, los cuales suministran nutrientes a la parte interna.
- Corrosivo** Agente o sustancia que corroe una superficie o tejido.
- Criterios de aceptación** Parámetros bajo los cuales el resultado de una prueba es considerado aceptable.
- Dermatitis** Inflamación de la piel.
- Desinfección** Proceso selectivo que se usa para destruir o inactivar a los microorganismos patógenos.
- Desnaturalización** Alteración reversible o irreversible de las propiedades fisicoquímicas de las proteínas, debido a un cambio en la estructura tridimensional.
- Detergentes catiónicos** Compuestos cuyas moléculas en disolución se separan para producir un grupo activo cargado positivamente (catión), que actúa sobre las membranas celulares.
- Dioicos** Seres que tienen los sexos separados en distintos individuos.
- Diploide** Célula somática con dos copias de cada cromosoma; una procedente del padre y la otra de la madre.
- Diplopía** Percepción de dos imágenes de un único objeto; es decir, visión doble.
- Discrasias sanguíneas** Término muy amplio que se aplica a todo trastorno sanguíneo, en el que cualquiera de sus constituyentes es cualitativa o cuantitativamente anormal.
- Disnea** Dificultad para respirar.
- Distensión** Estiramiento violento, excesivo y doloroso de los músculos o ligamentos de una articulación. Se refiere a aquello que se ha relajado.
- Ecosistema** Conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente.
- Edema palpebral** Depósito de líquidos tisulares en la zona de los párpados.
- Electroporación** Permeabilización reversible de las membranas celulares y organelos.
- Endocitosis** Movimiento de materiales, moléculas grandes o partículas, a través de vesículas de membrana, hacia el interior de la célula.
- Enterocito** Células epiteliales del intestino.
- Enterocromafinas, células** Tipo de células endocrinas presentes en el epitelio que cubre la luz del aparato gastrointestinal.
- Eosinofilia** Presencia de una cantidad alta anormal de eosinófilos en la sangre. Es el aumento en el número absoluto de eosinófilos circulantes mayor a 500 células/mm³.
- Epidemia** Enfermedad que se propaga durante algún tiempo en un país. La afección se presenta simultáneamente en gran número de personas.
- Escatol** Compuesto orgánico nitrogenado, consecuencia de la desintegración del triptófano y sus metabolitos.
- Esclera** Cubierta fibroelástica dura, en donde se anclan los músculos extraoculares encargados de mover los ojos. Es la capa más externa del ojo.
- Estenosis** Estrechez de un conducto.
- Estreñimiento** Presencia de heces duras, evacuación esporádica, sensación de bloqueo, esfuerzo exagerado, defecación incompleta o frustrada o procedimiento manual para facilitarla.
- Eucarionte** Células con citoplasma organizado y un núcleo diferenciado, protegido por una membrana.
- Evisceración** Procedimiento que consiste en extraer la masa intestinal a través de una incisión.
- Exantema** Erupción cutánea de aparición más o menos súbita, que se distribuye simétricamente por una amplia zona de la superficie corporal.

- Exocitosis** Proceso celular en donde las vesículas del citoplasma se fusionan con la membrana citoplasmática y liberan su contenido.
- Extrínseco** Aquello que es externo, que viene de afuera.
- Fecha de caducidad** Plazo determinado por la ley, en que se puede consumir un producto con las máximas condiciones de seguridad e higiene.
- Fibrosis** Proceso que se caracteriza por la presencia y formación de tejidos fibrosos, tanto en reparación como en reactividad.
- Flora microbiana** Microbios que habitualmente se encuentran sobre la superficie o en el interior, tanto de las personas sanas como del alimento.
- Fosforilación oxidativa** Serie de eventos bioquímicos que llevan a la síntesis de ATP, generados por la transferencia de electrones.
- Germen** Microorganismo que puede causar o propagar enfermedades.
- Granos de volutita** Cuerpos de inclusión inorgánicos que actúan como reservas de fosfato, un componente importante de los constituyentes celulares (p. ej., los ácidos nucleicos).
- Gránulos metacromáticos** Gránulos de polifosfato o de volutita que aparecen de un color rojo o de una gama diferente de azul, cuando se tiñen con los colorantes azul de metileno o azul de toluidina.
- Guayacol** Sustancia que se encuentra en el alquitrán de madera de haya y en la resina de guayaco.
- Halofenol** Derivado fenólico procedente de biocidas organoclorados.
- Hemoptisis** Expectoración de sangre derivada de una hemorragia en las vías respiratorias.
- Heterocarión** Célula somática que contiene dos o más núcleos de origen genético diferente.
- Heterocigótico** Es un individuo que procede de la unión de gametos de diferentes características genéticas.
- Heterofermentadores** Microorganismos que convierten la glucosa en ácido láctico, etanol y CO₂.
- Heteropolímero** Compuesto formado a partir de subunidades diferentes.
- Hexacanto** Embrión de parásito provisto de tres pares de ganchos.
- Hialinización** Formación de un material homogéneo cristalino dentro de una célula.
- Hidrogenión** Núcleo del átomo de hidrógeno cargado positivamente y que ha perdido un electrón.
- Hidrógeno, puentes de** Atracción débil entre un átomo de hidrógeno (carga positiva) y un átomo de N, O o X que posee un par de electrones libres (carga negativa).
- Hiperplasia** Incremento del volumen de un tejido, debido al aumento anormal del número de células que lo componen.
- Hipolipidémico** Sustancia que reduce las concentraciones de lípidos en la sangre.
- Hiporexia** Pérdida parcial del apetito.
- Homofermentadores** Microorganismos que convierten la glucosa en ácido láctico.
- Hospedero** Vegetal o animal o persona que aloja a un organismo en su interior o exterior. En biología, también se le llama hospedador u hospedante.
- Ictericia** Coloración amarillenta de piel, escleras y mucosas, debida a un aumento en la concentración de bilirrubina en la sangre y su acumulación en los tejidos.
- Ileítis** Inflamación del íleon.
- Imperio** Categoría taxonómica más alta que se da en los sistemas de clasificación biológica.
- Implícito** Algo que está incluido en otra cosa, sin que ésta lo exprese o lo muestre de manera directa.
- Indol** Compuesto orgánico heterocíclico, producto de la degradación del aminoácido triptófano.
- Inocuidad** Incapacidad para hacer daño.
- Intrínseco** Aquello que es esencial y propio a la naturaleza de una cosa.
- Ionóforos** Agentes químicos que amplían la permeabilidad de membranas de lípidos biológicos o artificiales con iones específicos.
- Isotónica, solución** Solución en la cual la concentración de soluto está en equilibrio, fuera y dentro de una célula.
- Lengua saburral** Lengua de superficie cubierta por placas de color marrón, amarillo o blanco, que representan una acumulación de micelios, bacterias, restos alimentarios o células epiteliales descamadas.
- Limo** Masa de microbios y sus productos residuales. Es un polímero gelatinoso elaborado por las bacterias, que se fija levemente a su pared celular.
- Linfadenitis** Inflamación de un ganglio linfático.
- Linfadenopatía** Anormalidad en el tamaño, consistencia o número de los ganglios linfáticos causada por la invasión o propagación de células inflamatorias o neoplásicas dentro del ganglio.
- Linfocito** Tipo de leucocito encargado de la inmunidad adaptativa; presenta un gran núcleo esférico.
- Litiasis** Formación de cálculos en alguna vía excretora; por ejemplo: urinaria, pancreática, biliar, lagrimal y salival.
- Lote** Cantidad determinada de alimento envasado de una misma procedencia y clasificación, de condiciones presumiblemente uniformes, en envases del mismo tipo, medida y peso.
- Macrófagos** Grandes células derivadas de los monocitos sanguíneos, que penetran desde la sangre hacia el tejido conjuntivo y se transforman en macrófagos.
- Malestar epigástrico** Dolor constante o recurrente que se centra en la porción superior del abdomen.
- Materia prima** Elementos que se incluyen en la elaboración de un producto.

