

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE**  
**INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**



MAY 2018



**INFORME FINAL DEL TEXTO**  
**TEXTO: CONTAMINACIÓN Y ALTERACIÓN**  
**MICROBIANA DE LOS ALIMENTOS**

**AUTOR: ING. ARTURO MARIANO GARCIA MERINO**  
**COLABORADOR: ING. GENARO CHRISTIAN PESANTES ARRIOLA**

**PERIODO DE EJECUCION: Del 01.04.2016 al 31.03.2018**  
**Resolución de aprobación N° 337-2016-R.- CALLAO 28 DE ABRIL DE 2016.**

**Callao, 2018**



	Pag
I. INDICE.....	1
II. PRÓLOGO.....	7
III. INTRODUCCIÓN.....	10
IV. CONTENIDO.....	13
<b>CAPÍTULO I.</b>	
<b>ALCANCE DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS; CONTAMINACION Y ALTERACION DE ALIMENTOS, DEFINICIONES Y PRINCIPIOS BÁSICOS.....</b>	
	<b>13</b>
1 Microorganismos y alimentos.....	13
2 Contaminación/alteración de los alimentos.....	13
3 Inocuidad de los alimentos.....	16
4 Fermentación.....	17
5 Definiciones.....	17
6 Principio básico.....	18
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS Y DETERMINATIVAS DE LOS ORGANISMOS DE IMPORTANCIA EN LOS ALIMENTOS.....</b>	
	<b>19</b>
1 Fundamentos de agrupación.....	19
1.1 Procariotas y eucariotas.....	19
2 Bacterias.....	22
2.1 Caracteres morfológicos importantes en bacteriología de los alimentos.....	22

2.2	Caracteres de los cultivos, importantes en bacteriología de los alimentos.....	25
2.3	Géneros de bacterias importantes en bacteriología de los alimentos.....	26
2.4	Grupos de bacterias importantes en bacteriología de los alimentos.....	41
3	Virus y Priones.....	52
3.1	Propiedades generales de los virus.....	52
3.2	Clasificación.....	54
3.2.1	Virus que contienen ADN.....	54
3.2.2	Virus que contienen ARN.....	55
3.3	Los priones como agentes etiológicos de las encefalopatías espongiformes transmisibles (EETs).....	57
3.4	Bacteriófagos.....	59
4	Hongos.....	61
4.1	Fundamentos de su clasificación.....	61
4.2	Hongos filamentosos (mohos) .....	62
4.2.1	Zygomycetes.....	66
4.2.2	Ascomycetes.....	67
4.2.3	Deuteromycetes.....	71
4.3	Levaduras.....	73
4.3.1	Criterios de clasificación.....	73
4.3.2	Levaduras ascomicetos.....	80
4.3.3	Levaduras deuteromicetos.....	82
4.3.4	Levaduras basidiomicetos.....	84
4.3.5	Otras agrupaciones de las levaduras.....	85
5	Protozoos.....	85
5.1	Introducción.....	85
5.2	Sarcomastigophora.....	88
5.3	Sporozoa (Apicomplexa).....	92
6	Helmintos.....	95

6.1	Introducción.....	95
6.2	Cestodos.....	96
6.2.1	Caracteres generales.....	96
6.3	Trematodos.....	102
6.3.1	Caracteres generales.....	102
6.4	Nematodos.....	104
6.4.1	Caracteres generales.....	104
6.4.2	Nematodos ascáridos.....	105
6.4.3	Vermes trichuridos.....	109
<b>CAPÍTULO III.</b>		
<b>CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS.....</b>		<b>114</b>
1	Por las verduras y por las frutas.....	117
2	Por los animales.....	118
3	Por las aguas residuales.....	122
4	Por el suelo.....	122
5	Por el agua.....	124
6	Por el aire.....	128
7	Durante su manipulación y tratamiento (piel, fosas nasales y garganta).....	133
<b>CAPÍTULO IV.</b>		
<b>PRINCIPIOS GENERALES EN LOS QUE SE BASA LA ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS.....</b>		<b>138</b>
1	Aptitud o ineptitud de los alimentos para el consumo.....	138
1.1	Conveniente estado de desarrollo o madurez.....	138
1.2	Ausencia de contaminación en cualquiera de las fases de su producción o manipulación.....	139
1.3	Ausencia de modificaciones molestas debidas a la invasión de microorganismos o a la actividad de los	139




enzimas del alimento.....	
2 Causas de alteración.....	140
3 Clasificación de los alimentos por la facilidad con que se altera.....	140
3.1 Alimentos estables o no perecederos.....	140
3.2 Alimentos semiperecederos. ....	141
3.3 Alimentos perecederos. ....	141
4 Modificaciones químicas ocasionadas por microorganismos	141
4.1 Modificaciones de los compuestos orgánicos nitrogenados.....	142
4.2 Modificaciones de los compuestos no nitrogenados.....	143
4.3 Hidratos de carbono.....	144
4.4 Ácidos orgánicos.....	145
4.5 Otros compuestos.....	146
4.6 Lípidos.....	146
4.7 Sustancias pépticas.....	146

## **CAPITULO V.**

### **MECANISMOS Y FUNDAMENTOS DE LA PREVENCIÓN DE LAS ALTERACIONES MICROBIANAS DE LOS ALIMENTOS.....**

148

1 Aspecto ecológicos generales de la alteración de los alimentos.....	149
2 Factores intrínsecos en la alteración de los alimentos (limitaciones del sustrato).....	155
3 Factores extrínsecos (limitaciones ambientales).....	172
4 Efectos del procesado o tratamiento.....	178
5 Influencias implícitas sobre la alteración.....	193
5.1 Definición.....	193
5.2 Velocidad de crecimiento.....	193
5.3 Sinergismo: interacciones microbianas positivas.....	194

5.4 Interacciones microbianas que cooperan en el antagonismo.....	198
6 Visión de conjunto.....	206
 <b>CAPITULO VI.</b>	
<b>INTERACCIONES MICROBIANAS Y ECOLOGÍA MICROBIANA....</b>	<b>209</b>
1 Fundamentos de la ecología microbiana.....	211
2 Interacciones microbianas.....	213
3 Interacciones en los ciclos de los nutrientes.....	227
4 Manipulación postcosecha de los alimentos de origen vegetal.....	234
4.1 Factores que determinan la calidad en el momento de la recolección.....	234
4.1.1 Factores pre-recolección.....	234
4.1.2 Madurez en la recolección.....	237
4.1.3 Métodos de recolección.....	239
5 Manipulación tras su obtención de los alimentos de origen animal.....	241
5.1 Manipulación post-mortem de la carne.....	241
 <b>CAPITULO VII.</b>	
<b>PREVENCIÓN DEL USO INCORRECTO DE LOS ALIMENTOS DESPUÉS DE LA ELABORACIÓN.....</b>	<b>261</b>
1 Introducción.....	261
2 Microflora inicial.....	266
3 Transporte.....	269
4 Almacenamiento y estiba.....	277
5 Preparación para el consumo.....	285
 <b>V. REFERENCIALES.....</b>	<b>304</b>




<b>VI. APÉNDICES</b> .....	314
Figuras, gráficas de las fuentes de información y son el respaldo del texto.....	314
<b>VII. ANEXOS</b> .....	326
Las tablas, gráficas Taxonomicas de las fuentes de clasificación.....	326



## II. PRÓLOGO

Los alimentos que consumen el hombre son de origen vegetal y animal, y es importante conocer las vías de contaminación microbiana, estas fuentes de donde procede dicha contaminación y los fundamentos biológicos de la flora microbiana asociada a las plantas y a los animales en sus hábitats naturales y sus respectivos papeles. Si bien a veces parece que los microorganismos intentan aniquilar nuestras fuentes de alimentos infectando y matando a plantas y animales, incluidas a las personas, éste no es, de ningún modo, su principal papel en la naturaleza.

En actual perspectiva de vida en el planeta, los microorganismos tienen como principal función la reciclar toda la materia orgánica en general de esta manera cumplen su rol biológico con mucha eficiencia dentro de todo ecosistema en nuestro planeta.

Durante la producción, elaboración, transformación y almacenamiento de los productos vegetales y animales tiene lugar un incremento o una reducción de la flora contaminante original y la adquirida durante el transporte, por contactar con aparatos, a partir de los manipuladores de alimentos o por la adición de productos complementarios. Permanentemente para el especialista en alimentos, debe evitar la suciedad y la contaminación mediante medidas higiénicas, teniendo en cuenta que el aire, la temperatura y el agua constituyen normalmente los principales factores en el proceso de contaminación alimentaria. Como consecuencia de la actividad de los microorganismos se producen en los alimentos diferentes transformaciones químicas y a veces físicas, que generalmente determinan una pérdida de calidad, del sabor y de consistencia y que en ocasiones alteran totalmente al alimento dejándolo no apto para el consumo humano y animal. Es por ello la importancia que tiene el estudio a profundidad; referente a los principios de la



contaminación y la alteración dentro de la formación profesional del ingeniero alimentario.

En ese sentido, esta monografía puede ser considerada una reivindicación de lo que debe ser la Microbiología de los alimentos. Tras ese título, se esconde el desarrollo de una serie de temas que bien podrían ubicarse bajo títulos más de moda como son la BPM, BPH y otras, en el que se apoyan las nuevas tecnologías que en todo el mundo se están desarrollando y así poder controlar la contaminación y subsecuente alteración de los alimentos.

El libro se divide en siete capítulos:

**CAPÍTULO I:** Alcance de la microbiología de los alimentos; contaminación y alteración de alimentos, definiciones y principios básicos.- Microorganismos y alimentos

**CAPITULO II:** Principales características taxonómicas y determinativas de los organismos de importancia en los alimentos.- Fundamentos de agrupación

**CAPÍTULO III:** Contaminación de los alimentos y sus vías

**CAPÍTULO IV:** Principios generales en los que se basa la alteración de los alimentos.- Causas de alteración

**CAPITULO V:** Mecanismos y fundamentos de la prevención de las alteraciones microbianas de los alimentos. Visión de conjunto

**CAPITULO VI:** Interacciones microbianas y ecología microbiana.- Interacciones en los ciclos de los nutrientes



**CAPITULO VII: Prevención del uso incorrecto de los alimentos después de la elaboración**

El presente libro que combina todas las vías de contaminación, los microorganismos y alimentos que pueden injuriar y por consiguiente alterar, este conocimiento es muy importante para el campo de ciencia tecnología. Es una fuente valiosísima para el tecnólogo de los alimentos práctico e investigador, los ingenieros y científicos y es un texto valioso para los estudiantes de pre grado y los graduados en alimentos, ciencias biológicas e ingeniería.

Redactar un texto es un proceso sin fin y por consiguiente el autor agradecerá que se le remitan nueva información y comentarios a fin de realizar futuras ediciones. Confío que el presente texto sea atrayente, explicativo enriquecedor para el público en general.

**ARTURO MARIANO GARCIA MERINO**



### III. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los alimentos describe como la presencia de cualquier materia extraña en el alimento que comprometa su calidad para el consumo humano; esta materia extraña puede ser física química y biológica que hace al alimento no apto para el consumo.

Lo concerniente al presente texto se hace referencia a los peligro biológicos como son bacterias, hongos, virus y Parásitos presente en los alimentos; que hacen al alimento no inocuo y atentan contra la salud de los consumidores quienes demandan alimentos con una calidad cada vez mayor y esperan que esa calidad se mantenga durante el periodo entre su adquisición y su consumo.

Desde que el alimento se origina; producción primaria (alimentos de origen fitogeno o zoogeno), hasta que llega al consumidor final pasa por diversas fases, que van desde la cosecha o la cría, hasta el transformado. El alimento, durante estas fases es sometido a la manipulación de distintas personas, como son el productor, el transportista, el proveedor, el procesador, el cocinero, el ama de casa, y en todas ellas, el alimento puede sufrir procesos de contaminación, deterioro y/o alteración.

La contaminación biológica es una de las más importantes y a su vez la podemos dividir en tres grupos:

**Enzimáticas;** Por acción de las enzimas del propio alimento, ejemplo; ablandamiento de las carnes, pescados, frutas y verduras.

**Parasitarias;** Debidas a las infecciones por insectos, roedores, pájaros, etc. Importantes tanto por las pérdidas económicas que suponen como por el daño que producen sobre el alimento, poniéndolo a disposición de infecciones provocadas por microorganismos. Ejemplos; gorgojos en las legumbres, larvas (gusanos) en quesos y jamones, ratas y ratones.

**Microbiológicas;** debidas a los microorganismos que son los



responsables de las alteraciones más frecuentes y graves. Dependiendo de las características del alimento (acidez, humedad, nutrientes, contenido en oxígeno, etc.), se desarrollarán con más facilidad unos microorganismos que otros, por lo que estas características van a condicionar el tipo de alteración. Ejemplos; leches que se cortan, productos azucarados como mermeladas que se llenan de hongos...

Un alimento está alterado cuando en él se presentan cambios que limitan su aprovechamiento.

El agente alterante es aquel que los inhabilita, total o parcialmente, para el consumo humano, bien sea:

- Por causar una pérdida sustancial en su valor nutritivo
- Por conferirle un aspecto repulsivo
- Por ser tóxico o patógeno

El alimento alterado tiene modificadas sus características organolépticas y no son aptos para el consumo, sin que ello suponga siempre que sean peligrosos para la salud.