- Matriz extracelular** Conjunto de macromoléculas que se localizan entre las células de un determinado tejido, o en el lado externo de la membrana plasmática de alguna bacteria.
- Meteorismo** Distensión del tubo digestivo por acumulación de gases.
- Metrología** Ciencia que estudia los aspectos teóricos y prácticos referentes a la medición de todas las magnitudes.
- Mialgia** Dolor inespecífico que puede afectar a uno o varios grupos musculares.
- Micotoxinas** Sustancias producidas por determinados hongos filamentosos como producto de su metabolismo secundario.
- Microbio** Cualquier forma de vida microscópica. Del griego μικρο, «micro», pequeño y βίος, «bio», vida: Ser vivo diminuto.
- Microbiota** Conjunto de microorganismos que viven de forma habitual en un cuerpo sano.
- Micrómetro o micra** Unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro. Su símbolo científico es μm .
- Microorganismo** Ser vivo que únicamente se puede visualizar mediante el microscopio.
- Microvellosidades** Prolongaciones de la membrana plasmática con forma de dedo. Es el repliegue de la membrana de las células epiteliales que recubren la luz del intestino.
- Miositis** Inflamación de los músculos esqueléticos o voluntarios.
- Mononucleosis** Estado en el que la sangre contiene una cantidad excesiva de leucocitos mononucleares.
- Mononucleosis infecciosa** Infección causada principalmente por el virus de Epstein-Barr, que causa fiebre, dolor de garganta e inflamación de los ganglios linfáticos, especialmente en el cuello.
- Muestra** Parte representativa de un todo o del universo de donde proviene; su selección debe ser ponderada estadísticamente y al azar. Se usa para inferir algo acerca de dicho universo.
- Muestreo** Acción de extraer, tomar o separar una parte, artículo, envase, etc. de un lote, de acuerdo a un plan de muestreo previamente diseñado.
- Nefropatía** Se refiere a una enfermedad, daño u otras anomalías de los riñones.
- Nistagmo** Movimiento involuntario de los ojos.
- Norma** Es una ley o regla que debe ser respetada y que permite ajustar ciertas conductas o actividades.
- Núcleo haploide** Núcleo que posee sólo la mitad del número de cromosomas somáticos.
- Organoléptico** Se refiere a las propiedades de los cuerpos que se pueden percibir por los sentidos.
- Orofaringe o bucofaringe** Porción de la faringe que se encuentra detrás de la cavidad bucal. Los pilares anteriores del paladar establecen el límite entre ambas cavidades.
- Parálisis espástica** Trastorno caracterizado por la contracción involuntaria de uno o más músculos. Se asocia con pérdida de la función muscular.
- Pectinas** Son polisacáridos ubicados en la pared celular primaria de las plantas superiores.
- Perecederos** Cualquier alimento que necesita mantenerse en refrigeración para reducir el crecimiento de microbios y que ocasiona enfermedades alimentarias y el deterioro de los alimentos.
- Piógena** Proceso de formación del exudado purulento en una inflamación. Formación de pus.
- Plasmólisis** Proceso en que una célula retrae su protoplasma y pierde agua, tanto por desecación como por su introducción en una solución hipertónica.
- Polidipsia** Sed exagerada o crónica ocasionada por algún proceso patológico.
- Pujo** Contracciones voluntarias o involuntarias en la porción abdominal inferior, relacionadas con irritación rectal.
- Purinas** Bases nitrogenadas. Compuestos orgánicos heterocíclicos aromáticos que se usan para formar los nucleótidos del DNA y RNA.
- Putrescina** Diamina generada por la descomposición del aminoácido ornitina.
- Receptores tipo-Toll** Receptores transmembrana que reconocen patrones moleculares asociados con microorganismos y estimulan una variedad de respuestas inflamatorias.
- Reino** Cada una de las grandes subdivisiones en que se consideran distribuidos los seres naturales por razón de sus características comunes.
- Sacarosa** Disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa.
- Sanidad** Cualidad de sano. Cualidad de saludable. Conjunto de servicios para preservar la salud pública.
- Sanitario** Perteneciente o inherente a las instalaciones higiénicas de una casa, de un edificio, etc. Referente o relativo a la sanidad.
- Saprófito** Microorganismos que se alimentan de la materia orgánica descompuesta.
- Satisfactorio** Que cumple con lo requerido.
- Seguridad alimentaria** Estado en que las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana.
- Septicemia** Infección generalizada, producida por un germen que se disemina a través de todo el organismo.
- Serotipo** Tipo de microbio infeccioso clasificado según los antígenos que presenta en su superficie celular.
- Sesquiterpenos** Terpenos de 15 carbonos; su estructura se basa en tres unidades de isopreno.
- Sustrato** 1. Materia, base o sustancia que sirve de sostén a un organismo. 2. Molécula sobre la que actúa una enzima.
- Tenesmo** Sensación dolorosa para evacuar.
- Tonsilitis** Inflamación de las amígdalas palatinas.

Transcriptasa inversa Enzima del retrovirus VIH que le permite transformar su RNA en DNA, con el objeto de integrar su material hereditario al de la célula del hospedero.

Trombocitopenia Disminución del número absoluto de plaquetas en la sangre periférica menor a 150 000 por μL .

Tumefacción Aumento patológico de alguna parte del cuerpo.

Verificación sanitaria Acto de alguna autoridad por medio del cual se realiza la vigilancia sanitaria con el propósito de supervisar el cumplimiento de las disposiciones legales.

Vía fecal-oral Ingestión de gérmenes infecciosos procedentes de las heces.

Viroides Agentes infecciosos de menor complejidad genética y estructural conocidos. Parasitan solamente plantas superiores.

Vísceras Órganos internos encerrados en una cavidad corporal.

Von-Willebrand, factor de Glucoproteína multimérica presente en el plasma sanguíneo; juega un papel fundamental en la coagulación.

Xerotolerante Organismo tolerante a la sequedad.

ÍNDICE ANALÍTICO

Los números de página seguidos por *f* y *c* corresponden a figuras y cuadros, respectivamente.

A

- Ácido(s), acético, 141
 - alteración de alimentos, 148
 - como aditivo antimicrobiano, 158
 - como conservador, 44
 - conservas de arenque y, 149
- benzoico, como aditivo antimicrobiano, 157
 - degradación de hongos y bacterias, 49,
- clorhídrico y pH, 45c
- desoxirribonucleico (DNA), bacterias y, 26, 28
 - estudios de hibridación, 76
 - furocumarinas y, 44
 - genoma viral, 12, 114c
 - ocratoxina A y rotura de hebras de, 124
 - radiación, 159
 - replicación de, PCR y, 178
 - sondas de ácidos nucleicos y cadenas sencillas de, 178
 - Southern Blot, 179
 - transducción, 29
 - vacunas con, 16
 - virus y, 13
- dipicolínico, endosporas y, 27
 - termorresistencia y, 48
- etilico y alteración de alimentos, 148
- fórmico, 49
- grasos, 50, 144
- hidrazoico, 35
- hipocloroso, 163
- iboténico, 59
- inorgánicos, 45
- láctico, bacterias, proteolíticas y, 148
 - lácticas productoras de, 151
 - como aditivo antimicrobiano, 158
 - como heterofermentador, 141
 - como producto de desecho, 159
- N-acetilmurámico, 26
- nicotínico, 48
- nucleico(s), infecciones parasitarias, 21
 - gránulos de volutina, 27
 - microondas y, 155
 - péptidos translocados como inhibidores, 44
 - radiación y, 163
 - sondas de, 178
 - virus, 13, 13c, 15
- orgánicos, 28,
 - fuertes y débiles, 45
- ribonucleico, esquemas taxonómicos, 10
 - genoma viral, 12, 114c, 115
 - ribosomas y, 27
 - rotavirus, 113
 - sondas de ácido nucleicos, 178
 - virus, del mosaico del tabaco, 12f
 - de la hepatitis A, 114
 - Norwalk, 112
- salicílico como conservador, 44
 - sorbico, 44, 49
 - teicoicos, *S. aureus* y, 62
- Actividad del agua (Aw), 46, 46c
- aflatoxinas y, 121
 - eliminación de microorganismos, 155, 156
 - en la conservación de encurtidos, 158
 - factores ecológicos y, 44
 - humedad relativa y, 50
 - interrelación con pH, 51
 - para el desarrollo microbiano, 156
 - para evitar la mucosidad en maquinaria, 118
 - técnicas de conservación y, 155
 - velocidad de crecimiento y, 49
- Adaptación, definición, 48
- Adhesinas, *Campylobacter jejuni*, 133
 - virulencia, 29,30
 - Y. enterocolitica*, mecanismos patogénicos, 87
- Aditivos, antimicrobianos y conservación de alimentos, 157
 - no autorizados, 34
- Aeromonas hydrophila*, 88-90
 - brote, 90
 - clasificación, 88
 - ecología, 88
 - genética, 89
 - manifestaciones clínicas, 89, 89f
 - mecanismo(s), de transmisión, 89
 - patogénicos, 89
 - morfología y estructura, 88, 88f
 - productos extracelulares, 89
 - tratamiento, 90
- AFB1, factor, 121
- Aflatoxinas, *A. flavus*, 120
 - Aw y, 121
 - regulaciones respecto a, 127
- Agalla de corona, 30
- Agua, actividad (Aw), 46, 46c
 - agentes patógenos, 58c
 - calidad higiénica, 4
 - como fuente de contaminación, 6, 38, 40, 56
 - como reservorio de gérmenes, 11
 - contaminación en redes de abastecimiento, 35
 - evaporación de, en océanos, 39
 - hechos históricos, 5
 - infecciones parasitarias, 20
 - inocuidad, 163
 - microbiológica en el suministro de, 162-164
 - microbiología, 162
 - normas microbianas, 164
 - calidad, organoléptica, 165
 - virológica, 165
 - parámetros, bacteriológicos, 165
 - biológicos, 165
 - fisicoquímicos, 165
- pH en, destilada, 45c
- potabilidad, 7
- purificación, 162-164, 164f
 - a gran escala, 164
 - a pequeña escala, 163

- autopurificación, 162
 - recuento de bacterias, 31
 - en el secado de alimentos
 - usos, en la elaboración de alimentos, agrícola, 162
 - enfriamiento, 162
 - ingredientes, 162
 - limpieza, 162
 - Ahumado, 157
 - Aire, calidad microbiológica y suministro de, 160
 - desinfección, 161
 - filtración, 161
 - radiación, 161
 - ventilación sanitaria, 161
 - Albendazol, 21, 104, 106, 107, 109
 - Algas, definición, 162
 - microbiología, 10
 - del agua, 162
 - Alimentos, aditivos antimicrobianos para conservación, 157-158
 - ácidos orgánicos, 157
 - bacteriocinas, 158
 - bacterias en, 30
 - conservación de, y calidad microbiológica, 153-168
 - cocinados, , 191
 - control sanitario, 7
 - e infecciones virales, 15
 - enlatados, 189
 - higiene de, 35
 - hongos en, 24
 - inocuidad, 169
 - análisis de peligros, 185
 - mecanismos de contaminación 33-41
 - clasificación toxicológica, 34
 - contaminantes, abióticos, 34
 - bióticos, 34-35
 - definición de contaminación, 34
 - formas de contaminación, 36-37
 - cruzada, 36-37
 - de origen, 36
 - directa, 36
 - fuentes de contaminación, 38-40
 - agua, 38
 - aire, 39
 - fauna, 40
 - humana, 40
 - ingredientes, 39
 - tierra, 38-39
 - utensilios, 39
 - tipos de contaminación, 35-36
 - biológica, 36
 - física, 35
 - química, 35
 - transmisión de microorganismos, 37-38
 - fómites, 37
 - reservorios, 37
 - vectores, 37
 - riesgos y puntos críticos de control, 181-192
 - análisis, 184-187
 - buenas prácticas de manufactura, 182
 - por grupos alimentarios, 187-19
 - procedimientos operativos, estándar de saneamiento, 183
 - estandarizados, 183
 - programas de prerrequisitos, 182, 182c
 - secado, 156
 - temperatura, en almacenaje y distribución, 160
 - recomendaciones de la NOM-251-SSA1-2009, 198
 - virus transmitidos por. Véase Virus transmitidos por alimentos
- Almacenaje, *Aspergillus flavus*, 121
- buenas prácticas de manufactura, 183
 - factores extrínsecos en, 50, 51
 - Fusarium sporotrichioides*, 126
 - NOM-251-SSA1-2009, 195
 - obtención de la muestra y, 172
 - Penicillium verrucosum*, 123
 - recomendaciones del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, indicaciones, 127
 - recuento, de BMA, 141
 - hongos filamentosos, 144
 - Aminas, biógenas, 34
 - heterocíclicas, 34
 - Aminoácidos, aminas biógenas y, 134
 - como nutriente, 48
 - en el crecimiento, de *S. aureus*, 48
 - en la leche, 52
 - enzimas termófilas y, 146
 - pH, 45
 - probióticos en la asimilación de, 151
 - proteína CytK, 66
 - proteolíticos y liberación de aminoácidos, 147
 - toxina de *Shiga* y, 74
 - yogurt y, 49
 - Amitosis, 29
 - Análisis de riesgos y puntos críticos de control, 181-192
 - buenas prácticas de manufactura, 182
 - higiene personal, 182
 - manipulación del alimento, 182
 - zona de procesamiento, 182
 - grupos alimentarios, 187-191
 - alimentos cocinados, 191
 - azúcar, 187
 - carne, 188
 - frutas y verduras, 190
 - leche, 188
 - peces, 190
 - productos enlatados, 189
 - procedimientos operativos, estándar de saneamiento, 183
 - estandarizados, 183
 - programas de prerrequisitos, 182, 182c
 - valoración, 184-187
 - acciones correctivas,, 186
 - determinación, 185, 185c
 - límites críticos, 185
 - fuentes, bibliografía. 186
 - estudios experimentales, 186
 - opinión de expertos, 186
 - reglamentos, 185
 - los siete principios, 184
 - monitoreo, 186
 - pasos previos, 184
 - descripción del producto, 184
 - determinación del uso, 184
 - elaboración del diagrama de flujo, 184
 - verificación *in situ*, 184
 - formulación del equipo HACCP, 184
 - peligros, 185
 - registros y expedientes, 186
 - verificación, 186
 - Análisis microbiano, muestreo 171-172
 - Anfotericina B, 25, 26
 - Antibiótico, 31, 45. Véase *agentes específicos*
 - resistencia de vibriones coléricos, 72
 - uso en carne roja, 44
 - Antígeno Vi, 76
 - Antimicóticos, 25
 - Antimicrobianos, 31, 44, 81, 89, 134
 - aditivos, 157
 - intoxicaciones alimentarias estafilocócicas, 64
 - péptidos, 133f, 134
 - Antiparasitarios, 21

- Antivirales, 15-16
- Apicomplexa, clasificación taxonómica, 17c
- AQL. Véase Nivel de Calidad Aceptable
- Artrópodos, 19
 - ciclo de vida, 19
 - clasificación, 16
 - taxonómica, 17c
 - definición, 16
 - efectos negativos directos, 21
 - morfología, 18, 18f
 - respuesta TH2, 132
 - transmisión, 20
- Ascaris lumbricoides*, 104-106
 - brote, 105
 - ciclo de vida, 104, 105f
 - enfermedad, 105
 - fuelle de infección, 104
 - manifestaciones clínicas, 105
 - morfología y estructura, 104
 - periodo de incubación, 105
 - sitio colonizado, 104
 - tratamiento, 106
- Ascomycetos, 25. 143
- Aspergillus flavus*, 120-123
 - animales afectados, 120-121
 - brote y alimentos involucrados, 121
 - características, macroscópicas, 120
 - microscópicas, 120, 120f
 - hábitat, 120
 - mecanismos patogénicos, 121
 - significado, 121-122
 - sustancias producidas, 120
- Azida de sodio, 35
- Azúcar, contaminación por termófilos, 146, 189
 - del vegetal, fermentación láctica, 158
 - esporas de bacterias termorresistentes y, 187
 - HACCP y proceso para obtención de, 187
 - mucosidad en el jugo de la caña, 142
 - refinada, contenido microbiano, 187
 - sin refinar, 148, 187
 - toxina de *Shiga*, 74
- B**
- Bacillus cereus*, 65-67
 - brote, 66
 - clasificación, 65
 - ecología, 65
 - genética, 65
 - manifestaciones clínicas, 65-66, 66f
 - mecanismo(s), de transmisión 65
 - patogénicos, 66
 - morfología y estructura, 65, 65f
 - prevención, 66-67
 - productos extracelulares, 65
 - tratamiento, 66
- Bacterias, 26-31. Véase también tipos específicos
 - clasificación, taxonómica, 26, 26c
 - tradicional, 26
 - atmósfera, 26
 - morfología, 26, 26f
 - tinción, 26
 - definición, 26
 - descongelamiento y, 157
 - en alimentos, 29
 - enfermedades en el hombre, 30
 - estructura, 26-27
 - citoplasma, 27
 - endosporas, 27
 - fimbrias, 27
 - flagelos, 27
 - gránulos de volutina, 27
 - glucocálix, 26
 - inclusiones, 27
 - material genético, 27
 - membrana citoplasmática, 27
 - mesosoma, 27
 - pared celular, 26
 - periplasma, 27
 - ribosomas, 27
 - fotótrofas, 28
 - genética, 28-29
 - conjugación, 29
 - recombinación, 28f
 - transducción 29
 - transformación, 29
 - infecciones en plantas, 30
 - lácticas como indicadores de calidad, 150-152
 - mecanismos de transmisión, 29-30
 - metabolismo de, 27
 - fermentación, 28
 - fotótrofas, 28
 - quimiótrofas, 28
 - respiración, 28
 - nutrición de, 27
 - mutualistas, 27
 - parásitas, 27
 - simbiontes, 27
 - partes de, 27
 - patógenas e infecciones intestinales. Véase Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales
 - patógenas e intoxicaciones intestinales. Véase Bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales
 - reproducción, 29
 - fisión binaria, 29, 29f
 - significado de las, en los alimentos, 31
 - indicadores, 31
 - tiempo de muerte de, con calor, 155
 - tratamiento y prevención, 30-31
 - utilidad de la detección de, 31
 - vida de anaquel, 31
 - virulencia, factores de, colonización, adhesinas, 30
 - evasinas, 30
 - invasinas, 30
 - lesión, endotoxinas, 30
 - exotoxinas, 30
- Bacterias aerobias, 151
 - ácido láctico contra, 158
 - Eh y, 47
 - oxígeno y, 51
- Bacterias lácticas como indicadores de calidad, 150-152
 - alteraciones en alimentos, 150
 - características, 151
 - definición, 150
 - fuentes de contaminación, 150
 - importancia de las bacterias, 151
 - miembros del grupo, 150
 - probióticos, 151
 - características, 151
 - principales efectos saludables, 151
 - significado en alimentos, 150
 - indicadores, 150
 - sustancias de interés sanitario, 151
- Bacterias mesofílicas aerobias como indicadores de calidad, 140-141
 - alteraciones en alimentos, 141
 - definición, 140
 - fuentes de contaminación, 140
 - miembros del grupo, 140
 - significado en alimentos, 141