Un alimento se considera alterado cuando es considerado por los consumidores como inaceptable, debido a sus características sensoriales. Estas generalmente incluyen la apariencia, el sabor, el olor y la textura del alimento; son subjetivas y dependen de consideraciones culturales o de cambios en la agudeza de cada consumidor para percibir cambios. Las alteraciones de los alimentos dependen de sus propias características, de su microbiota presente y del ambiente que rodea al alimento.

Dependiendo de estas condiciones se desarrollarán diferentes microorganismos, algunos de los cuales pueden causar alteración o deterioro. Tales microorganismos pueden estar presentes en la materia prima o tener acceso al alimento en alguna etapa del proceso de transformación; es difícil evitar su presencia y una vez contaminado el alimento, si se mantiene por periodos largos bajo condiciones adecuadas



para la multiplicación microbiana, finalmente será inaceptable para el consumidor. Para crecer, los microorganismos requieren de disponibilidad de nutrientes adecuados, condiciones gaseosas apropiadas, temperatura y pH, suficiente agua libre y ausencia de sustancias inhibitorias. Si alguno de estos factores no se encuentra en el rango necesario, no habrá crecimiento. Existen muchos tipos de microorganismos con diferentes requerimientos, de tal forma que un alimento puede ser propicio para que desarrolle cierto microorganismo pero no para otros. Por lo general la microbiota de los alimentos es compleja y la predominancia de un grupo de microorganismos dependerá de mayor o menor adaptación al medio, en comparación los demás.

Una conservación adecuada de los alimentos es imprescindible para evitar las alteraciones naturales y la proliferación y contaminación por microorganismos, dependiendo la forma de conservar de la naturaleza de los mismos. Para ello es necesario evitar la contaminación de los alimentos, poniendo especial atención en los puntos de entrada de microbios.



#### **IV. CONTENIDO**

### **CAPÍTULO I: ALCANCE DE LA MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS; CONTAMINACION Y ALTERACION DE ALIMENTOS, DEFINICIONES Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

#### **1. Microorganismos y alimentos**

Los alimentos que consumimos, raramente por no decir nunca, son estériles sino que contienen asociaciones microbianas cuya composición depende de que organismos llegan a él y de como se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento en el transcurso del tiempo. Los microorganismos existentes en un alimento procederan tanto de la microflora propia de la materia prima como de los microorganismos introducidos durante las operaciones de recolección/sacrificio, tratamiento, almacenamiento y distribución. La proporción numérica entre los diversos tipos será determinada por las propiedades del alimento, por la atmósfera donde se almacena, por las propiedades de los propios organismos y por los efectos del tratamiento.

En la mayoría de los casos, esta microflora no ejerce un efecto aparente por lo que el alimento es consumido sin reparo y sin consecuencias adversas. No obstante, algunas veces los microorganismos manifiestan su presencia en una de estas formas:

- (i) pueden causar alteración;
- (ii) causan una enfermedad transmitida por el alimento;
- (iii) pueden transformar las propiedades de un alimento de una forma beneficiosa - fermentación del alimento.

#### **2. Contaminación/alteración de los alimentos**

Desde los tiempos más antiguos, es probable que el almacenamiento de los frutos en nuez y de los granos de cereales



estables como provisión de invierno haya sido un rasgo característico compartido por algunos otros mamíferos, pero con el advenimiento de la agricultura, si las pautas del crecimiento estacional tenían que ser utilizadas de modo más eficaz, el almacenamiento seguro de la producción de excedentes adquirió mayor importancia. Fueron puestas en práctica empíricamente las técnicas de conservación de alimentos basadas en fundamentos microbiológicos correctos, a pesar de que en aquel entonces se desconocían, para detener o retardar los procesos naturales de la putrefacción. En casi todas las partes del mundo los alimentos fundamentales eran las semillas -arroz, trigo, sorgo, mijo, maíz, avena y cebada- que se conservarían durante una o mas temporadas si se secaban convenientemente y parece probable que la mayoría de los métodos de conservación de los alimentos, más primitivos, dependían principalmente de la reducción de la actividad de agua en forma de desecación solar, salazón, conservación en soluciones concentradas de azúcar o de ahumado sobre una hoguera.

La revolución industrial que se inició en Gran Bretaña a finales del siglo XVIII dio un nuevo empuje al desarrollo de las técnicas de conservación de alimentos. Originó un crecimiento masivo de la población en los nuevos centros industriales a la que se tuvo que alimentar de algún modo; problema que algunos creyeron que nunca sería resuelto de modo satisfactorio. Con frecuencia estas opiniones estaban basadas en la obra del clérigo Thomas Maltus quien en su «Essay on Population» advertía que la consecuencia inevitable del crecimiento exponencial de la población y del crecimiento aritmético de la productividad industrial sería la superpoblación y la inanición masiva. De hecho se ha comprobado que esto no es así ya que el siglo XIX contemplo la aparición de importantes industrias de conservación de alimentos en base al uso de la refrigeración, del envasado y de la congelación y la primera importación a gran escala de alimentos procedentes de productores distantes.



Hasta la fecha, no estamos libres de los problemas relativos a la superpoblación. Globalmente existen alimentos suficientes para alimentar a la población mundial, calculada en 5.300 millones de personas en 1990. En los últimos años, la producción mundial de granos de cereales ha sido más que regulada para ajustarla a la población creciente, por lo que el Consejo de Alimentación y Agricultura de la Organización Mundial de la Salud considera que las actuales y nacientes capacidades relativas a la producción y conservación de alimentos garantizarían el abastecimiento suficiente de alimentos inocuos y nutritivos hasta el año 2100 y después, cuando está previsto que la población mundial alcance una cifra de más de 7 mil millones.

Sin embargo, existe poco motivo de satisfacción. A pesar de la suficiencia global, se admite que un elevado porcentaje de la población está desnutrida. Sin embargo, la causa principal de esta situación no es la escasez, sino la pobreza que se estima que deja a una quinta parte de la población mundial sin los medios para satisfacer sus necesidades diarias. Cualquier solución a largo plazo a esta situación se debe basar en la mejora del estado económico de aquellos habitantes que viven en los países más pobres y de aquí que esta, a su vez, es probable que acarree un descenso del índice de crecimiento parecido al observado en los últimos años en los países más ricos.

En cualquier caso, será necesario que el abastecimiento mundial de alimentos aumente para ajustarse al aumento de la población y éste tiene sus propios costes ambientales y sociales en términos de la más intensiva explotación de los recursos terrestres y marinos. Una forma de suavizar este problema consiste en reducir las importantes pérdidas que tienen lugar antes y después de su recolección, de modo especial en los países en desarrollo en los que los problemas del abastecimiento de alimentos son con frecuencia más acuciantes. Se ha calculado que las pérdidas



medias en los cereales y legumbres sobrepasan el 10% mientras que cuando se trata de productos mas perecederos como son los alimentos amiláceos y las hortalizas, la cifra es superior al 20%; estimándose que aumenta hasta un 25% en el caso de productos muy perecederos tales como el pescado. En términos absolutos, la Academia de Ciencias de los EE UU ha estimado que las pérdidas de cereales y legumbres en los paises en desarrollo son del orden de 100 millones de toneladas, cantidad que sería suficiente para alimentar a 300 millones de personas.

Evidentemente, la reducción de estas pérdidas puede contribuir en gran manera en la alimentación de la población mundial. Si bien no es realista pretender que la microbiología de los alimentos ofrezca todas las soluciones, la pericia del microbiólogo de alimentos puede suponer una importante contribución. En parte, ésta consistirá en contribuir a divulgar la aplicación de los conocimientos y técnicas corrientes aunque tambien existe una evidente necesidad de métodos sencillos, de poco coste y eficaces para mejorar el almacenamiento y la conservación de los alimentos. Sin embargo, para el microbiólogo de alimentos el problema no desaparecerá como consecuencia de programas de desarrollo eficaces. La creciente prosperidad conducirá a cambios en las pautas de consumo de alimentos y a demandas cambiantes en la industria alimentaria. Se ha demostrado que los aumentos de la renta en las personas pobres llevan consigo un aumento de la demanda de los alimentos básicos mientras que en las personas más acomodadas conducen a un aumento de la demanda de productos animales más perecederos. Para aportar una abundancia cada vez mayor y una población urbana en desarrollo será necesaria una ampliacion masiva de una red de distribución segura y habrá demandas masivas del microbiólogo de alimentos.

### **3. Inocuidad de los alimentos**

Además de su valor indudable, desde antiguo los alimentos han sido



relacionados con la transmisión de enfermedades. En numerosas fuentes escritas de la antigüedad, como por ejemplo en el Antiguo Testamento, así como en documentos de Confucio, del hinduismo y del islam, se pueden encontrar normas que regulan la higiene de los alimentos. Estas primeras referencias escritas tenían, cuando más, un concepto vago de las verdaderas causas de la enfermedad transmitida por alimentos y algunas de sus normas probablemente tenían una ligera influencia en su incidencia. Incluso hoy día, a pesar de que se sabe más sobre la misma, «la enfermedad transmitida por alimentos es el problema sanitario más universal en el mundo contemporáneo y una causa importante de reducida productividad económica» (OMS, 1992). Las pruebas existentes indican claramente que los contaminantes biológicos son su causa principal. Los modos diversos mediante los que los alimentos pueden transmitir la enfermedad.

#### **4. Fermentación**

No obstante, los microbios pueden desempeñar un papel positivo en los alimentos. Pueden ser consumidos como alimentos existentes en los mismos como ocurre en los casos de los hongos comestibles, de la micoproteína y de las algas.

También pueden llevar a cabo transformaciones deseables en un determinado alimento, modificando sus propiedades de un modo que es beneficioso.

#### **5. Definiciones**

##### **Inocuidad de los alimentos**

concepto que implica que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con su uso previsto.

##### **Cadena alimentaria**



secuencia de etapas y operaciones implicadas en la producción, procesamiento, distribución, almacenamiento y manipulación de un alimento y sus ingredientes, desde la producción primaria hasta el consumo.

### **Peligro para la inocuidad**

Agente biológico, químico o físico presente en el alimento o condición del alimento, que puede ocasionar un efecto adverso a la salud.

### **Producto final**

producto que no será sometido a procesamiento o transformación adicional por la organización.

### **Medida de control**

<inocuidad de los alimentos> acción o actividad que puede ser usada para prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad (3.3) o reducirla a un nivel aceptable.

## **6. Principio básico: Garantía de la calidad microbiológica**

La microbiología de los alimentos es, sin duda alguna, una ciencia aplicada y el cometido principal del microbiólogo de alimentos es el de contribuir a garantizar al consumidor un abastecimiento de alimentos salubres e inocuos. Para ello se requiere la síntesis y la aplicación sistemática de nuestros conocimientos acerca de la ecología microbiana de los alimentos y acerca de los efectos del tratamiento para resolver el problema práctico de producir, económica y constantemente, alimentos que reúnan calidades de conservación y sean inocuos para consumir. (17), (24), (30), (37), (44), ISO 22000.



## CAPITULO II: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS Y DETERMINATIVAS DE LOS ORGANISMOS DE IMPORTANCIA EN LOS ALIMENTOS

### 1. Fundamentos de agrupación

Los microorganismos no se encuentran aislados, sino que su número suele ser muy elevado por unidad de volumen o por unidad de superficie. Por consiguiente, allí donde se encuentran son muy abundantes. Además suelen formar agrupaciones de varios microorganismos que interaccionan entre sí: unos pueden usar como alimento los productos residuales de otros, o pueden ser atacados por los vecinos que compiten por el mismo alimento. Estas interacciones dan lugar a sucesiones de microorganismos: la microflora de una superficie, de un alimento o del interior de una cavidad abierta del cuerpo puede variar con el tiempo.

La importancia de los microorganismos en los alimentos es más evidente. La **producción de alimentos** por técnicas microbiológicas es una actividad de larga historia: los microorganismos alteran los constituyentes de los alimentos de forma que los estabilizan permitiendo su mayor duración y, además, proporcionan compuestos que confieren sabores característicos a los alimentos por ellos producidos. Esta faceta se complementa con la acción de **microorganismos alterantes** de los alimentos y responsables de su deterioro de forma que se hagan inaceptables por los consumidores. (FRAZIER pp: 75)

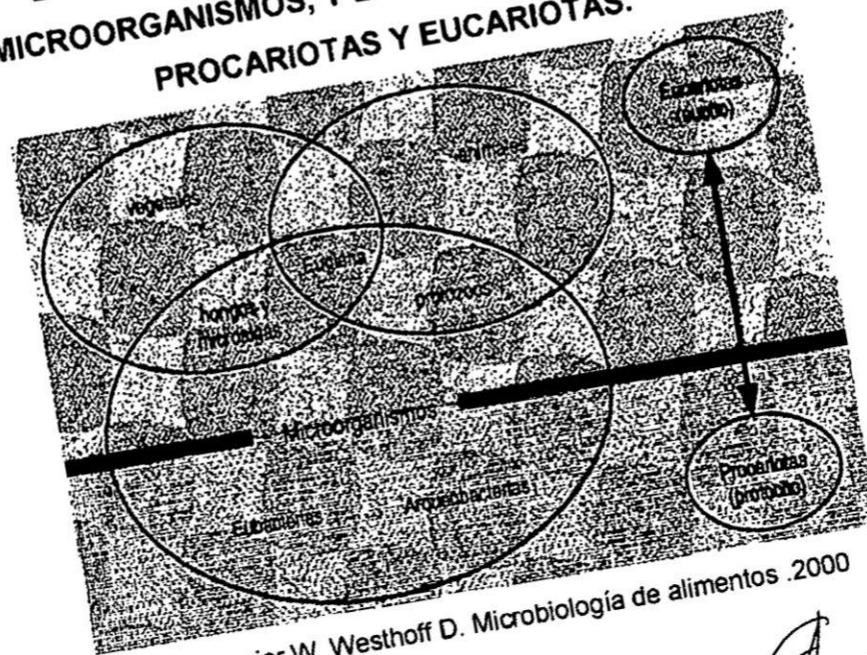
#### 1.1. Procariotas y eucariotas

La unidad física básica de los organismos es la célula; es la unidad viva menor. La composición de sustancias es común a todos los seres vivos. Los componentes básicos de la célula son el ácido



desoxirribonucleico (DNA), el ácido ribonucleico (RNA), las proteínas, los lípidos y los fosfolípidos. No obstante, el estudio en detalle de la composición y estructura fina de distintos tipos celulares ha revelado diferencias significativas entre las bacterias y las cianobacterias por una parte, y los animales y los vegetales por otra, aun incluyendo a los representantes microscópicos más pequeños de estos últimos. Estas diferencias son tan profundas, que los dos grupos se pueden contraponer con las denominaciones de procariotas y eucariotas. En los procariotas hay que ver las reliquias de los primeros tiempos de la evolución de los organismos, y su evolución hasta los eucariotas plantea la mayor discontinuidad en la evolución de los organismos. En la figura 2.1 se representa gráficamente la división de los organismos en los tres grupos superiores principales, así como su división en dos grandes mundos, el de los **procariotas** y el de los **eucariotas**.

**FIGURA N° 2.1**  
**LOS TRES REINOS, VEGETALES, ANIMALES Y**  
**MICROORGANISMOS, Y LA DIFERENCIACIÓN ENTRE**  
**PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS.**



Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000

*[Firma]*

*[Firma]*

Los **eucariotas** tienen un verdadero núcleo (karyon). En él se encuentra la mayor parte del genoma de la célula eucariota. El genoma se distribuye en una serie de cromosomas, que tras su duplicación se separan en el proceso denominado mitosis. En los cromosomas el DNA se encuentra asociado a histonas. La célula eucariota contiene orgánulos, las mitocondrias y (en los vegetales) los cloroplastos; éstos contienen otra parte del genoma, muy pequeña, y en forma de molécula de DNA circular y cerrada. Los ribosomas son grandes (80S).

Los procariotas carecen de un núcleo rodeado por una membrana. El DNA se presenta en forma de una hebra circular cerrada libre en el citoplasma. Este cromosoma bacteriano lleva toda la información necesaria para la reproducción de la célula. Junto a él pueden presentarse pequeñas moléculas circulares, cerradas de DNA, los plásmidos; no obstante, éstos no son imprescindibles. La célula procariota no presenta orgánulos; la subdivisión de la célula en compartimentos es mucho menos acusada que en la célula eucariota. Los ribosomas son pequeños (70S). La naturaleza de los ribosomas y de los enzimas implicados en la síntesis proteica, así como la composición de la pared celular procariota, son la causa de la acción específica de varios antibióticos.

Morfológicamente los procariotas están relativamente poco diferenciados.

Según su aspecto sólo puede diferenciarse unas pocas formas, que generalmente se reducen a la esfera y al cilindro recto o curvado como formas básicas. A esta "uniformidad" se opone una versatilidad y flexibilidad fisiológicas sin par. Mientras que los animales y las plantas necesitan siempre oxígeno, muchos grupos de procariotas pueden vivir en ausencia de aire (en condiciones



anaeróbicas), y de extraer la energía necesaria para el crecimiento a través de fermentaciones o respiraciones anaeróbicas.

Otros grupos pueden utilizar la energía luminosa y obtener el material celular a partir de compuestos orgánicos o de anhídrido carbónico. Además, otras bacterias son capaces de obtener energía por oxidación de compuestos o elementos inorgánicos. También está ampliamente extendida la capacidad de fijar el nitrógeno molecular.

El hecho de que los procariotas se hayan convertido en los últimos treinta años en el objeto preferido de la Biología general se debe a esta multiplicidad y flexibilidad fisiológicas, a las elevadas tasas de síntesis y al rápido crecimiento, a la sencilla constitución celular, y a la estructura poco complicada del material celular. Esta circunstancia, así como el limitado espacio, son suficientes para justificar que la presente introducción a la Microbiología se ocupe preferentemente de la biología de las bacterias.

## **2. Bacterias**

### **2.1. Caracteres morfológicos importantes en bacteriología de los alimentos**

Uno de los primeros pasos de la identificación de las bacterias de un determinado alimento es su observación al microscopio con el fin de determinar la forma, tamaño, agrupación, estructura y reacciones de tinción de las existentes en el mismo. Pueden tener especial importancia los caracteres morfológicos que a continuación se describen.

#### **Producción de cápsulas**

La existencia de bacterias provistas de cápsula (Figura 2.28) o rodeadas de mucilago, puede explicar la mucosidad o viscosidad de

un determinado alimento. Además, las cápsulas sirven para aumentar la resistencia de las bacterias a las condiciones desfavorables del medio, como, por ejemplo, su resistencia a las temperaturas elevadas y a los agentes químicos. Para el propio microorganismo pueden ser útiles como fuente de nutrientes de reserva. La mayoría de las cápsulas bacterianas están constituidas por polisacáridos de dextrina, de dextrano o de levano.

### **Producción de endosporas**

Las bacterias de los géneros ***Bacillus***, ***Clostridium***, ***Desulfotomaculum***, ***Sporolactobacillus*** (bacilos) y ***Sporosarcina*** (cocos) comparten la capacidad de producir endosporas (Figura 2.29). Para el microbiólogo de alimentos son de capital interés las especies esporógenas de los géneros- ***Bacillus*** (aerobias y algunas anaerobias facultativas) y ***Clostridium*** (anaerobias). Las endosporas se forman en un determinado sitio del interior de la célula, son muy refringentes, y resistentes al calor, a la luz ultravioleta, y a la desecación. La lisis de la célula vegetativa deja en libertad a la endospora, la cual puede permanecer en estado de latencia durante años sin que se pueda descubrir en ella signo alguno de actividad metabólica. El ciclo completo de la célula vegetativa desde su esporulación hasta la fase de espora libre, la posible existencia de una fase de latencia de larga duración, así como la ulterior germinación de la espora y la aparición de un crecimiento desmesurado, a partir del cual se origina una nueva célula vegetativa, es extraordinariamente complejo.

La esporulación suele tener lugar al final de la fase de crecimiento logarítmico, posiblemente como consecuencia del agotamiento de los nutrientes del medio, o de la acumulación en el mismo de productos resultantes del metabolismo de las células bacterianas.



Durante su transición desde célula vegetativa a espora, esta se vuelve refringente, capta una gran cantidad de iones de  $\text{Ca}^{2+}$  y en ella tiene lugar la síntesis de ácido dipicolínico (DPA), compuesto del cual carecen las células vegetativas. La adquisición de termorresistencia por parte de la espora que se está formando, está íntimamente relacionada tanto con la síntesis de DPA, como con la captación de iones de  $\text{Ca}^{2+}$ . En general, la germinación de la espora es estimulada por las condiciones que favorecen el crecimiento de las células vegetativas, aunque puede tener lugar bajo condiciones que no permiten el citado crecimiento, por ejemplo, a bajas temperaturas. Desencadenan la germinación de las esporas, las mezclas de aminoácidos, los iones de  $\text{Mg}^{2+}$  y de  $\text{Mn}^{2+}$ , la glucosa, el ácido pícólico con el concurso de los iones de  $\text{Ca}^{2+}$ , y el choque térmico o radiación calorífica que activa enzimas latentes. Los valores correspondientes tanto a la temperatura como a la duración del choque térmico, óptimos para desencadenar la germinación de la espora, dependen del tipo de ésta, teniendo el tratamiento térmico para destruir las esporas de las bacterias termófilas, por ejemplo, mayor duración que el que se utiliza para destruir las esporas de las bacterias mesófilas. El ácido sorbico a pH ácido, algunos cationes divalentes, el almidón, y el ácido oleico y linoleico, inhiben la germinación de las esporas.

El <letargo> de las esporas ha sido descrito como una germinación retardada (y un crecimiento desmesurado) bajo condiciones claramente favorables para ello. No obstante, las esporas no germinan probablemente porque las condiciones del medio son desfavorables, cosa que ocurre cuando en el mismo existen sustancias inhibitoras o faltan nutrientes esenciales, por ejemplo aminoácidos.



Algunas esporas es posible que germinen, pero no crecen, mientras que otras pueden haber sido dañadas por el calor, por las radiaciones, o por otros agentes, de forma que, para crecer, necesitan un medio más complejo o más especializado que aquel en el cual crecieron las bacterias que las originaron. Se han descrito casos de esporas que han tardado en germinar desde algunos días a varios meses; por ejemplo, se ha citado un estado de latencia en esporas de *Bacillus megaterium* que duro desde unos días a 3 o 4 meses y de 15 a 72 días en esporas de *Clostridium botulinum*.

### **Formación de agregados de células bacterianas**

Es típica de determinadas bacterias la formación de largas cadenas de células, mientras que otras se caracterizan porque, bajo determinadas condiciones, forman agregados celulares. Resulta más difícil destruir la totalidad de las bacterias que forman parte de cadenas entrecruzadas o de agregados de tamaño considerable, que destruir células bacterianas aisladas.

### **2.2. Caracteres de los cultivos, importantes en bacteriología de los alimentos**

El crecimiento de las bacterias, tanto en el interior de los alimentos como en la superficie de los mismos, suele ser lo suficientemente abundante como para proporcionarles un aspecto desagradable o para convertirlos en perjudiciales. Las bacterias que producen pigmentos modifican el color de la superficie de los alimentos; la superficie de los líquidos puede estar recubierta por una película debida al crecimiento de bacterias; el crecimiento bacteriano puede comunicar viscosidad a la superficie de los alimentos; y el crecimiento de bacterias en toda la masa de los líquidos puede producir una turbiedad o un sedimento no deseables.



### **Propiedades fisiológicas importantes en bacteriología de los alimentos**

Al bacteriólogo le preocupan tanto el crecimiento y la actividad de las bacterias (y de los demás microorganismos) existentes en los alimentos, como las reacciones químicas concomitantes. Estas reacciones incluyen el desdoblamiento hidrolítico de los hidratos de carbono complejos en otros más sencillos; el desdoblamiento hidrolítico de las proteínas en polipéptidos, aminoácidos, y amoníaco o aminas; y el desdoblamiento hidrolítico de las grasas en glicerol y ácidos grasos.

Las reacciones de O-R utilizadas por las bacterias para obtener energía de los alimentos (hidratos de carbono, otros compuestos de carbono, compuestos sencillos de carbono y de nitrógeno, etc.) originan, como productos resultantes de las mismas, ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, cetonas y gases. Para comprender los fundamentos tanto de la conservación de alimentos como de las alteraciones que éstos experimentan, es indispensable conocer los factores que estimulan o inhiben la actividad y el crecimiento de las bacterias.

### **2.3. Géneros de bacterias importantes en bacteriología de los alimentos**

La revisión que sigue a continuación, pone de relieve los caracteres de los géneros de bacterias que los hacen importantes en los alimentos, prestando menor atención a los caracteres que se utilizan para clasificarlas e identificarlas.

**Género *Acetobacter*.** Estas bacterias oxidan el alcohol etílico a ácido acético. Tienen forma bacilar, son inmóviles y se encuentran en las frutas, en las hortalizas, en las frutas ácidas y en las bebidas



alcohólicas. Su presencia en las bebidas alcohólicas constituye una causa concreta de alteración.

**Género *Aeromona*.** Son anaerobios facultativos y pueden ser psicrófilos. Se aíslan con frecuencia en medios acuáticos. *A. hydrophila* puede ser patógena para el hombre; también puede ser patógena para otros mamíferos, así como para los peces y para las ranas.

Se trata de bacterias gramnegativas (grampositivas en cultivos viejos), bacilares o pleomórficas y estrictamente aerobias. Se distribuyen en los géneros *Acetobacter* y *gluconobacter*, según tengan o no capacidad de oxidar el acetato. Pueden considerarse filogenéticamente próximas al grupo *Pseudomonas*.

Además de la fermentación acética, pueden formarse ácido glucurónico de la glucosa, sorbosa del sorbitol, deshidroxiacetona de la glicerina y 5-cetogluconato de la glucosa. Las bacterias del ácido acético oxidan muchos alcoholes y ácidos orgánicos como el pirúvico y el láctico; algunas de ellas producen celulosa (caso único en las bacterias). *Gluconobacter* es siempre catalasa positivo, pero dentro del género *Acetobacter* la prueba de la catalasa puede dar una reacción débil o incluso nula.

La característica metabólica que define al grupo es la capacidad de oxidarlos completamente. A pesar de tratarse de microorganismos aerobios, acumulan en el medio en que crecen una gran cantidad de catabolitos diferentes.

Las bacterias del ácido acético pueden aislarse fácilmente del vinagre y también del vino, la cerveza o los zumos de frutas agriados.



### **Especies**

*Acetobacter aceti*; *Acetobacter calcoaceticus*; *Acetobacter cerevisiae*; *Acetobacter cibernongensis*; *Acetobacter diazotrophicus*; *Acetobacter estunensis*; *Acetobacter indonesiensis*; *Acetobacter lovaniensis*; *Acetobacter malorum*; *Acetobacter orientalis*; *Acetobacter orleanensis*; *Acetobacter pasteurianus*; *Acetobacter peroxydans*; *Acetobacter polyoxogenes*; *Acetobacter pomorum*; *Acetobacter subgen. Acetobacter aceti*; *Acetobacter syzygii*; and *Acetobacter tropicali*.