- indicadores, 141
 - Bacterias patógenas que causan infecciones intestinales, 71-91.
 - Véase también *agentes específicos*
 - diarrea, acuosa, 71
 - invasiva, 71
 - Bacterias patógenas que causan intoxicaciones intestinales, 62-69.
 - Véase también *agentes específicos*
 - clasificación, agudas, 62
 - crónicas, 62
 - recidivantes, 62
 - subagudas, 62
 - Bacteriocinas, como barreras antimicrobianas, 151
 - Escherichia coli* y, 79
 - para la conservación de alimentos, 155, 158
 - Salmonella typhi* y, 77
 - Basidiomicetos, 25
 - Benzoato de sodio en el crecimiento bacteriano, 44, 148
 - Botulismo, 67, 68
 - síndromes por, 69
 - Buenas Prácticas de Manufactura, 182
- C**
- Calor y conservación de alimentos, 154-155
 - Campylobacter jejuni*, 81-83
 - brote, 83
 - clasificación, 82
 - ecología, 82
 - genética, 82
 - manifestaciones clínicas, 82, 82f
 - mecanismo(s), de transmisión, 82
 - patogénicos, 83
 - morfología y estructura, 81, 82f
 - prevención, 83
 - productos extracelulares, 82
 - tratamiento, 83
 - Cápside, virus, 12
 - hepatitis A, 114
 - influenza aviar, 115
 - Norwalk, 112
 - proteínica en rotavirus, 113
 - simetrías, 13
 - Capsómero, virus, 12, 13
 - Carne, fuentes de contaminación y, 189
 - procesos en el rastro, 188
 - inspección sanitaria, 189
 - Cefalosporinas, 90,
 - de primera generación, 31
 - Céstodos, 16
 - clasificación taxonómica, 17c
 - Citotoxina(s), *A. hydrophila*, 89
 - antígenos de *Shigella*, 134
 - Campylobacter jejuni*, 82
 - diarrea invasiva y, 71
 - K, 65
 - Cloración, 163
 - Clostridium botulinum*, 67-69
 - brote, 68
 - clasificación, 67
 - ecología, 67
 - genética, 68
 - manifestaciones clínicas, 68, 68f
 - mecanismo(s), de transmisión 67
 - patogénico, 68
 - morfología y estructura, 67, 67f
 - prevención, 69
 - productos extracelulares, 68
 - tratamiento, 69
 - Codex Alimentarius, principios generales, aprobación, 194
 - propósitos, 194
 - Coliforme(s), definición, 141
 - fecales como indicadores de calidad, 142-143
 - alteraciones en alimentos, 143
 - características, 142
 - definición, 142
 - fuentes de contaminación, 141
 - miembros del grupo, 142, 142
 - significado en alimentos, 143
 - indicadores, 143
 - organismos, 141- 142
 - alteraciones en alimentos, 142
 - características, 141
 - definición, 141
 - fuentes de contaminación, 141
 - miembros del grupo, 141
 - significado en alimentos, 142
 - indicadores, 142
 - Comité Internacional de Normas Microbiológicas para alimentos,
 - indicadores, 31
 - Comités Consultivos Nacionales de Normalización, 195
 - Complejo proteína-ácido nucleico, genoma viral, 12
 - Congelación, función, 156
 - temperatura para conservación, 156c
 - tiempo de preservación, 156c
 - y conservación de alimentos, 6
 - Conidia, 23
 - Control sanitario de alimentos, 7
 - Creutzfeldt-Jakob, enfermedad de nueva variante, 14
 - Curva operativas, 173, 174f
 - fórmula, 173
 - Cysticercus cellulosae*, 102-104
 - brote, 104
 - ciclo de vida, 103, 103f
 - enfermedad, 103
 - fuelle de infección 102
 - manifestaciones clínicas, 104
 - morfología y estructura, 102
 - periodo de incubación, 103
 - sitio colonizado, 102
 - tratamiento, 104
- D**
- DAMPs. Véase Patrones moleculares asociados con daño
 - Daño subletal, 48
 - Defensinas, 44
 - Derivados industriales, 34
 - Descomposición, BMA en la, 141
 - Descongelamiento, métodos de, 156
 - agua corriente, 157
 - baño maría, 157
 - fresco del refrigerador, 157
 - microondas, 157
 - temperatura ambiente, 156
 - Dsecación, definición, 156
 - Deshidratación, 6
 - definición, 156
 - Detección de contaminación microbiana, 169-179
 - criterios microbiológicos, 173
 - curvas operativas, 173-174
 - fórmula, 173
 - métodos, automatizados,
 - análisis microbiano-171-172
 - número de muestras, 172
 - tipo de muestreo, 171
 - no probabilístico, 171
 - probabilístico, 171
 - curvas operativas, 173-174
 - fórmula, 173