**Género *Aeromonas*.** Las especies de este género son bacilos gramnegativos cuya temperatura óptima de crecimiento está comprendida entre 22 y 28°C. Son anaerobios facultativos y pueden ser psicrófilos. Se aíslan con frecuencia en medios acuáticos. *A. hydrophila* puede ser patógena para el hombre; también puede ser patógena para otros mamíferos, reservorio en Organismos acuáticos, Modo de transmisión: Productos marinos, agua.

**Género *Alcaligenes*.** Como indica su nombre, en el medio donde crece se suele originar un pH básico. *A. viscolactis*\* produce viscosidad en la leche, y *A. metalcaligenes*\* produce un crecimiento mucoso en la superficie del requesón.

Estos microorganismos proceden del estiércol, de los piensos, del suelo, del agua, y del polvo. Este género también incluye a microorganismos que antaño se incluían en el género ***Achromobacter***,

**Género *Alteromonas*.** Algunas de las antiguas especies de *Pseudomonas*, se incluyen actualmente en el género *Alteromonas*. Se trata de microorganismos marinos que pueden tener importancia en los alimentos marinos.



**Género *Arthrobacter*.** Es un microorganismo muy abundante en el suelo que carece de actividad en la mayoría de los alimentos. No obstante, algunas especies son capaces de crecer a 5°C y por esta razón podrían ser consideradas psicrótrofas.

**Género *Bacillus*.** Las endosporas de las especies de este género, que puede ser desde aerobio a facultativo, no suelen deformar el cuerpo de los bacilos en los cuales se originan. Las diferentes especies pueden ser mesófilas o termófilas, proteolíticas potentes, débilmente proteolíticas o carecer de esta actividad, pueden producir gas o no producirlo, y ser lipolíticas o carecer de esta actividad. *B. subtilis*, *B. stearothermophilus*, *B. coagulans*, *B. cereus*, *B. polymyxa* y *B. macerans*, *B. coagulan*. El suelo es un importante origen de especies del género *Bacillus*.

**Género *Brevibacterium*.** La especie *B. linens* está emparentada con la especie *Arthrobacter globiformis* y es posible que estas dos denominaciones correspondan al mismo microorganismo. *B. linens* puede tener importancia en la producción de manchas en la superficie de determinados quesos, como por ejemplo en la del queso de barra o de Limburger en el que el crecimiento de esta especie produce una coloración rojo-anaranjada y contribuye a madurarlo.

**Género *Brochotrix*.** Las especies de este género son bacilos grampositivos capaces de producir cadenas de gran longitud que parecen filamentos, los cuales se pueden plegar para formar acúmulos intrincados de cadenas de bacilos. Su temperatura óptima de crecimiento está comprendida entre 20 y 25°C, aunque, dependiendo de la cepa de que se trate, son capaces de crecer dentro de un intervalo de temperaturas comprendido entre 0 y 45°C.



Son capaces de alterar muy diversos tipos de carnes y productos cárnicos que se conservan bajo refrigeración, tanto si se almacenan en aerobiosis como si están envasados al vacío. La única especie catalogada es ***B. thermosphacta***.

**Género *Campylobacter***. Las bacterias de este género fueron clasificadas primeramente como pertenecientes al género ***Vibrio***. Son oxidasa positiva, catalasa positiva, gramnegativas, curvadas, y en forma de S o en forma de espiral.

Crece mejor en medios con baja tensión de oxígeno. Se han relacionado varias cepas de ***C. fetus*** subespecie ***jejuni*** con la gastroenteritis de las personas.

**Género *Clostridium***. Las endosporas de las especies de este género de bacterias, que pueden ser desde anaerobias a microaerófilas, suelen deformar uno de los extremos o la parte media de los bacilos en cuyo interior se originan.

Todas las especies son catalasa negativas. Algunas especies son potentes fermentadoras de los hidratos de carbono produciendo ácidos (uno de los cuales suele ser el ácido butírico) y gases (generalmente dióxido de carbono e hidrógeno). Las diferentes especies pueden ser mesófilas o termófilas y proteolíticas o no proteolíticas. ***C. thermosaccharolyticum***, ***C. lentoputrescens*** y ***C. putrefaciens*** La disgregación violenta de la cuajada de la leche que produce ***C. putrefaciens*** da lugar a una <fermentación turbulenta> mientras que la especie ***C. butyricum*** capaz de fermentar los lactatos, es responsable de la producción tardía de gas en los quesos curados. El suelo es el principal origen de los microorganismos de las especies de ***Clostridium***, aunque también pueden proceder de ensilados en estado de putrefacción, de los piensos y del estiércol.



**Género *Corynebacterium*.** El microorganismo de la difteria, *C. diphtheriae*, puede ser vehiculado por alimentos. *C. bovis*, cuyos bacilos finos de aspecto barrado, o en forma de maza, son típicos de este género, es comensal de la ubre de la vaca, se puede encontrar en leche ordeñada asépticamente, y puede producir mastitis bovinas.

**Género *Desulfotomaculum*.** Especie integrada por bacilos gramnegativos cuyo cuerpo celular es deformado por la endospora. Son huéspedes habituales del suelo, del agua dulce y de la panza de los rumiantes. En el proceso respiratorio de la célula bacteriana, los compuestos de azufre pueden desempeñar la función de aceptores terminales de electrones y por ello ser reducidos a sulfuro de hidrógeno.

A la especie *Clostridium nigrificans*, que es el causante del olor hediondo debido a la producción de sulfuro de hidrógeno en las conservas enlatadas, en la actualidad se le denomina *Desulfotomaculum nigrificans*.

**Género *Enterobacter*.** Algunas especies de este género se incluían antiguamente en el género *Aerobacter*. Estas bacterias son muy abundantes en la naturaleza. El género pertenece al grupo coliforme.

**Género *Erwinia*.** Las especies de este género son patógenas para las plantas en las que son las causantes de necrosis, agallas, agostamiento y podredumbres blandas, dañando a las plantas y, por tanto, a las hortalizas y frutas que se obtienen de las mismas. Se relaciona a *E. carotovora* con la enfermedad de las hortalizas comerciales denominada <<podredumbre blanda bacteriana>>. *E. carotovora* subespecie *carotovora* es el agente causal de la



podredumbre de muchas plantas. *E. carotovora* subespecie *atroseptica* produce la podredumbre negra de los tubérculos de la patata. *E. carotovora* subespecie *betavascolorum* produce una podredumbre blanda en la remolacha azucarera.

**Género *Escherichia*.** Hallado en las heces, es un bacilo gramnegativo que se aísla del tubo intestinal de los animales de sangre caliente y que se encuentra muy difundido en la naturaleza. Es uno de los géneros que integran el <<grupo coliforme>>, dividiéndose en muchos biotipos y serotipos, algunos de los cuales son patógenos potenciales para el hombre.

Esta y otras bacterias son necesarias para el funcionamiento correcto del proceso digestivo, además de producir las vitaminas B y K. Es un bacilo que reacciona negativamente a la tinción de Gram (gramnegativo), es anaerobio facultativo, móvil por flagelos peritricos (que rodean su cuerpo), no forma esporas, es capaz de fermentar la glucosa y la lactosa y su prueba de IMVIC es + + - -.

- *E. coli* Enterotoxigénicos (ETEC)
- *E. coli* Enteropatógenos clásicos (EPEC)
- *E. coli* Enteroinvasores (EIEC)
- *E. coli* Productores de toxina de Shiga STX (STEC)
- *E. coli* Enteroagregativos (EAEC)

**Género *Flavobacterium*.** Las especies de este género que producen pigmentos de color variable del amarillo a naranja, pueden producir coloraciones anormales en la superficie de las carnes y es posible que intervengan en la alteración de los mariscos, de las canales de ave, de los huevos y de la mantequilla. Algunas especies son psicrótrofas, habiéndose observado su crecimiento en la superficie de hortalizas que se conservan por congelación, una vez descongeladas.



**Género *Gluconobacter*.** (Antiguo género *Acetomonas*). Sus especies son capaces de oxidar el etanol a ácido acético. *G. oxydans* produce viscosidad en la cerveza por crecer en la misma, o en el jugo de lúpulo fermentado.

**Género *Halobacterium*.** Las bacterias de este género son halófilas obligadas y suelen ser cromógenas. Pueden crecer y producir coloraciones anormales en la superficie de los alimentos que contienen elevadas concentraciones de sal, como son las salazones de pescado. En este género se incluyen en la actualidad algunas especies que antiguamente se clasificaban como pertenecientes al género *Flavobacterium*.

**Género *Klebsiella*.** Muchas bacterias de este género son capsuladas. Se encuentran con frecuencia en las vías respiratorias y en el tubo intestinal del hombre. *K pneumoniae* es el agente causal de una neumonía de etiología bacteriana en las personas.

#### **Familia *Lactobacillaceae***

**Género *Lactobacillus*.** Los microorganismos de este género son bacilos, generalmente largos y finos, que forman cadenas en la mayoría de sus especies. Son microaerófilos, (se conocen algunos que son anaerobios estrictos), catalasa positivos, gramnegativos, y fermentan los azúcares produciendo ácido láctico como producto principal. Si son homofermentativos, fermentan el azúcar dando, principalmente, ácido láctico e insignificantes cantidades de ácido acético, de dióxido de carbono y de otros productos en cantidades vestigiales; si son heterofermentativos, además de producir ácido láctico, producen una importante cantidad de compuestos volátiles,



entre los que se encuentra el alcohol. Los lactobacilos homofermentativos cuya temperatura de crecimiento óptima es de 37°C o más elevada, incluyen las siguientes especies: *L. bulgaricus*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. acidophilus*, *L. thermophilus*, y *L. delbrueckii*. La especie *L. fermentum* es el principal ejemplo de un lactobacilo heterofermentativo que crece bien a las temperaturas más elevadas. Entre los lactobacilos homofermentativos cuya temperatura óptima de crecimiento es más baja, se incluyen las especies *L. casei*, *L. plantarum*, y *L. leichmannii*; son especies heterofermentativas, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. pastorianus*, *L. hilgardii*, y *L. trichodes*. Todas las especies citadas, excepto *L. delbrueckii*, *L. leichmannii*, *L. hilgardii*, *L. trichodes*, y algunas cepas de *L. brevis*, fermentan la lactosa con producción de ácido láctico y de aquí que puedan tener importancia en las industrias de productos lácteos. Las principales fuentes de lactobacilos son la superficie de las plantas, el estiércol y los productos lácteos.

**Genero *Leuconostoc*.** En el llamado estárter láctico de la nata, de la mantequilla y del queso, se han incluido las especies *L. dextranicum* y *L. cremoris*, por ser capaces de estimular el crecimiento de los estreptococos lácticos y de fermentar el ácido cítrico de la leche produciendo una sustancia de sabor agradable, el diacetilo, (también se producen acetoina, que es un producto más reducido, y 2,3-butanodiol).

**Género *Listeria*.** Bacilo Corto (Cocobacilo) Gram +, Aerobio y Anaerobio facultativo,  $\beta$ - Hemolítico.

*L. monocytogenes* ha sido aislada de una gran variedad de fuentes, como agua dulce, agua salada, polvo ambiental, fertilizantes y vegetación en descomposición; alimentos para animales, alimentos

crudos de origen animal, incluidos aves frescas y congeladas, carnes rojas y productos cárnicos; pescado, productos lácteos crudos como leche, quesos y helados; frutas y vegetales crudos; y a partir de heces de seres humanos sanos y sintomáticos como también de otros animales.

**Género *Microbacterium*.** Las bacterias de este género tienen importancia por su resistencia a las condiciones adversas del medio y por utilizarse para producir vitaminas. Son bacilos de pequeño tamaño inmóviles, grampositivos, asporógenos, catalasa positivos, aerobios, homofermentativos, producen ácido láctico, y a veces se agrupan en forma de empalizada. *M. lacticum* suele ser la especie que se aísla con mayor frecuencia.

**Género *Micrococcus*.** Son células bacterianas esféricas dispuestas en agrupaciones irregulares, en racimos, en tetradas o en paquetes. La mayoría de las especies que abundan en los alimentos son grampositivas, aerobias y catalasa positivas. Su temperatura óptima de crecimiento se halla próxima a los 25 a 30°C y en el laboratorio crecen bien en los medios de cultivo ordinarios.

Por otra parte, resulta difícil generalizar respecto de sus propiedades, las cuales pueden ser muy diferentes en cada una de las especies: *M. freudenreichii*, *M. varians*, *M. luteus*, *M. roseus*. Los micrococcos abundan mucho en la naturaleza, aunque se han aislado con mayor frecuencia en el polvo y en el agua. Se encuentran con frecuencia en los utensilios y en el equipo utilizado para manipular los alimentos insuficientemente lavados y desinfectados.

**Género *Mycobacterium*.** El bacilo que produce la tuberculosis, *M. tuberculosis*, ha sido diseminado por alimentos, sobre todo por

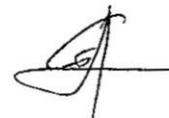


leche de vacas infectadas que no ha sido sometida a tratamiento térmico.