- métodos, automatizados, 177-179
 - biosensores, 179
 - citometría de flujo, 178
 - determinación de ATP, 178
 - ELISA, 178
 - medición de impedancia, 177
 - microcalorimetría, 177
 - PCR, 178
 - sistema, de siembra en espiral, 179
 - VITEK, 179
 - sondas de ácidos nucleicos, 178
 - Southern Blot, 179
 - microbianos, 175-177
 - cualitativos, 176-177
 - aislamiento de patógenos, 177
 - estudios de aglutinación, 177
 - estudios radiométricos, 177
 - lisado de amebocitos de *Limulus*, 177
 - reacciones enzimáticas cromogénicas, 177
 - técnica de fluorescencia directa, 177
 - cuantitativos, 175-176
 - medidas turbidimétricas, 175
 - número más probable, 175
 - peso seco, 176
 - recuento, de microorganismos en placa, 175
 - microscópico, 175
 - reducción de colorantes, 176
 - muestreo para análisis microbiano-171-172
 - número de muestras, 172
 - tipo de muestreo, 171
 - no probabilístico, 171
 - probabilístico, 171
 - obtención de muestra, 172
 - factores en la, almacenaje, 172
 - identificación, 172
 - material, 171
 - objetivo, 172
 - recolección, 172
 - transporte, 172
 - plan de muestreo, clasificación, 170
 - programa de atributos, de dos clases, 170, 170f, 170c
 - de tres clases, 170, 170c, 171f
 - concepto, 170
 - Diarrea aguda. *Véase* Virus, diarrea aguda
 - Diacetilo, alteraciones en alimentos, 150
 - bacterias lácticas, 49
 - Dióxido de, azufre, metabolismo microbiano y, 51
 - carbono, asociaciones microbianas, 49
 - como consecuencia de gasificación, 147
 - metabolismo microbiano, 51
 - Disentería, 75
 - Distintivo H, 196
 - DNA. *Véase* Ácido(s), ribonucleico
 - Dosis infectante, 61
- E**
- Ebullición, 163
 - Ecología microbiana, 44
 - Eh. *Véase* Potencial de oxidorreducción
 - Encurtidos, 158
 - Endosporas, 51
 - como mecanismo de resistencia, 48
 - de bacterias, 27
 - en enlatados, 189
 - de *Clostridium*, 147
 - sensibilidad a óxido de etileno, 51
 - Endotoxina, *Aeromonas hydrophila*, 88
 - contaminantes bióticos, 35
 - LAL, 177
 - Salmonella typhi*, 76
 - Shigella dysenteriae*, 74
 - S. aureus*, 63
 - virulencia, 30
 - Enfermedades parasitarias por alimentos, 94-110. *Véase también* agentes específicos
 - concepto, 94
 - epidemiología, 93
 - prevención, 110
 - principal manifestación, 93
 - Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), 55-61
 - concepto, 56
 - enfoque diagnóstico, 57-59
 - anamnesis clínico-epidemiológica, 57
 - diagnóstico clínico-epidemiológico, 58
 - alimento consumido, 58, 58c
 - periodo de incubación, 58, 58c
 - síntomas, 58, 59c
 - exploración física completa, 57
 - epidemiología, 56
 - factores relacionados,, 61-62
 - investigación de brote, pasos generales, 59-61, 60f
 - mecanismos inmunitarios en. *Véase* Mecanismos inmunitarios en ETA
 - tipos, infección, 56
 - intoxicación, 56
 - toxicoinfección 56
 - Enlatados, alimentos, y HACCP, 189
 - Entamoeba histolytica*, 95-97
 - amebosis por, 97
 - brote, 97
 - calidad microbiológica y, 166
 - ciclo de vida, 96, 96f
 - contaminación del agua por, 38
 - fuentes de, contaminación, 190
 - infección, 95
 - manifestaciones clínicas, 96
 - mecanismos patogénicos por, 97
 - morfología y estructura, 16, 95
 - periodo de incubación, 96
 - purificación del agua, 163
 - sitio colonizado, 95
 - respuesta contra. 134. 135
 - tratamiento, 97
 - Enterococos como indicadores de calidad, 149-150
 - alteraciones en alimentos, 150
 - definición, 149
 - fuentes de contaminación, 149
 - significado en alimentos, 149
 - indicadores, 149-150
 - Enterotoxina(s), *Aeromonas*, 89
 - anticuerpos IgA, 133
 - Campylobacter jejuni* y, 82
 - diarrea acuosa, 71, 80
 - enfermedad alimentaria, 63
 - estafilocócicas, 63, 64
 - ETEC, 79
 - hemolisina BL, 65
 - Yersenia*, 88
 - Enzima convertidora de angiotensina, 151
 - Eritromicina, 5, 21, 83, 85
 - Escherichia coli*, 79-81
 - brote, 81
 - clasificación, 79
 - ecología, 79
 - genética, 79
 - manifestaciones clínicas, 80, 80f
 - mecanismo(s), de transmisión, 79
 - patogénicos, 80

- morfología y estructura, 79, 79f
 - prevención, 81
 - productos extracelulares, 79
 - tratamiento, 81
 - Escherichia coli* O157:H7, ácido benzoico para inhibir, 157
 - investigación de brote, 61
 - transmitida por vector, 38, 39
 - Esporas, 23, 147
 - Bacillus cereus*, 65, 66
 - Bacillus coagulans*, 147
 - bacterianas, 48
 - en alimentos, 40
 - Clostridium botulinum*, 67, 189
 - de bacterias termorresistentes en el azúcar, 187
 - e intoxicación alimentaria, 65
 - en micelio aéreo, 124
 - hongos, 39, 160
 - diseminación, 24
 - tipos de reproducción, 24c
 - mohos y levaduras, 143
 - salazonado y desarrollo de, 157
 - y plasmodio secundario, 20
 - Esquistosomosis, 163
 - ETA. Véase Enfermedades transmitidas por alimentos
 - ETI. Véase Inmunidad desencadenada por efectores
 - Exotoxinas, *Bacillus cereus*, 67
 - Campylobacter jejuni*, 82
 - Clostridium botulinum*, 67
 - contaminantes bióticos, 35
 - toxina colérica, 72
 - virulencia, 30
- F**
- Factores ecológicos, 43-52
 - clasificación, 44-47
 - factores extrínsecos, 50-52
 - atmósfera, 51
 - gases, dióxido de, azufre, 51
 - carbono, 51
 - óxido de etileno, 51
 - oxígeno, 51
 - humedad relativa, 50
 - interrelaciones, 51
 - temperatura, 50
 - factores implícitos de los microorganismos, 48-49
 - adaptación al sustrato, 48
 - asociaciones microbianas, 49
 - negativa (antagonismo), 49
 - neutra, 49
 - positiva (sinergismo), 49
 - estado fisiológico, 48
 - daño subletal, 48
 - mecanismos de resistencia, 48
 - endosporas, 48
 - viable pero no cultivable, 48
 - velocidad de crecimiento, 49
 - factores intrínsecos del alimento, 44-48
 - actividad de agua (Aw), 46, 46c
 - límites, 46c
 - integridad, 47
 - protección, artificial, 47
 - natural, 47
 - nutrientes, 47
 - potencial de hidrógeno (pH), 45
 - valores, 45c
 - potencial de oxidorreducción (Eh), 46-47, 46c
 - microorganismos y, aerobios obligados, 46
 - anaerobios, facultativos, 47
 - obligados, 47
 - microaerófilos, 47
 - sustancias antimicrobianas, 44
 - adicionadas, 44
 - naturales, 44
 - residuales, 44
 - microbianos, 44c
 - Fermentación, 158-159
 - Filtración, 163
 - Filtros HEPA, 162
 - Fimbrias, 27
 - Fisión binaria, 29, 29f
 - Flagelina, 27
 - Flagelos, 27
 - Fluconazol, 25
 - Frutas y verduras, fuentes de contaminación, 190
 - Furocumarinas, 44
 - Fusarium sporotrichioides*, 124-126
 - animales afectados, 125
 - brote y alimentos involucrados, 125
 - características, macroscópicas, 124
 - microscópicas, 124-125, 124f
 - hábitat, 125
 - mecanismos patogénicos, 125-126
 - significado, 126
 - sustancias producidas, 125

G

 - Garantía de calidad microbiológica, 153-168
 - almacenamiento y distribución de alimentos, 160
 - atmósfera, 160
 - envasado, 160
 - humedad, 160
 - temperatura, 160
 - vehículo, 160
 - control de materias primas, 154, 154c
 - conservación de alimentos, 154
 - tecnologías en, 154, 155c
 - métodos, físicos, 154-156
 - calor, 154-155
 - congelación, 156
 - microondas, 155
 - secado, 156
 - microbianos, 158-159
 - fermentación, 158-159
 - químicos, 157-158
 - aditivos antimicrobianos, 157
 - ahumado, 157
 - encurtidos, 158
 - salazonado, 157
 - descongelación, 156-157
 - manipuladores de alimentos, 165-168
 - capacitación, 166
 - estado de salud, 165-166
 - prácticas higiénicas, 166-168
 - nuevas tecnologías, 159-160
 - presión hidrostática, 159
 - radiación, 159
 - campos eléctricos pulsantes, 160
 - suministro, de agua, 162-165
 - microbiología, 162
 - normas microbianas, 164
 - purificación, 162-164
 - de aire, 160-162, 161
 - desinfección, 161
 - filtración, 161
 - radiación, 160
 - ventilación sanitaria, 161
 - Gasificación, bacterias lácticas, 150
 - organismos coliformes, 142