**Género *Pediococcus*.** Las propiedades que determinan que este microorganismo tenga importancia en los alimentos, ya han sido citadas: su tolerancia a la sal, la producción de ácido, y el intervalo de temperaturas dentro del cual es capaz de crecer, sobre todo su capacidad para crecer a temperaturas frías. Se han encontrado pediococos que crecen durante la fermentación de hortalizas en salmuera y se ha comprobado que microorganismos de este género han sido los causantes de la alteración de bebidas alcohólicas, por ejemplo, de la cerveza, en las que la producción de diacetilo es perjudicial. La especie *P. damnosus* puede alterarla cerveza. *P. cerevisiae* se ha utilizado como cultivo estarter en embutidos fermentados.

**Género *Photobacterium*.** Este género incluye cocobacilos, y a veces bacilos, que pueden ser luminiscentes. No abundan mucho; no obstante, se han conocido casos en los que *P. phosphoreum* ha producido fosforescencia en carnes y pescados.

**Género *Propionibacterium*.** Fermentan el ácido láctico, los hidratos de carbono y los polialcoholes produciendo ácido propiónico, ácido acético y dióxido de carbono. En el queso suizo, ciertas especies (por ej., *Propionibacterium freudenreichii*) fermentan los lactatos para producir el gas que favorece la formación de las cavidades, ojos, contribuyendo también a comunicarles sabor. Las propionibacterias productoras de pigmentos pueden producir coloraciones anormales en el queso.



**Género *Proteus*.** A las bacterias de este género se les ha atribuido la producción de alteraciones en las carnes, en el pescado, en los mariscos y en los huevos.

La presencia de un elevado número de bacterias de este género en alimentos no sometidos a refrigeración las ha hecho sospechosas de producir intoxicaciones alimentarias.

**Género *Pseudomonas*.** Algunas especies de *Pseudomonas* pueden alterar los alimentos. Estas bacterias son bacilos gramnegativos, generalmente inmóviles, y asporógenos.

Las propiedades de algunas especies de *Pseudomonas* que las hacen importantes en los alimentos son: (1) Su capacidad para utilizar compuestos de carbono muy distintos que no son hidratos de carbono y su incapacidad para utilizar la mayoría de los hidratos de carbono, (2) su capacidad para producir diversas sustancias que influyen desfavorablemente en el sabor, (3) su capacidad para utilizar alimentos nitrogenados sencillos, (4) su capacidad para sintetizar sus propios factores de crecimiento o vitaminas, (5) la actividad proteolítica y lipolítica de algunas especies, (6) su tendencia aerobia que les permite un crecimiento rápido y producir productos de oxidación y mucosidad en aquellas superficies de los alimentos en las que es más probable que exista una contaminación masiva, (7) su capacidad para crecer a temperaturas bajas (temperaturas de refrigeración), (8) la producción de pigmentos por algunas especies, como por ejemplo la **pioverdina** que produce *Pseudomonas fluorescens*, que comunica una fluorescencia verdosa a los alimentos, y los pigmentos de color blanco, ocre, rojizo, e incluso negro (*P. nigrificans*) de otras especies, y (9) su resistencia a algunos desinfectantes y detergentes que se emplean en la industria alimentaria.



Por otra parte, las *Pseudomonas* sólo crecen en medios con una  $a_w$ , bastante elevada (de 0,97 a 0,98), el calor las destruye con facilidad, su crecimiento es escaso si no disponen del suficiente oxígeno, no son especialmente resistentes a la desecación, y su crecimiento es escaso, o no crecen en absoluto, a temperaturas superiores a los 43°C.

**Género *Salmonella*.** Las especies de estos patógenos entéricos pueden crecer en los alimentos y producir infecciones alimentarias; normalmente solo son vehiculadas por alimentos.

**Género *Serratia*** Algunas especies producen un pigmento de color rosado o de color magenta y pueden comunicar coloraciones rojizas a la superficie de los alimentos. La especie más corriente es *S. marcescens*.

**Género *Shigella*.** Los alimentos pueden vehicular especies de *Shigella* que producen disenteria bacilares.

**Género *Sporolactobacillus*.** La especie *Lactobacillus inulinus* ha sido clasificada como *S. inulinus* por su capacidad para producir esporas. Se parece a *Lactobacillus* en muchas propiedades.

**Género *Sporosarcina*** Los microorganismos de este género son cocos grampositivos esporógenos. *S. urae* y *S. kalophila* son las dos especies catalogadas.

**Género *Staphylococcus*.** Los estafilococos grampositivos crecen aisladamente, en parejas, en tetradas, o en agrupaciones irregulares parecidas a racimos de uva. La especie más importante, *S. aureus*, suele dar un crecimiento de color amarillo a naranja, aunque a veces

puede ser blanco. Para crecer necesita una fuente de nitrógeno orgánico y en cuanto a necesidades de oxígeno es aerobia facultativa. Muchas de las cepas beta-hemolíticas coagulasa positivas son patógenas, y algunas elaboran una enterotoxina que produce intoxicaciones alimentarias.

**Genero *Streptococcus*.** Según la especie de que se trate, y las condiciones de crecimiento, los cocos de este género se presentan típicamente en parejas, formando cadenas cortas, o cadenas largas, y todos son homofermentativos.

Mediante la reacción serológica de la precipitación, los estreptococos se pueden clasificar en los grupos de Lancefield, que se designan mediante letras mayúsculas (A, B, C, D, etc.), aunque los que tienen importancia en los alimentos normalmente se incluyen en cuatro grupos: grupo piógeno, grupo viridans, grupo láctico y grupo del enterococo.

El grupo piógeno *S. agalactiae*, agente causal de mastitis en la vaca, y *S. pyogenes*, agente causal del dolor de garganta de etiología infecciosa, de la escarlatina, y de otras enfermedades, son representantes de este género que se han aislado en la leche recién ordeñada. Los estreptococos piógenos no son capaces de crecer ni a 10°C ni a 45°C.

El grupo viridans incluye la especie *S. thermophilus*, coco que tiene importancia en la fabricación de quesos cuando se emplea el procedimiento de cocción de la cuajada, y en la fabricación de leches fermentadas, como por ejemplo en la del yogurt, y *S. bovis*, que procede del estiércol y de la saliva y, lo mismo que *S. thermophilus* es termodúrico y de aquí que aparezca en los recuentos en placas sembradas con leche pasteurizada. Estas especies son capaces de crecer a 45°C, pero no a 10°C.



El grupo láctico contiene las especies ***S. lactis*** y ***S. cremoris***\*, las cuales tienen importancia en las industrias lácticas y son capaces de crecer a 10°C pero no a 45°C. Estas especie, junto con especies del género ***Leuconostoc*** se utilizan para preparar cultivos estárter que se emplean en la fabricación del queso, de la nata fermentada y de ciertos tipos de mantequilla, mientras que ***S. lactis*** interviene con frecuencia en la acidificación de la leche recién ordeñada. Estas bacterias lácticas no toleran concentraciones de sal superiores al 2 a 4%, no interviniendo por tanto en la fermentación láctica de las hortalizas en salmuera.

**Género *Streptomyces*.** Cuando crecen en la superficie de los alimentos, los microorganismos pertenecientes a este género les pueden comunicar sabores y aspecto desagradables; cuando el crecimiento de los estreptomicetos tiene lugar en alimentos próximos a otros, los olores y sabores a mohó o a tierra de estos microorganismos pueden ser absorbidos por estos últimos.

**Género *Vibrio*.** Las bacterias de este género abundan en el agua dulce y en el agua de mar, en el suelo, y en el tubo digestivo del hombre y de los animales.

Algunas son medianamente halófilas. Algunas especies son patógenas para el hombre.

**Género *Yersinia*.** Estas bacterias se pueden encontrar en el suelo. ***Y. pestis*** es el agente causal de la peste del hombre, de la rata y de otros roedores. Se ha señalado que ciertas cepas de ***Y. enterocolitica*** son los agentes causales de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Si bien las bacterias de este género se clasificaban antes como pertenecientes al género ***Pasteurella***, en la actualidad se incluyen en la familia ***Enterobacteriaceae*** por su íntima relación taxonómica con el género ***Salmonella***.



#### **2.4. Grupos de bacterias importantes en bacteriología de los alimentos**

Las bacterias que tienen importancia en los alimentos se suelen agrupar en base a que poseen una propiedad común, sin tener en cuenta su clasificación sistemática.

Es evidente que algunas especies bacterianas se podrían incluir en dos o más de estos grupos artificiales. A continuación se ofrecen ejemplos de los grupos que se suelen emplear.

##### **Bacterias que producen ácido láctico o bacterias lácticas**

La propiedad más importante de las bacterias lácticas es su capacidad para fermentar los azúcares con producción de ácido láctico. Esta propiedad puede ser beneficiosa en la fabricación de productos como el sauerkraut y el queso, pero perjudicial cuando produce alteraciones en los vinos. Como quiera que producen ácido rápidamente y normalmente en cantidades importantes, estas bacterias no dan oportunidad a que crezcan otros microorganismos competitivos.

Las principales bacterias de este grupo pertenecen a los géneros ***Leuconostoc***, ***Lactobacillus***, ***Streptococcus***, y ***Pediococcus***.

##### **Bacterias que producen ácido acético o bacterias acéticas**

La mayoría de las bacterias del ácido acético pertenecen hoy día a uno de los dos géneros ***Acetobacter*** y ***Gluconobacter***. Las bacterias de ambos géneros oxidan el alcohol etílico a ácido acético, aunque posteriormente las pertenecientes al género ***Acetobacter*** son capaces de oxidar el ácido acético a dióxido de carbono.

Las propiedades de las bacterias acéticas que las hacen importantes son: **(1)** Su capacidad para oxidar el etanol a ácido acético, que las hace beneficiosas en la fabricación del vinagre y perjudiciales en la

fabricación de bebidas alcohólicas, (2) su gran capacidad oxidante que puede dar lugar a la oxidación del producto deseado, el ácido acético, por especies perjudiciales o por especies beneficiosas en condiciones desfavorables; esta capacidad oxidante puede tener utilidad, como ocurre en la oxidación del D-sorbitol a L-sorbosa en la fabricación de ácido ascórbico por síntesis, y (3) la excesiva producción de viscosidad por parte de algunas especies, como es el caso de *Acetobacter acetii* subesp. *suboxydans*\*, que obstruye los generadores de vinagre.

#### **Bacterias que producen ácido butírico o bacterias butíricas**

La mayoría de las bacterias de este grupo son anaerobias esporógenas pertenecientes al género *Clostridium*.

#### **Bacterias que producen ácido propiónico o bacterias propiónicas**

La mayoría de las bacterias de este grupo pertenecen al género *Propionibacterium*, si bien se han señalado también cocos propiónicos.

#### **Bacterias proteolíticas**

Es éste un grupo heterogéneo de bacterias proteolíticas potentes que producen proteinasas extracelulares, así llamadas porque los enzimas difunden al exterior de las células. Todas las bacterias poseen proteinasas intracelulares, pero sólo un reducido número de especies poseen proteinasas extracelulares. Las bacterias proteolíticas se pueden dividir en aquéllas que son aerobias o facultativas, y que a su vez pueden ser esporógenas o asporógenas, y en aquéllas que son anaerobias y esporógenas. *Bacillus cereus* es una bacteria proteolítica, aerobia y esporógena. *Pseudomonas fluorescens* es asporógena y de aerobia a facultativa, mientras que



***Clostridium sporogenes*** es esporógena y anaerobia. Muchas de las especies de ***Clostridium***, ***Bacillus***, ***Pseudomonas*** y ***Proteus*** son proteolíticas.

Ciertas bacterias, a las que se les conoce con la denominación de <<ácido-proteolíticas>>, llevan a cabo simultáneamente una fermentación ácida y la proteólisis. ***Streptococcus faecalis*** var. ***liquefaciens***\* y ***Micrococcus caseolyticus*** son ácido-proteolíticas. Algunas bacterias son putrefactivas, es decir, descomponen las proteínas en anaerobiosis para producir compuestos malolientes como, por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, aminas, indol y ácidos grasos. La mayoría de las especies de ***Clostridium*** son putrefactivas, lo mismo que algunas especies de ***Proteus***, de ***Pseudomonas***, y de otros géneros asporógenos. También puede tener lugar la putrefacción de los productos resultantes del desdoblamiento de las proteínas. Se conocen algunas especies de ***Pseudomonas*** que elaboran una proteinasa capaz de resistir los tratamientos térmicos de mayor intensidad.

### **Bacterias lipolíticas**

Es éste un grupo heterogéneo de bacterias que producen lipasas que catalizan la hidrólisis de las grasas a ácidos grasos y glicerol. Muchas de las bacterias aerobias proteolítica., potentes son también lipolíticas. ***Pseudomonas fluorescens***, por ejemplo, es una especie lipolítica potente. En los géneros ***Pseudomonas***, ***Alcaligenes***, ***Staphylococcus***, ***Serratia*** y ***Micrococcus*** existen especies lipolíticas.

Muchas de las lipasas microbianas son resistentes a los distintos tratamientos industriales. El hecho de que en un alimento alterado no existan bacterias lipolíticas viables, no debe ser considerado como una prueba de que esté exento de lipasas microbianas.



### **Bacterias sacarolíticas**

Estas bacterias hidrolizan los disacáridos o los polisacáridos a azúcares más sencillos. Un reducido número de especies de bacterias son amilolíticas, es decir, poseen una amilasa para llevar a cabo la hidrólisis extracelular del almidón. *Bacillus subtilis* y *Clostridium butyricum* son amilolíticas. Existen pocas especies bacterianas capaces de hidrolizar la celulosa. Las especies de *Clostridium*, a veces se clasifican en especies proteolíticas que son capaces o no de desdoblar los azúcares, y especies sacarolíticas que hidrolizan los azúcares pero no las proteínas. *C. lentoputrescens*\* es una especie proteolítica, pero normalmente no fermenta los hidratos de carbono, mientras que *C. butyricum* no es proteolítica, pero fermenta los azúcares.

### **Bacterias pectinolíticas**

La pectina son hidratos de carbono complejos a los que se debe la rigidez de la pared de las células de las hortalizas y frutas. Las pectinas obtenidas del limón se pueden utilizar como gelificantes en productos comerciales. El ablandamiento de los tejidos vegetales, o la pérdida de la consistencia o poder gelificante de algunos alimentos, pueden ser debidos a la actividad de varios enzimas pectolíticos a los que se les denomina pectinasa. Pueden ser pectinolíticas especies de los géneros *Erwinia*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, y *Flavobacterium*, y también algunas especies de mohos.

### **Bacterias termofilicas o termófilas**

Estas bacterias, cuya temperatura óptima de crecimiento es, como mínima, superior a 45 ° C, si bien generalmente es de 55 ° C o más, tienen importancia en aquellos alimentos que se mantienen a temperaturas elevadas. En las conservas enlatadas de acidez baja,

**B. stearothermophilus** produce una alteración ácida sin hinchamiento del envase. La alteración por bacterias termófilas con producción de gas de las conservas enlatadas se debe al crecimiento de **C. thermosaccharolyticum**.

### **Bacterias termodúricas**

Se suelen considerar bacterias termodúricas aquéllas que son capaces de resistir al tratamiento térmico de la pasteurización. Las especies de **Bacillus**, los micrococcos\*, y los enterococos son capaces de sobrevivir en los huevos líquidos sometidos a pasteurización. Con frecuencia se encuentran en los alimentos bacterias de los géneros **Clostridium**, **Bacillus**, **Micrococcus**, **Streptococcus**, **Lactobacillus** y **Microbacterium**. A veces son termodúricos mohos como **Byssochlamys fulva** e incluso algunas especies de los géneros **Aspergillus** y **Penicillium**. ciertas bacterias termodúricas, como las pertenecientes al género **Bacillus** y los enterococos, también pueden ser psicrótrofas (véase el epígrafe siguiente). En la leche, en la que tienen importancia las temperaturas más elevadas y los tiempos de refrigeración más prolongados, con frecuencia se pueden encontrar las citadas bacterias termorresistentes, o termodúricas, psicrótrofas.

### **Bacterias psicrotroficas o psicrótrofas**

Estas bacterias pueden crecer a las temperaturas normales de refrigeración.

A diferencia de las bacterias psicrófilas, la temperatura óptima de crecimiento de las psicrótrofas no coincide con las temperaturas de refrigeración, sino que suele estar comprendida entre 25 y 30°C. La mayoría de las bacterias causantes de la pérdida de calidad de los alimentos refrigerados no estériles, excepto los pescados y mariscos, son psicrótrofas. Las bacterias psicrótrofas se encuentran



principalmente en los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, y *Alcaligenes*, aunque los géneros *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Enterobacter*, *Arthrobacter* y otros géneros pueden contener especies psicrótrofas.

Además, varias levaduras y varios mohos pueden crecer a temperaturas de refrigeración.

### **Bacterias halofílicas o halófilas**

Las bacterias realmente halófilas necesitan para crecer determinadas concentraciones mínimas de cloruro sódico disuelto. Aquellas bacterias, entre las que se incluyen las especies de los géneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, y *Vibrio* que crecen mejor en medios con una concentración de sal comprendida entre el 0,5 y el 3,0 por cien, se consideran débilmente halófilas.

Estos microorganismos se aíslan en muchas especies de pescados y de mariscos.

A las bacterias que se aíslan en alimentos como las salmones de pescados, en las carnes en salmuera, y en algunas salazones de hortalizas y que crecen mejor en medios con concentraciones de sal comprendida entre el 3,0 y el 15 por cien, se les conoce como medianamente halófilas. Estas bacterias pertenecen a los géneros *Bacillus*, *Micrococcus*, *Vibrio*, *Acinetobacter* y *Moraxella*. En los alimentos conservados en salmueras de elevada concentración, con un porcentaje de sal comprendido entre el 15 y el 30 por cien, a veces se pueden aislar especies extraordinariamente halófilas, como son las especies de los géneros *Halobacterium* y *Halococcus*. Con frecuencia también producen un pigmento rosado o rojo. Otras bacterias son halotolerantes; es decir, son bacterias capaces de crecer en medios con sal o sin sal. Generalmente suelen ser capaces de crecer en alimentos que contienen un 5,0 por cien o más



de sal; entre las mismas se incluyen ciertas especies de los géneros **Bacillus**, **Micrococcus**, **Corynebacterium**, **Streptococcus** y **Clostridium**. En los géneros **Sarcina**, **Pseudomonas**, **Pediococcus** y **Alcaligenes** se encuentran otras bacterias halófilas o halotolerantes de importancia en los alimentos.

#### **Bacterias osmófilas o sacarófilas**

Los microorganismos osmófilos encontrados con mayor frecuencia en los alimentos son varias especies de levaduras. Las bacterias osmófilas son aquellas que crecen en concentraciones elevadas de azúcar; no obstante, la mayoría de las bacterias denominadas osmófilas son simplemente tolerantes del azúcar, como es el caso de las especies de **Leuconostoc**.

#### **Bacterias productoras de pigmentos**

El color de los pigmentos producidos por determinadas bacterias que crecen en la superficie o en el interior de los alimentos abarca todo el espectro visible, y también incluye el blanco y el negro. Cuando se estudien más adelante las distintas alteraciones que experimentan los alimentos, se citarán abundantes ejemplos. En algunos géneros, todas las especies producen pigmento, como es el caso de los géneros **Flavobacterium** (pigmento de un color que varía de amarillo a naranja) y **Serratia** (pigmento rojo). Encuentran especies productoras de pigmentos en muchos géneros; muchas especies de **Micrococcus**, por ejemplo, producen pigmento. Asimismo, en determinadas especies que normalmente no producen pigmento, existen variedades que lo producen, como es el caso de **Lactobacillus plantarum** que produce un pigmento del color de la herrumbre que produce coloraciones anormales en los quesos. Las especies del género **Halobacterium** elaboran pigmentos de color



rosado, rojo, o rojo anaranjado. Las especies de *Halococcus* producen pigmentos de color rojo o rojo anaranjado.

### **Bacterias que producen mucílago o viscosidad**

Ya se han citado ejemplos de estas bacterias: *Alcaligenes viscolactis*\*, *Enterobacter aarogenes*, y *Klebsiella oxytoca* que producen la alteración viscosa de la leche, las especies de *Leuconostoc*, que producen mucílago en las soluciones de sacarosa, y el crecimiento en la superficie de los alimentos de varias bacterias que producen mucílago. En algunas especies de *Streptococcus* y de *Lactobacillus* existen variedades que convierten en mucilaginoso o viscoso a la leche. Un micrococo es el responsable de la viscosidad de las salmueras para curar carnes. Determinadas cepas de *Lactobacillus plantarum* y de otros lactobacilos pueden producir viscosidad en varios productos derivados de frutas, de hortalizas y de granos de cereales, como es el caso de la sidra, del sauerkraut y de la cerveza. Determinadas especies de *Bacillus* producen la viscosidad del pan.

### **Bacterias que producen gas**

Algunas especies de bacterias producen cantidades tan insignificantes de gas y lo producen tan lentamente, que normalmente no se detecta. A veces esto es propio de las bacterias lácticas heterofermentativas, aunque en otras condiciones la producción de gas resulta evidente. Entre los géneros en los que existen bacterias que producen gas se incluyen *Leuconostoc*, *Lactobacillus* (heterofermentativos), *Propionibacterium*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Bacillus* (aerobacilos), y *Clostridium*. Las bacterias de los tres primeros géneros sólo producen dióxido de carbono, mientras que las de los demás géneros producen dióxido de carbono e hidrógeno.



### **Coliformes y grupo de coliformes fecales**

Los coliformes son bacilos cortos que se han definido como bacterias aerobias o anaerobias facultativas que fermentan la lactosa con producción de gas. Las principales especies de bacterias coliformes son *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*; no obstante, las especies que es posible que se ajusten a estos criterios, son más de veinte, encontrándose entre las mismas especies de otros géneros de la familia *Enterobacteriaceae* e incluso especies de *Aeromonas*. El grupo de coliformes fecales incluye a los coliformes capaces de crecer a temperatura elevada (44,5 ó 45°C). El primer objetivo de las pruebas de incubación a temperatura elevada fue la diferenciación de los coliformes de origen fecal de los que no tienen origen fecal. Las denominaciones <coliforme fecal> y <coliforme> no tienen validez taxonómica; estos términos sirven más bien para designar a grupos de bacterias capaces de crecer en condiciones experimentales específicas.

Se utilizan mucho las técnicas de recuento de coliformes y de recuento de coliformes fecales e incluso la de recuento de *E. coli* en alimentos, habiéndose admitido como recuentos indicadores del grado de contaminación. El uso de microorganismos a indicadores se inició con la determinación de *E. coli* en el agua, como prueba sustitutoria de la determinación de *Salmonella typhi*. El concepto de microorganismos indicadores se basa en la afirmación hecha por Sharding en el año 1892 según la cual las bacterias de las especies que hoy denominamos *E. coli* podían ser utilizadas como índice o indicadores de contaminación fecal, ya que podían ser aisladas con mayor facilidad que las especies de *Salmonella*. Otros grupos de bacterias indicadoras y otras pruebas ideadas o utilizadas incluyen los estreptococos fecales o enterococos, las *Enterobacteriaceae*, los estafilococos (indicando la posible presencia de la enterotoxina de *S. aureus* o un mal manejo), y la



presencia de *Geotrichum candidum*, el moho de las máquinas, como indicador del estado de limpieza de la planta industrial o del grado de contaminación del equipo.

Algunas de las propiedades que determinan que las bacterias coliformes sean importantes en las alteraciones que experimentan los alimentos son: (1) Su capacidad para crecer en sustratos muy distintos y para utilizar como fuente de energía algunos hidratos de carbono y algunos otros compuestos orgánicos y, como fuente de nitrógeno, algunos compuestos nitrogenados bastante sencillos, (2) su capacidad para sintetizar la mayoría de las vitaminas que necesitan, (3) la capacidad de las bacterias de este grupo para crecer perfectamente dentro de un intervalo de temperaturas bastante amplio, desde temperaturas inferiores a 10°C hasta una temperatura próxima a los 46°C, (4) su capacidad para producir importantes cantidades de ácido y gas a partir de azúcares, (5) su capacidad para producir sabores desagradables, definidos a veces como <<a sucio>> o <<a establo>>, y (6) la capacidad de *E. aerogenes* para producir mucosidad o viscosidad.

### **Actinomicetos**

Estos organismos son bacterias aeróbicas, Gram positivas, caracterizadas por un pleomorfismo muy pronunciado, es decir, por una acusada variabilidad tanto en la forma como en el tamaño de cada de las células y en el modo como se agrupan, morfología varía desde cocos y bacilos aislados a una gran variedad de tipos de micelio. Muchos actinomicetos se encuentran en el suelo y en agua, hábitats en los que degradan sustancias peso molecular elevado que se encuentran en los mismos de modo natural, como la celulosa y la quitina; de aquí su papel en la fertilización del suelo. Algunos



tipos de actinomicetos son patógenos para el hombre y para los animales.

Con respecto a la microbiología de los alimentos y del agua, el género más importante, con mucho, es *Streptomyces*. Los actinomicetos se clasifican atendiendo a propiedades morfológicas, como la morfología de los esporos y las propiedades de las estructuras miceliales, la pigmentación, la utilización de fuentes de carbono y nitrógeno, la actividad disimiladora y la respuesta a la temperatura y al pH. Las especies de *Streptomyces* generalmente son oligotróficas y, además de atacar la glucosa, atacan la lactosa, la quitina, la pectina y el almidón. Siguen vías metabólicas oxidativas y son conocidos productores de metabolitos con sabores «a enmohecido» o «a tierra». Entre ellos, la geosmina y el metilisoborneol.

### **Rickettsias**

Las rickettsias se encuentran en el interior de las células humanas y animales y su tamaño es similar al de algunos de los grandes virus, aunque presentan varias características típicas de las bacterias. Contienen ADN, ARN y algunas enzimas, se dividen por fisión binaria y en su pared celular poseen componentes parecidos a los de la pared celular de las bacterias. También como las bacterias y a diferencia de los virus, las rickettsias son sensibles a los antibióticos, entre ellos, el cloranfenicol y las tetraciclinas. Estos organismos probablemente puedan ser considerados como bacterias que se han adaptado totalmente a una existencia exclusivamente intracelular y que han perdido la capacidad para multiplicarse fuera de las células vivas de su hospedador.

Con respecto a los alimentos, la especie *Coxiella burnetii* es la más importante, porque es el agente etiológico de la fiebre Q. Se ha



demostrado la transmisión de este organismo por la leche cruda y por el queso fabricado con leche cruda.