- mohos y levaduras, 144
 - osmófilos, 148
 - termófilos, 147
- Giardia duodenalis*, 94-95
 - brote, 95
 - ciclo de vida, 94, 94f
 - enfermedad, 95
 - fuentes de infección, 94
 - manifestaciones clínicas, 95
 - morfología y estructura, 94
 - periodo de incubación, 95
 - sitio colonizado, 94
 - tratamiento, 95
- Glucocálix, 26
- Gránulos de volutina, 27
- Grupos microbianos indicadores de calidad, 139-152. Véase *agentes específicos*
 - concepto de alimento de buena calidad sanitaria, 140
 - microorganismos indicadores, 140
- H**
- HACCP. Véase Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control
- Helmintos, ciclo de vida, 20
 - clasificación, taxonómica, 17c
 - definición, 16
 - inmunidad contra, 135
 - morfología, 17, 18f
 - respuesta contra, 134
 - TH2, 132
- Hemolisina BL, 65
- Hepatitis, A, 14, 114-115
 - periodo de incubación, 58
 - respuesta contra virus de, 133
- agentes productores de, 114
- amebiana, 96
- B, 16
- ictérica, 115
- manipuladores de alimentos y, 165
- por VIH, 115
- viral, 114
 - agentes que originan, 114c
 - normas higiénicas para prevenir, 115
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos, 34
- Hifas, 22, 23, 24, 25
 - Aspergillus flavus*, 120
 - Penicillium*, 122
- Higiene personal, 25, 78, 110, 182
 - manipulación de alimentos, 57
 - NOM-251-SSA1-2009, 195
 - NMX-F605-NORMEX-2004 Y, 196
- Histaminas, 34
- Histoplasmosis, 25
- Hongos, 21-26
 - Amanita genus*, 25
 - clasificación, taxonómica, 22c
 - tradicional, 22
 - diseminación, 24
 - en alimentos, 24
 - enfermedades en el hombre, 25
 - filamentosos, 22
 - morfología, 22f
 - reproducción, 23f
 - infecciones en plantas, 24
 - reproducción, 23
 - imperfectos o deuteromicetos, 24
 - morfología, 22
 - reproducción, 23-24
 - asexual, 24
 - parasexual, 24
 - sexual, 24
 - tipos de, 24c
 - tratamiento y prevención, 25
- Humedad, crecimiento de, *F. sporotrichioides*, 126
 - penicilios, 122
 - P. verrucosum* y, 123
 - dióxido de carbono y, 51
 - factores ecológicos y, 44
 - tierra, 38
 - relativa, 50
- I**
- Inmunidad desencadenada por, efectores, 14
- patrón, 14
- Inocuidad, análisis de peligros, 185, 186,
 - en diversos países, 197-198
 - bacteriocinas e, 158
 - cinco claves emitidas por la OMS, 167
 - control, en los alimentos 167-168
 - sanitario, 7
 - del agua, 163
 - determinación de microbios, 169
 - en la cadena alimentaria, 33
 - ETA e, 55
 - factores ecológicos e, 52
 - HACCP, 184
 - métodos automatizados, 177
 - microbiología de los alimentos, 4
 - procedimientos operativos, 183
 - programas, de capacitación, 166
 - de prerrequisitos, 181
 - tecnología para conservar alimentos e, 154
- Invasinas, virulencia, 29, 30
- Islas de patogenicidad, 29, 77, 78
- L**
- Leche, fuentes de contaminación, 188
 - proceso de pasteurización, 188
- Legislación sanitaria, 193-198
 - Codex Alimentarius*, 194
 - principios generales, aprobación, 194
 - propósitos, 194
 - en diversos países, 197-198
 - Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición, 197
 - Argentina, Código Alimentario, 198
 - Consejo y Parlamento Europeo, 197
 - Cuba, disposiciones sanitarias, 198
 - Estados Unidos, Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos, 198
 - Japón, Ley de Sanidad Alimentaria, 198
 - Perú, Ley de Inocuidad de los Alimentos, 198
- Norma ISO, 194
 - ISO 22000, 194
 - y seguridad en los alimentos, comunicación interactiva, 194
 - control de riesgos, 194
 - gestión de sistema, 194
 - mejora y actualización
- Norma Mexicana, 196
 - NMX-F605-NORMEX-2004, 196
- Normas Oficiales Mexicanas, 195-196
 - NOM-251-SSA1-2009, indicaciones, 195
 - recomendaciones de temperatura, 196
- normas, función, 193
- Normatividades Mexicanas, 194-195
- reglamentos sanitarios, función, 193
- Reglamento Sanitario Internacional, 197

- Levaduras, 21, 23
 como factor ecológico, 43, 44
 como indicadores de calidad, 143
 definición, 22
 morfología, 23f
 reacciones alérgicas, 23
 tipos de reproducción, 24
- Límites críticos, 185-186
- Limo, 89
- Liofilización, definición, 156
- Listeria monocytogenes*, 83-86
 brote, 85
 clasificación, 84
 ecología, 84
 genética, 84
 manifestaciones clínicas, 84, 84f
 mecanismo(s), de transmisión, 84
 patogénicos, 85
 morfología y estructura, 84, 84f
 prevención, 86
 productos extracelulares, 84
 tratamiento, 85
- LTPD. Véase Porcentaje Máximo Tolerable
- M**
- Macromoléculas, esenciales en metabolismo bacteriano, 27
 en patogénesis viral, 15
- Manipuladores de alimentos, buenas prácticas de manufactura, 182
 garantía de calidad microbiológica, 165-168
 capacitación, 166
 estado de salud, 165
 hepatitis A, 165
 prácticas higiénicas, 166-168
- Materias prima aceptables, recomendaciones, 154
- Mebendazol, 21, 106, 109
- Mecanismos de resistencia, supervivencia microbiana, endosporas, 48
 viable pero no cultivable, 48
- Mecanismos inmunitarios en ETA, 129-135
 concepto de sistema inmunitario, 130-131
 células y moléculas efectoras, 130
 sistema inmunitario, 130
 mecanismos inmunitarios contra microorganismos, 133
 respuesta contra, bacterias, 133
 helmintos, 134-135
 patógenos diversos, 134
 protozoarios, 134
 virus, 133
 respuesta inmunitaria, adaptativa (adquirida), 131, 132f
 respuesta inflamatoria, 133f
 innata, 131
- Meningocócica, vacuna conjugada, 31
- Mesosoma, 27, 29f, 88
- Metales tóxicos, 34
- Metamería, 18
- Metronidazol, 21, 95, 97
- Micelio, 22, 22f
 Aspergillus flavus, 120
 Fusarium sporothrichioides, 124
 Penicillium verrucosum, 122
 reproductor o aéreo, 23
 vegetativo, 23
- Micetismo, 25
- Micorrizas, 38
- Micosis, definición, 25
 sistémicas endémicas, 22
- Micotoxicosis, 25, 120, 134
- Micotoxinas, inmunidad intestinal, 134
 leche, 188
 producidas por mohos, 25
- transmitidas por alimentos, 119-128. Véase también *agentes específicos*
 concepto, 120
 prevención, 126
- Microbiología, concepto, 10
- Microbiología básica, 9-32
 microorganismos. Véanse también *microorganismos específicos*
 características, 11
 clasificación, 10, 11c
 importancia de los, 10
 utilidad de los, 10
- Microbiología de los alimentos, 3-7
 campo de acción, 7
 investigación, control, 7
 diferenciación, 7
 eficiencia, 7
 evaluación, 7
 potabilidad, 7
 rastreo, 7
 clasificación de los microorganismos, 6
 deterioradores, 6
 iniciadores, 6
 indicadores, 6
 indiferentes, 6
 patógenos, 6
 concepto, 4
 disciplinas relacionadas, 4, 4f
 bioquímica microbiana, 4
 epidemiología, 4
 genética microbiana, 4
 microbiología, general, 5
 industrial, 4
 médica, 4
 tecnología de los alimentos, 5
 toxicología alimentaria, 4
 epidemiología, 3
 historia, 5
- Microbios, investigación de las características, 4
 utilidad, 10
- Microorganismos, características, 11
 dimensiones, 11
 flexibilidad, metabólica, 11
 heterogeneidad, 11
 multiplicación, 11
 patogenicidad, 11
 plasticidad genética, 11
 resitencia, 11
 ubicuidad, 11
 clasificación, deterioradores, 6
 en imperios y reinos, 10 y 11c
 indicadores, 6
 indiferentes, 6
 iniciadores, 6
 patógenos, 6
 efectos de técnicas de conservación sobre, 155
 fitopatógenos, biótrofos, 14
 hemibiótrofos, 14
 necrótrofos, 14
 importancia, 10
 tecnologías para eliminación de, 154
 transmisión de, 37-38
 fómites, 37
 reservorios, 37
 vectores, 37
 usos, 10
 velocidad de crecimiento, 49
- Microsistema, 43
- Moho(s), *Byssoschlamys*, 144
 clasificación toxonómica, 22

- Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos
 Alimentarios, recomendación, 127
 como factor ecológico, 43, 44
 como indicadores de calidad, 143
 condiciones de almacenaje y, 121
 en alimentos, 24, 25, 38, 145
 enfermedad del, rojo, 126
Fusarium sporotrichioides, 125
 humedad y, 160
 micotoxinas producidas por, 25
 óxido de etileno y, 51
 penicilios, 122
 y levaduras, 143-144. Véase también Mohos y Levaduras
 definición, 143
 fuentes de contaminación, 143
 significado en los alimentos como indicadores, 144
 y materias primas, 154
 Mohos y levaduras como indicadores de calidad, 143-144
 alteraciones en alimentos, 144
 definición, 143
 fuentes de contaminación, 143
 miembros del grupo, 143
 significado en alimentos, 144
 indicadores, 144
 Moléculas, centinela, 14,
 de agua en Aw, 46
 de *Yersenia*, proteínas de la membrana externa, 86, 87
 efectoras, 14
 células y, 130
 Eh y, 46
 enterotóxicas, 89
 invasinas, 30
 mecanismos inmunitarios, 129, 130
 MHC, 63, 131
 microondas, 144
 no disociadas, 158
 OTA y 123
 Mosaico del tabaco, 12, 12f, 14
 Mucina, 72
 Mucógenos como indicadores de calidad, 148-149
 alteraciones en alimentos, 149
 definición, 148
 fuentes de contaminación, 149
 miembros del grupo, 148
 significado en alimentos, 149
 indicadores, 149
 Mucosidad, como indicador en, mohos y levaduras, 144
 enterococos, 150
 mucógenos, 149
 organismos coliformes y, 142
 medidas básicas para evitar, 188
 Muestra, obtención, 172
 factores en la, almacenaje, 172
 identificación, 172
 material, 171
 objetivo, 172
 recolección, 172
 transporte, 172
 para análisis microbiano, 171-172
 número de muestras, 172
 tipo de muestreo, 171
 no probabilístico, 171
 probabilístico, 171
- N**
 Nefropatía porcina micotóxica, 123
 Nemátodos, 14, 16,
 clasificación taxonómica, 17c
 infección en plantas, 20
 respuesta tipo TH2, 134
 Nitrosaminas, 34
 Nivel de Calidad Aceptable, curva operativa y, 174
 Norma ISO, 194
 ISO 22000, y seguridad en los alimentos, comunicación interactiva, 194
 control de riesgos, 194
 gestión de sistema, 194
 mejora y actualización
 Norma Mexicana, 196
 NMX F605-NORMEX-2004, 196
 Normas Oficiales Mexicanas, 195-196
 NOM-251-SSA-2009, 195
 Normatividades Mexicanas, 194
 Nucleocápside, virus, 12
- O**
 Organización Mundial de la Salud, y Reglamento Sanitario Internacional, 197
 Organoléptica(s), calidad, 165
 características, de los alimentos, 6,
 descomposición de alimentos y, 152
 materias primas, 195
 garantía de calidad microbiológica, 153
 microbiología de los alimentos, 7
 nuevas tecnologías, 159
 Osmófilos como indicadores de calidad, 148
 alteraciones en alimentos, 148
 definición, 148
 fuentes de contaminación, 148
 miembros del grupo, 148
 significado en alimentos, 148
 indicadores, 148
 Óxido de etileno, metabolismo microbiano y, 51
 Oxígeno,
 atmósfera, 51
 bacterias, 26
 crecimiento bacteriano, 151
 ecosistema, 31
 Eh, 46, 47
 respiración, 28
 Oxígeno, atmósfera, 51
 bacterias, 26
 Ozonización, 163
- P**
 PAMPs. Véase Patrones moleculares asociados a patógenos
 Parásito(s), 16-21
 alimentos en infecciones parasitarias, 21
 ciclo de vida, 19, 19f
 clasificación, taxonómica, 16 17c
 tradicional, 16
 enfermedades en el hombre, 20
 morfología, 15-16
 etimología, 93
 infecciones en plantas, 20
 morfología, artrópodo, 18, 18f
 helminto, 17-18, 18f
 protozoo, 16-17, 17f
 obstrucción y lesión mecánicas, 21
 tipos de parásitos, 20c
 tratamiento y prevención, 21
 vías de transmisión, 20
 Parasitoides, 19
 Parasitosis, 20, 21, 93
 prácticas de higiene, 196
 prevención, 110
 Pasteurización, campos eléctricos pulsantes, 160
 ETA y, 61
 leche, 188

- microbiología, 7
 - psicrótrofos, 144
 - S. aureus*, 63
 - termodúricos, 145, 146
 - Patrones moleculares asociados a patógenos, 14, 130
 - Patrones moleculares asociados con daño, 14
 - Peces, etapas de recolección, 190
 - fuentes de contaminación, 190
 - Penicilina G, 25, 64
 - Penicillium verrucosum*, 122-124
 - animales afectados, 12
 - brote y alimentos involucrados, 123
 - características, macroscópicas, 122
 - microscópicas, 122, 122f
 - hábitat, 122
 - mecanismos patogénicos, 123
 - significado, 123
 - sustancias producidas, 123
 - Plaguicidad, e infecciones parasitarias, 21,
 - en alimentos con buena calidad sanitaria, 140
 - mecanismos de contaminación y, 35
 - enfermedades transmitida por alimentos y, 56
 - micotoxinas transmitidas por alimentos, 127
 - principios generales del Codex, 194
 - pH. Véase Potencial de hidrógeno
 - Plan de muestreo en detección de contaminación, 170-172
 - clasificación, 170
 - programa de atributos, de dos clases, 170, 170c
 - de tres clases, 170, 170c
 - concepto, 170
 - Porcentaje Máximo Tolerable, curva operativa y, 174
 - Potencial de hidrógeno (pH), 45
 - cloro y, 163
 - consideración del, en límites críticos, 185
 - eliminación de microorganismos, 155
 - encurtidos y, 158
 - factores ecológicos y, 44c
 - hongos y, 49
 - interrelación con Aw, 51
 - valores de, en distintas sustancias, 45c
 - Potencial de oxidorreducción (Eh), 46-47, 46c, 52
 - disminución de, por *Clostridium perfringens*, 49
 - eliminación de microorganismos, 155
 - factores ecológicos y, 44
 - Praziquantel, 21, 101, 102, 104
 - Presión hidrostática, 159
 - Prión, definición, 14
 - Procedimientos operativos, estándar de saneamiento, 183
 - estandarizados, 183
 - Proceso de replicación, viral, 13, 13f
 - Programas de prerrequisitos (PP). 181, 182
 - Proteína(s), amebaporos, 97
 - antigénica de flagelos, 79
 - antimicrobianos y 31
 - aspirasa, 108
 - citocinas, 130
 - CspA, 144
 - CytK, 66
 - de cápside, virus del mosaico del tabaco, 12f
 - en replicación viral, 13
 - en el sistema de secreción tipo 3, 75, 77
 - flagelina, 27
 - internalina, 85
 - membrana citoplasmática, 27
 - NSP4, 113
 - pilina, 27
 - prión, 14
 - sag-1, 99
 - sistema del complemento, 131
 - Yops, 86
 - Proteolíticos como indicadores de calidad, 147-148
 - alteraciones en alimentos, 147
 - definición, 147
 - fuentes de contaminación, 147
 - miembros del grupo, 147
 - sabores desagradables, 148
 - significado en alimentos, 147
 - indicadores, 147
 - Protozoario, ciclo de vida, 20
 - clasificación, por grupos, 16
 - taxonómica, 17c
 - inmunidad contra, 134
 - morfología, 16, 17f
 - tratamiento contra, 21
 - y purificación del agua, 165
 - PRRs. Véase Receptores para reconocimiento del patrón
 - Psicrótrofos como indicadores de calidad, 144-145
 - alteraciones en alimentos, 145
 - características, 144
 - definición, 144
 - fuentes de contaminación, 144
 - significado en alimentos, 144
 - indicadores, 144-145
 - PTI. Véase Inmunidad desencadenada por patrón
 - Puntos críticos de control, 167, 184
- ## Q
- Quitina, 16, 18, 21, 143
- ## R
- Radiación, y conservación de alimentos, 159
 - y suministro de aire, 161
 - Reacción en cadena de polimerasa, 178
 - Receptores, para reconocimiento del patrón, 14, 130, 131
 - tipo NOD, 14
 - tipo Toll, 131
 - Reglamento Sanitario Internacional, 197
 - Residuos ambientales, 34
 - Reuterlicina, 151
 - Rizoides, 23
 - RNA. Véase Ácido(s), ribonucleico
 - Rotavirus, 113
 - brote, 113
 - mecanismos patogénicos, 113
 - morfología y estructura, 113, 113f
 - periodo de incubación, 113
 - síntomas, 113
 - tratamiento, 113
- ## S
- Salazonado, 157
 - Salmonella typhi*, 76-79
 - brote, 78
 - clasificación, 76
 - ecología, 76
 - genética, 77
 - manifestaciones clínicas, 77, 77f
 - mecanismo(s), de transmisión, 76
 - patogénicos, 77
 - morfología y estructura, 76, 76f
 - prevención, 78
 - productos celulares, 77
 - tratamiento, 78
 - Sarcomastogophora*, clasificación taxonómica, 17c
 - Sarna polvosa de la papa, 20
 - Seguridad alimentaria en distintos países, 197-198
 - Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición, funciones, 197