### 3. Virus y Priones

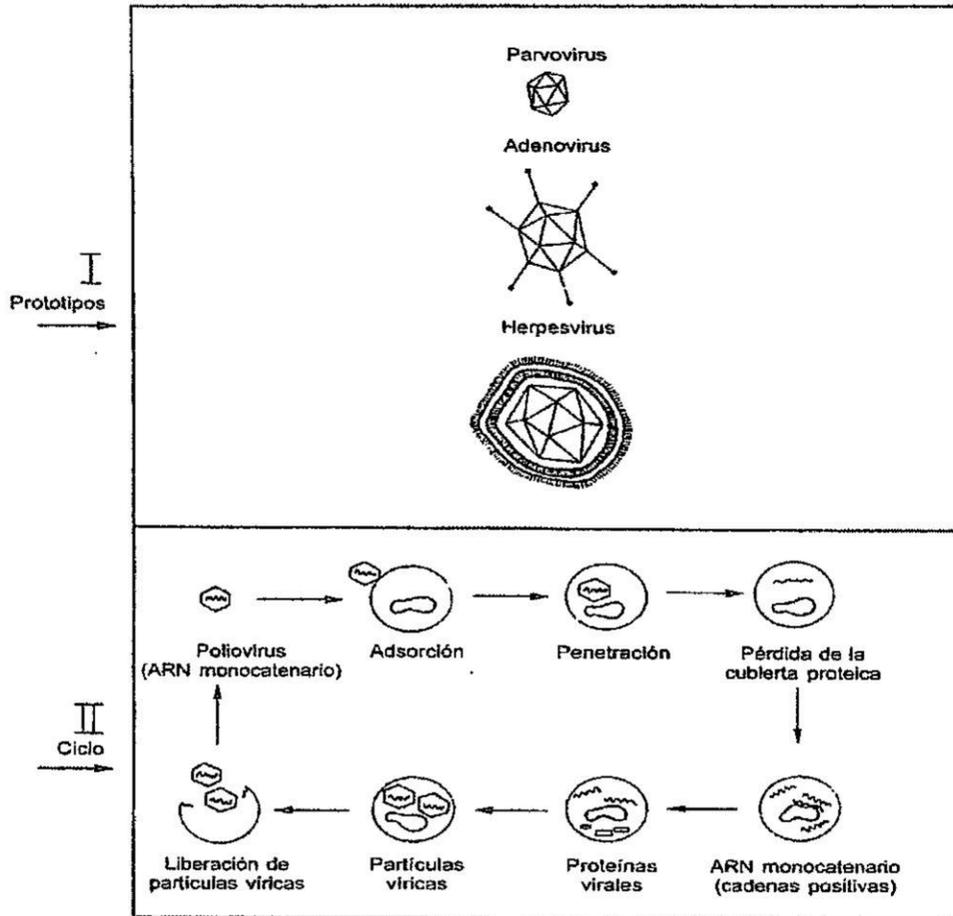
#### 3.1 Propiedades generales de los virus

La mayoría de los virus son mucho más pequeños que las bacterias, variando en diámetro desde 20 hasta 100 nm. De aquí que atraviesen los filtros que retienen las bacterias, por cuya razón fueron denominados, a finales del siglo XIX, *contagium vivum fluidum*. Los virus sólo pueden ser observados con la ayuda del microscopio electrónico. Otras diferencias con respecto a las bacterias son la ausencia de pared celular y de enzimas distintos a los que intervienen en su replicación, la posesión de ADN o de ARN, pero no de ambos y, lo más importante de todo, el que sólo pueden multiplicarse en el interior de las células del hospedador, a las que programan o dirigen hacia la producción de la progenie vírica. Por consiguiente, aunque los virus se pueden encontrar como contaminantes en los alimentos, **nunca se multiplican en ellos.**

Originariamente, la clasificación de los virus se basó en los organismos (hombre, animales, plantas) y en los tejidos que atacaban: en los mamíferos, de modo especial las vísceras, el sistema nervioso, la piel, etc. En la actualidad, este sistema ha sido sustituido por otro más fundamental, que utiliza criterios tales como el tipo de ácido nucleíco, el tamaño y la forma (cúbica, helicoidal, etc.) de la cubierta de proteína o cápsida y la presencia o ausencia de una envoltura de naturaleza generalmente lipoproteica, que procede de la célula hospeda-dora (véase la Figura 2.2).



**FIGURA N° 2.2**  
**PRINCIPALES TIPOS MORFOLÓGICOS DE VIRUS Y**  
**REPLICACIÓN.**



Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000

Según se muestra en la citada figura, los virus atacan las células hospedadoras de la siguiente forma. Primero son adsorbidos por receptores apropiados de las células sensibles, de naturaleza principalmente lipoproteica o mucoproteica. Posteriormente, el virus con frecuencia es englobado por la membrana de la célula hospedadora y su cubierta de proteína es digerida. De este modo, el ácido nucleico queda libre y penetra en la célula hospedadora, comenzando a replicarse o multiplicarse, primero su propio ácido nucleico, a continuación la cubierta de proteína, para finalmente

*AF*

*AF*

reunirse o ensamblarse ambas estructuras y formar una partícula vírica completa. Algunos virus cambian las actividades de la célula hospedadora y las dirigen casi por entero a la replicación o multiplicación de partículas víricas; en otras ocasiones, la producción de virus coexiste con las actividades normales de la célula. Finalmente, la célula hospedadora se desintegra y se liberan muchas partículas de virus, fenómeno al que se le conoce como infección lítica.

El calor es el agente más frecuentemente utilizado para inactivar los virus presentes en los alimentos. En términos generales, la resistencia al calor de estos virus es comparable al de las formas vegetativas de las bacterias patógenas más resistentes presentes en estos productos.

Para caracterizar un virus, generalmente se precisa aislarlo y cultivarlo. Como esto no siempre es posible, para llegar a un diagnóstico puede ser necesario el examen de las heces de los enfermos mediante microscopía electrónica, o la demostración de los anticuerpos específicos en el suero sanguíneo. Cuando los virus son capaces de crecer fuera de un hospedador, puede ser eficaz su aislamiento mediante las técnicas de cultivo de tejidos.

### **3.2 Clasificación**

#### **3.2.1 Virus que contienen ADN**

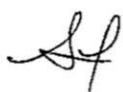
Los adenovirus entéricos humanos (de unos 75 nm de diámetro y ADN bicatenario) de los serotipos 40 y 41 pueden producir diarrea infantil y así difundirse por los alimentos. Virus pequeños con características de los parvovirus se han observado en brotes de gastroenteritis vírica, pero su verdadero papel en el hombre no está demostrado y sí en los animales de abasto. Estos virus tienen un tamaño de 18-26 nm de diámetro y ADN monocatenario. Virus parecidos a los parvovirus se han

observado también en brotes escolares de la llamada «enfermedad del vómito de invierno» y en brotes asociados con el consumo de moluscos bivalvos, como el que tuvo lugar en Inglaterra, en 1977, por el consumo de berberechos.

Otro virus de posible importancia es el **virus de Epstein-Barr (EB)**. Pertenece al grupo de los herpesvirus, que comprende el virus herpes simplex y el virus herpes zóster. Estos virus tienen un diámetro de aproximadamente 100-200 nm, son cúbicos y poseen envoltura. La mayoría de las infecciones humanas por el virus EB son asintomáticas, aunque pueden conducir a la mononucleosis infecciosa (fiebre glandular). Como quiera que se ha demostrado la presencia del virus EB en la saliva, la mononucleosis infecciosa se puede difundir al comer con utensilios o al beber con vasos contaminados con saliva y que no fueron lavados adecuadamente. El agente EB fue el primer virus identificado fuera de toda duda razonable como la causa principal de cánceres humanos, en concreto del linfoma de Burkitt y del carcinoma nasofaríngeo.

### 3.2.2 Virus que contienen ARN

La mayoría de los virus transmitidos por los alimentos contienen ARN monocatenario. El virus de la **hepatitis A** es el identificado más frecuentemente como contaminante de los alimentos. Origina una enfermedad grave que, aunque rara vez mortal, puede durar muchas semanas o meses. Este virus ha sido cultivado en el laboratorio. Es de forma cúbica y tiene un diámetro de 27-32 nm. Se ha indicado que el virus de la **hepatitis E** -que causa una enfermedad parecida a la hepatitis de tipo A- tiene una morfología similar a la de los calicivirus y ha sido implicado en brotes transmitidos por el agua; su papel



en las enfermedades transmitidas por los alimentos todavía no está bien comprobado.

Un grupo misceláneo de virus es el llamado **virus pequeños esféricos**. No se trata de un grupo taxonómico, sino más bien, que agrupa a distintos tipos de virus en función de su tamaño, forma y aspecto de su superficie al microscopio electrónico. Tienen un tamaño de 27-35 nm y todavía no pueden ser cultivados. Están muy próximos a los calicivirus. Resisten a pH neutro más de 30 minutos a 60°C. Estos y otros virus (rotavirus, poliovirus, calicivirus, astrovirus) son inactivados en el agua por 5-10 mg/l (=ppm) de cloro libre durante 30 minutos a 25°C.

Los rotavirus tienen una estructura muy característica y su ARN es bicatenario. Desempeñan un papel muy importante en las gastroenteritis agudas de niños de hasta 5 años. Se sabe menos de su importancia en adultos. Con frecuencia, se aíslan de las deposiciones de portadores sanos, hecho que dificulta enormemente la aplicación de los postulados de Koch, relativos a las enfermedades infecciosas, a la virología en general. Los rotavirus son transmitidos por medio del agua y de los alimentos, así como directamente de persona a persona.

La participación de los **coronavirus** y de otros virus (torovirus, reovirus) en procesos diarreicos humanos es menos conocida.

En España, únicamente se identifican algunos de estos virus a partir de muestras clínicas de pacientes con gastroenteritis aguda en los hospitales. La información con que se cuenta indica que los virus más frecuentemente identificados en casos agudos esporádicos y brotes pediátricos son los rotavirus, seguidos a distancia por los adenovirus y por los astrovirus. Se ha dado cuenta también de algunos brotes en escuelas y residencias de ancianos por virus del grupo Norwalk.



### 3.3 Los priones como agentes etiológicos de las encefalopatías espongiformes transmisibles (EETs)

Las EETs son trastornos neurodegenerativos que afectan al hombre y a varias especies de animales y que terminan con la muerte. Se caracterizan por síntomas neurológicos y por los cambios histológicos que originan en el encéfalo (tronco encefálico), consistentes en vacuolas apreciables por examen microscópico de secciones o cortes teñidos. En la Tabla 2.1, se relacionan las más conocidas. Entre ellas, el «scrapie» (prurigo lumbar o tembladera en español) en ovejas y cabras, la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob y la nueva variante de ésta, recientemente descubierta, ambas en el hombre. En la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob, se distinguen tres tipos o formas distintas: hereditaria, adquirida y esporádica.

**TABLA N° 2.1**  
**ENCEFALOPATÍAS ESPONGIFORMES DE LOS ANIMALES**  
**Y DEL HOMBRE.**

<b>Animales</b>
«Scrapie», prurigo lumbar o tembladera de la oveja y la cabra
Encefalopatía espongiforme bovina (EEB)
Encefalopatía del visón
Encefalopatía espongiforme de los felinos
Enfermedad crónica adelgazante de los cérvidos
<b>Hombre</b>
Enfermedad de Creutzfeldt-Jacob (ECJ)
Nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob (nvECJ)
Síndrome de Gerstmann-Straüssler-Scheinker
Kuru
Insomnio familiar letal

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000



La forma hereditaria se asocia con mutaciones en el gen que codifica la proteína prión. La forma adquirida es la iatrogénica, por ejemplo, a consecuencia de la utilización de la hormona del crecimiento procedente de cadáveres humanos y de los injertos de duramadre contaminada. También el Kuru, enfermedad en los años 50 de una tribu de Papua y Nueva Guinea, debida al canibalismo. La forma esporádica, que supone el 80% del total de casos, es de causa no bien conocida. Se observa en todo el mundo con una incidencia casi constante de menos de un caso por millón de habitantes y una edad media de los pacientes de 60-65 años. Es muy rara su presentación en personas de menos de 30 años. Al contrario ocurre con la nueva variante de esta enfermedad, descubierta en Inglaterra en 1996.

Por su prolongado período de incubación de años, hasta no hace mucho tiempo, se consideraba que todas las EETs eran producidas por virus lentos. Sin embargo, en la actualidad se está consolidando la teoría de que el agente infectante son **proteínas infecciosas denominadas priones**. Según Prusiner, tres son las características que diferencian a los priones del resto de los agentes infecciosos. En primer lugar, carecen de ácidos nucleicos. En segundo, el único componente es una proteína modificada o malformada, que sólo se diferencia de la normal en su forma espacial, pues mientras esta última posee una disposición fundamentalmente helicoidal (hélices  $\alpha$ ), la primera está mayoritariamente plegada (láminas  $\beta$ ). Y en tercero, el mayor componente y, posiblemente, el único, es la forma modificada de la proteína PrP<sup>c</sup> conocida como PrP<sup>Sc</sup>. La proteína PrP<sup>c</sup> es una glucoproteína que se halla presente en la superficie neuronal y que está codificada por un gen localizado en el cromosoma 20 humano. Se caracteriza por ser sensible a las proteasas, mientras que la forma modificada (PrP<sup>Sc</sup>) es relativamente resistente a estos enzimas y se acumula en vesículas



citoplásmicas. Se ha sugerido que la replicación del prión tiene lugar cuando la proteína modificada interacciona con la normal. Tanto la falta de actividad de la proteína normal como el acumulo de la anormal provocan las alteraciones asociadas a la aparición de la sintomatología.

Una propiedad destacada de los priones es su **extraordinaria resistencia** a los agentes físicos y químicos. Así, con respecto al calor, son precisas temperaturas de más de 130°C durante un tiempo considerable para inactivarlos por completo. Resisten también las radiaciones ionizantes y los rayos ultravioleta. Tampoco les afectan muchos desinfectantes químicos. Igualmente, son resistentes al pH ácido del estómago y a las proteinasas intestinales.