- Argentina, Código Alimentario, 198
- Consejo y Parlamento Europeo, 197
- Cuba, disposiciones sanitarias, 198
- Estados Unidos, Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos, 198
- Japón, Ley de Sanidad Alimentaria, 198
- Perú, Ley de Inocuidad de los Alimentos, 198
- Seta, clasificación taxonómica, 22, 22c
 - definición, 22
 - morfología 22
 - tipo de reproducción, 24c
- Shigella dysenteriae*, 72-76
 - brote, 75
 - clasificación, 74
 - ecología, 74
 - genética, 74
 - manifestaciones clínicas, 75, 75f
 - mecanismo(s), de transmisión, 74
 - patogénicos, 75
 - morfología y estructura, 74, 74f
 - prevención, 76
 - productos extracelulares, 74
 - tratamiento, 76
- Siete principios, sistema de los, 184
- Silimarina, 25
- Síndrome de Guillain-Barré, 83
- Síndrome urémico hemolítico, como posible complicación de shigelosis, 75
 - infección por *E. coli*, 81
 - STX y, 80
- Sistema de secreción tipo 3, 74, 75, 77
- Staphylococcus aureus*, 62-64
 - brote, 64
 - clasificación, 63
 - ecología, 63
 - genética, 63
 - manifestaciones clínicas, 63, 63f
 - mecanismo(s), de transmisión, 63
 - patogénicos, 64
 - morfología y estructura, 62, 62f
 - prevención, 64-65
 - productos extracelulares, 63
 - tratamiento, 64
- T**
- T3SS. Véase Sistema de secreción tipo 3
- Tabique, hongos filamentosos, 22
 - Penicillium*, 122
- Taenia saginata*, 99-101
 - brote, 101
 - ciclo de vida, 100, 100f
 - enfermedad 101
 - fuelle de infección 99
 - manifestaciones clínicas, 101
 - morfología y estructura, 99, 100f
 - periodo de incubación, 101
 - sitio colonizado, 100
 - tratamiento, 101
- Taenia solium*, 101-102
 - brote, 102
 - ciclo de vida, 100f, 101
 - enfermedad por, 102
 - fuelle de infección, 101
 - hospedero definitivo, 17
 - infecciones por alimentos, 21
 - manifestaciones clínicas, 102
 - mecanismos patogénicos, 102
 - morfología y estructura, 16, 101
 - periodo de incubación 102
- sitio colonizado, 101
- tratamiento, 102
- Tecnologías para conservar alimentos, 154-159
 - tratamientos por métodos, físicos, 154-157
 - calor, 154
 - congelación, 156
 - descongelación, 156-157
 - microondas, 155
 - secado, 156
 - microbianos, 158
 - fermentación, 158
 - químicos, 157-159
 - aditivos antimicrobianos, 157
 - encurtidos, 158
 - ahumado, 157
 - salazonado, 157
- Temperatura, en almacenaje y distribución de alimentos, 160
 - factores ecológicos, y 44
 - recomendaciones de la NOM-251-SSA1-2009, 195
- Termodúricos como indicadores de calidad, 145- 146
 - alteraciones en alimentos, 146
 - definición, 145
 - fuentes de contaminación, 145
 - miembros del grupo, 145
 - significado en alimentos, 145
 - indicadores-145
- Termófilos como indicadores de calidad, 146-147
 - alteraciones en alimentos, 147
 - características, 146
 - definición, 146
 - fuentes de contaminación, 146
 - miembros del grupo, 146
 - significado en alimentos, 146
 - indicadores, 146
- Toxina, colérica, 72
 - de Shiga, 74
 - emética, 65
- Toxoplasma gondii*, 97-99
 - brote, 99
 - ciclo de vida, 97-98, 98f
 - enfermedad, 99
 - fuelle de infección, 97
 - manifestaciones clínicas, 99
 - morfología y estructura, 97
 - periodo de incubación, 99
 - sitio colonizado, 97
 - tratamiento, 99
- Transducción, 29
- Transformación, 26
- Transmisión, horizontal, 38
 - vertical, 38
- Transportes, alimentos de origen vegetal, 190
 - buenas prácticas de manufactura y, 182
 - FDA, medidas de la, 198
 - HACCP y medios de, 184
 - medidas en, de la muestra, 172
 - procedimientos operativos estandarizados en, 183
 - temperatura, 160
- Tremátodos, 16
 - clasificación taxonómica, 17c
- Trichinella spiralis*, 1076-107
 - brote, 107
 - ciclo de vida, 106, 107f
 - enfermedad, 107
 - fuelle de infección, 106
 - manifestaciones clínicas, 107
 - morfología y estructura, 106
 - periodo de incubación, 107
 - sitio colonizado, 106

- tratamiento, 107
- Trichuris trichiura*, 108-109
 - brote, 109
 - ciclo de vida 108, 109f
 - enfermedad, 108
 - fuelle de infección, 108
 - manifestaciones clínicas, 108
 - morfología y estructura, 108
 - periodo de incubación, 108
 - sitio colonizado, 108
 - tratamiento, 109
- V**
- Vía MAPK, 75
- Vibrio cholerae*, 72-74
 - brote, 73
 - clasificación, 72
 - ecología, 72
 - genética, 72
 - manifestaciones clínicas, 72, 73f
 - mecanismo(s), de transmisión, 72
 - patogénicos, 73
 - morfología y estructura, 72, 72f
 - prevención, 74
 - productos extracelulares, 72
 - tratamiento, 73
- Vida de anaquel, bacterias, 31
- calor y, 155
- conteo de microbios proteolíticos, 147
- fermentación y, 159
- proteolíticos, 147
- psicrótrofos, 145
- recuento de hongos, 144
- VIH. Véase Virus de inmunodeficiencia adquirida
- Virulencia bacteriana, factores, de colonización, adhesinas, 30
 - evasinas, 30
 - invasinas, 30
 - de lesión, endotoxinas, 30
 - exotoxinas, 30
- Virus, 11-16. Véase también tipos específicos
 - alimentos en infecciones virales, 15
 - citopáticos, 15
 - clasificación, en hepatitis viral, 114c
 - taxonómica, 13,
 - tradicional, 12-13
 - compleja, 13
 - bacteriófago T4, 13, 12f
 - helicoidal, 12
 - de mosaico del tabaco, 12, 12f
 - icosaédrica, 13
 - del mosaico amarillo, 14
 - del papiloma, 15
 - del sarampión, 14, 15
 - de la gripe, 14, 15
 - de la hepatitis A. Véase Virus de hepatitis A
 - de la influenza aviar. Véase Virus de influenza aviar
 - de la papa, 14
 - diarrea aguda por, 116
 - adenovirus, 116
 - astrovirus, 116
 - calicivirus, 116
 - enfermedades, en el hombre, 15
 - transmitidas por alimentos, prevención, 117
 - entéricos, 161
 - estructura, 12
 - cápside, 12
 - capsómeros, 12
 - envoltura, 12
 - genoma viral, 12

- nucleocápside, 12
- infecciones en plantas, 14
- mecanismos de transmisión, 14
- no citopáticos, 15
- patogénesis, 15
- respuesta inmunitaria, 15
- replicación, 13
 - ensamblaje, 13
 - ingreso, 13
 - liberación, 13
 - proceso, 13f
 - reconocimiento, 13
 - síntesis, 13
- tipo Norwalk, 15. Véase Virus Norwalk
- tratamiento y prevención, 15-16
- Virus de hepatitis A, 14, 114-115
 - brote, 114
 - morfología y estructura, 114, 114f
 - patogenia, 115
 - periodo de incubación, 58, 114
 - relacionado con alimentos, 58c
 - respuesta contra, 133
 - síntomas, 115
 - tratamiento, 115
 - vehículos, 114
 - y control de calidad, 165, 166
 - y purificación del agua, 163
- Virus de influenza aviar, 115-116
 - brote, 116
 - mecanismos patogénicos, 116
 - morfología y estructura, 115
 - periodo de incubación, 116
 - síntomas, 116
 - tratamiento, 116
 - vehículos, 115
- Virus de inmunodeficiencia humana, enfermedades virales, 15
 - estructura, 12f, 15
- Virus Norwalk, 112
 - aguas no purificadas, 15
 - brote, 112
 - morfología y estructura, 112, 112f
 - patogenia, 112
 - periodo de incubación, 112
 - síntomas, 112
 - tratamiento, 112
 - vehículos, 112
- Virus transmitidos por alimentos, 111-117. Véase también tipos específicos
 - concepto, 112
 - prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, 117
 - virus que causan diarrea aguda, 116

Z

Zona de procesamiento, 182

Y

- Yersinia enterocolitica*, 86-88
 - brote, 87
 - clasificación, 86
 - ecología, 86
 - genética, 86
 - manifestaciones clínicas, 87, 87f
 - mecanismo(s), de transmisión, 86
 - patogénicos, 87
 - morfología y estructura, 86, 86f
 - prevención, 88
 - productos extracelulares, 86
 - tratamiento, 88
- Yodo radioactivo, 34