### **3.4 Bacteriófagos**

Los bacteriófagos (fagos) son virus que infectan a las bacterias. La Figura 2.4 muestra la morfología de bacteriófagos de Lactococcus. Pueden contener ADN o ARN. Algunos fagos han sido estudiados extensamente por los biólogos moleculares, especialmente los que infectan a E. coli, y se han utilizado como vectores para la transferencia de genes.

Las bacterias son infectadas por los bacteriófagos de una manera parecida a la infección de las células animales por los virus de los mamíferos, según se ha descrito en el epígrafe 2.3.1. Los fagos se adsorben a los receptores en la superficie de la célula bacteriana y su ácido nucleico penetra en su interior. El fago se multiplica utilizando el propio sistema de replicación del ácido nucleico bacteriano, llegando a lisis y destruir la bacteria hospedadora y liberando fagos para iniciar un nuevo ciclo de infección. A estos fagos se les califica de «líticos». Los fagos líticos pueden ser detectados fácilmente por las zonas o áreas de aclaramiento

(«placas» o «calvas») que producen en crecimientos continuos o confluentes de las bacterias sensibles en la superficie de medios sólidos.

Los denominados fagos atenuados o lisogénicos también infectan a la célula bacteriana, pero no la destruyen, permaneciendo en ella en forma de los denominados «profagos». En este caso, el genoma del fago se fusiona con el cromosoma bacteriano y se replica junto con él. En un porcentaje muy bajo de bacterias portadoras de profagos, el fago revierte al estado lítico, se replica, lisa y destruye la célula hospedadora. Por esta razón, las bacterias infectadas con profagos se denominan lisogénicas. Puede resultar muy difícil determinar que una célula bacteriana contiene profagos a no ser que se estimule la fase lítica, por ejemplo, mediante tratamiento con luz ultravioleta o con sustancias químicas como la acriflavina.

Los fagos son por lo general muy específicos para las células bacterianas hospedadoras, probablemente debido a la especificidad del proceso de adsorción: se precisan receptores particulares en cada caso en la superficie de la célula microbiana para que tenga lugar la infección. Esta especificidad ha sido aprovechada en los esquemas de fagotipado para identificar las cepas de algunas bacterias, por ejemplo, de *Staphylococcus aureus*, de *Salmonella typhimurium*, de *Salmonella enteritidis* y de *Shigella flexneri*, tipificación que es de suma utilidad en las investigaciones epidemiológicas.

Otra aplicación en la que los fagos han sido utilizados como instrumentos analíticos es el ensayo o determinación de los distintos fagos de *E. coli* en el agua y en los moluscos bivalvos. Son mucho más fáciles de detectar que los virus enteropatógenos, y su



persistencia es similar a la de éstos. Por consiguiente, después de los tratamientos de inactivación o de depuración, los fagos son mejores indicadores de la presencia de estos virus que las tradicionales bacterias fecales indicadoras, que son más sensibles. En la industria láctea, la infección o contaminación por fagos de las bacterias acidolácticas de los «cultivos iniciadores» utilizados en la fabricación del queso y del yogur puede causar una lentitud o el fracaso en la fermentación. Los fagos que infectan a las bacterias acidolácticas con frecuencia son fagos con ADN y presentan colas no contráctiles. Estos fagos de las bacterias acidolácticas generalmente son capaces de resistir la pasteurización láctea normal.

#### **4. Hongos**

##### **4.1. Fundamentos de su clasificación**

Las levaduras y los hongos filamentosos pertenecen al Reino de los Hongos (Reino Fungi) y son por ello dos grupos de microorganismos muy estrechamente relacionados. Tienen en común el ser organismos eucariotas, sin clorofila, heterótrofos, que se nutren por digestión externa y absorción a través de su pared celular y se reproducen de forma asexual y, dependiendo de la especie y de las condiciones, de forma sexual.

A efectos de su estudio en los alimentos, se les suele considerar de forma separada al diferir sustancialmente los sistemas empleados en su clasificación.

Los hongos filamentosos o mohos forman micelios verdaderos, constituidos por un conjunto de filamentos (hifas), que pueden estar o no tabicados o septados. Producen esporas asexuales y ciertas



**CUADRO N° 2.2**  
**CARACTERÍSTICAS ESTUDIADAS EN LA IDENTIFICACIÓN**  
**MORFOLÓGICA DE MOHOS.**

<b>Examen macroscópico de las colonias</b>	<b>Examen microscópico</b>
Diámetro	A la lupa:
Espesor de la parte aérea y sumergida	Tipo de estructura reproductora
Textura superficial	Existencia de cuerpos fructíferos y esclerocios
Topografía	Tamaño del estipe
Tipo de crecimiento	Cadenas de esporas: longitud, disposición
Borde	Al microscopio:
Zonación	Características de las estructuras reproductoras:
Color del anverso y reverso de la colonia	tamaño, disposición, etc.
Presencia de exudado y color	Características de las esporas:
Grado de esporulación	tamaño, forma, ornamentación, etc.
Pigmento en el medio	Existencia, forma, tamaño de los cuerpos fructíferos (ascocarpos y aseas), existencia de clamidosporas, existencia de células de Hülle

Fuente: Vanderzant C, Splittstoesser DF, eds. 1992.




**CUADRO N° 2.3**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS MOHOS PRESENTES EN LOS**  
**ALIMENTOS**

<b>Reino FUNGI</b>	
División Mastigomicotes	
Clase Oomycetes	
División Amastigomicotes	
Subreino/subdivisión Zygomycotina	
Clase Zygomycetes, Orden Mucorales	
Mucor	Syncephalastrum
Rhizopus	Thamnidium
Absidia	Rhizomucor
Subreino/subdivisión Ascomycotina	
Clase Ascomicetes	
Teleomorfos de Aspergillus	
Teleomorfos de Penicillium	
Teleomorfos de Paecilomyces	
Subreino/subdivisión Deuteromycotina (Fungi imperfecti)	
Clase Coelomycetes	
0. Sphaeropsidales	
0. Melanconiales	
Clase Hyphomycetes o Moniliales	
Acremonium	Monilielia
Alternaria	Penicillium
Aspergillus	Paecilomyces
Aureobasidium	Scopulariopsis
Botrytis	Stachybotrys
Cephalosporium	Trichotecium
Chrysonilia	Trichoderma
Cladosporium	Ulocladium
Epicoccum	Wallemia
Fusarium	

Fuente: Lansing M. Prescott, John P. Harley y Donald A. Klein. Microbiología. 2004

*AP*

*JA*

### 4.2.1 Zygomycetes

Estos mohos se consideran como más «primitivos» que los otros grupos aquí descritos. Poseen grandes hifas, no tabicadas, que explican su rápido crecimiento, y producen esporas asexuales (esporangiosporas) en cuerpos fructíferos denominados esporangios, y esporas sexuales (*zigosporas*), que se forman exógenamente. Los estipes portadores de esporangios se denominan esporangióforos y pueden estar ramificados o no. Al microscopio, con frecuencia los esporangios no aparecen intactos, por su fragilidad, y se observan las columelas (parte ensanchada del esporangio que queda después de liberar las esporas). En ocasiones, justo debajo del esporangio puede aparecer un ensanchamiento del esporangióforo denominado apófisis. Las hifas, además, pueden diferenciar dos tipos de estructuras no reproductoras: los estolones y los rizoides (estructuras con forma de raíces nacidas en la base de cada esporangióforo).

Los zigomicetos que aparecen en los alimentos pertenecen al orden Mucorales. Algunas especies de mucorales (por ej., *M. racemosus*) producen otro tipo de esporas asexuales, las clamidosporas, esporas de cilíndricas a esféricas con paredes relativamente gruesas formadas en hifas y estipes, a veces en gran número. Son más resistentes al calor, la luz y la desecación que las esporangiosporas. También es característica la producción de esporas en sacos cilíndricos (merosporangios) en algunos mucorales (por ej., *Syncephalastrum*). En otros casos (por ej., *Cunninghamella*), los esporangióforos dan lugar a pequeños esporangios (esporangiolos) monospóricos.

Los mucorales están ampliamente distribuidos en la naturaleza y son con frecuencia responsables de alteración de alimentos, tanto de origen vegetal como animal, siendo algunas especies útiles en la elaboración de determinados alimentos o en la obtención de ciertos compuestos de interés para la industria alimentaria, como algunos ácidos orgánicos y enzimas.

#### 4.2.2 Ascomycetes

Los ascomicetos son un grupo de hongos filamentosos que poseen hifas septadas y producen esporas sexuales denominadas ascosporas, característica que da nombre al grupo, que se forman en el interior de aseas (normalmente en número de ocho). Estas maduran lentamente (10 días a 25°C) y normalmente nacen en el interior de cuerpos macroscópicos denominados ascocarpos (también hallados en la bibliografía como *ascomas* o *ascomas*).

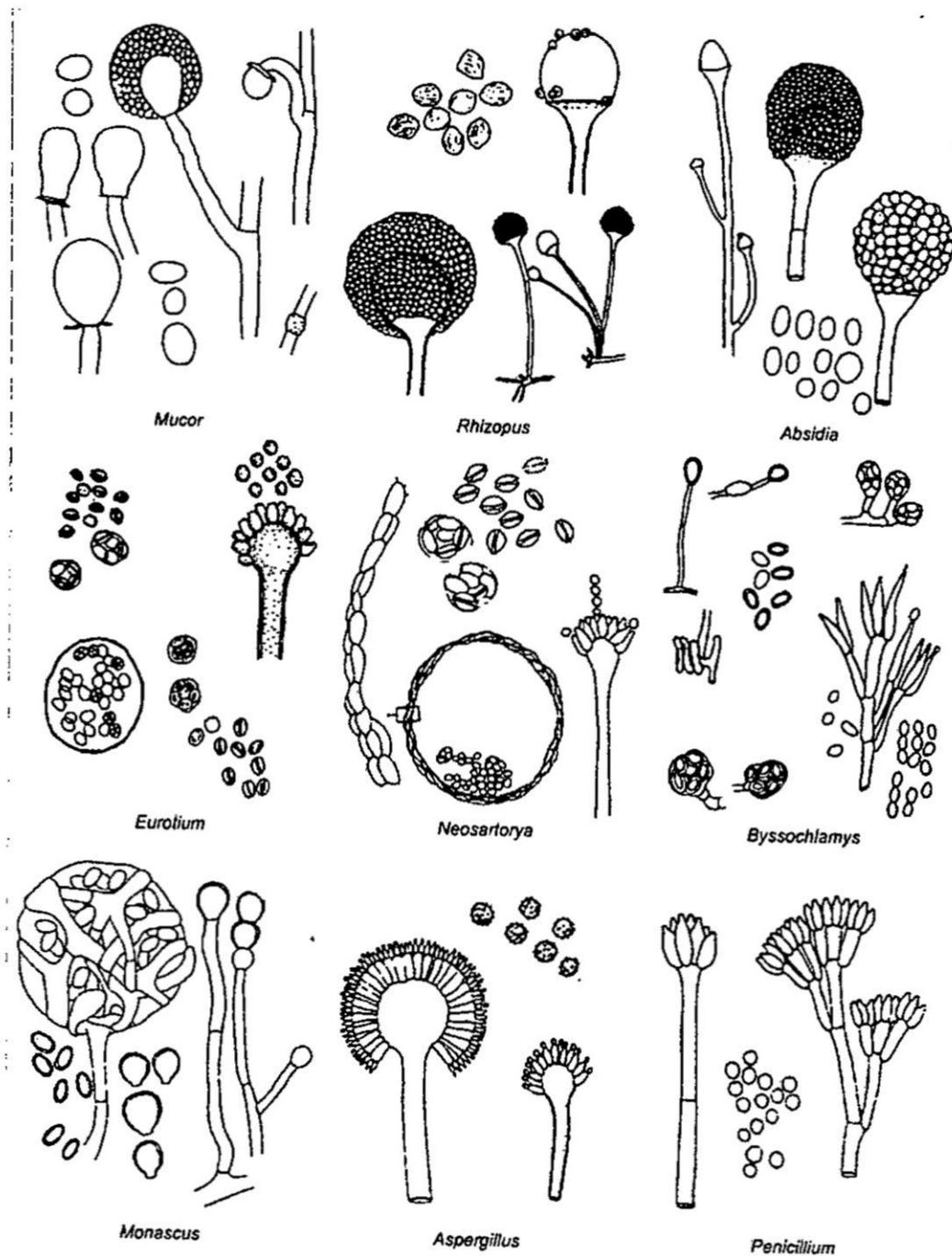
Los ascocarpos de mayor interés en alimentos tienen forma de cuerpos esféricos, bien con paredes lisas (cleistotecios), los más frecuentes, bien con paredes formadas por hifas (gimnotecios). En otros casos, el ascocarpo tiene forma de botella y está abierto en el ápice (peritecio). Finalmente, hay ascocarpos completamente abiertos, como con forma de copa (apotecios).

Los mohos pertenecientes a este grupo pueden reproducirse asexualmente principalmente por conidios.

Algunos ascomicetos (por ej., el género *Emericellá*) poseen unas estructuras esféricas grandes de paredes gruesas y rugosas semejantes a clamidosporas denominadas «células de Hülle» que rodean a los cleistotecios. Otros producen cuerpos de resistencia llamados esclerocios.



**FIGURA N° 2.3**  
**ESTRUCTURAS REPRODUCTORAS TÍPICAS DE LOS PRINCIPALES**  
**GÉNEROS.**

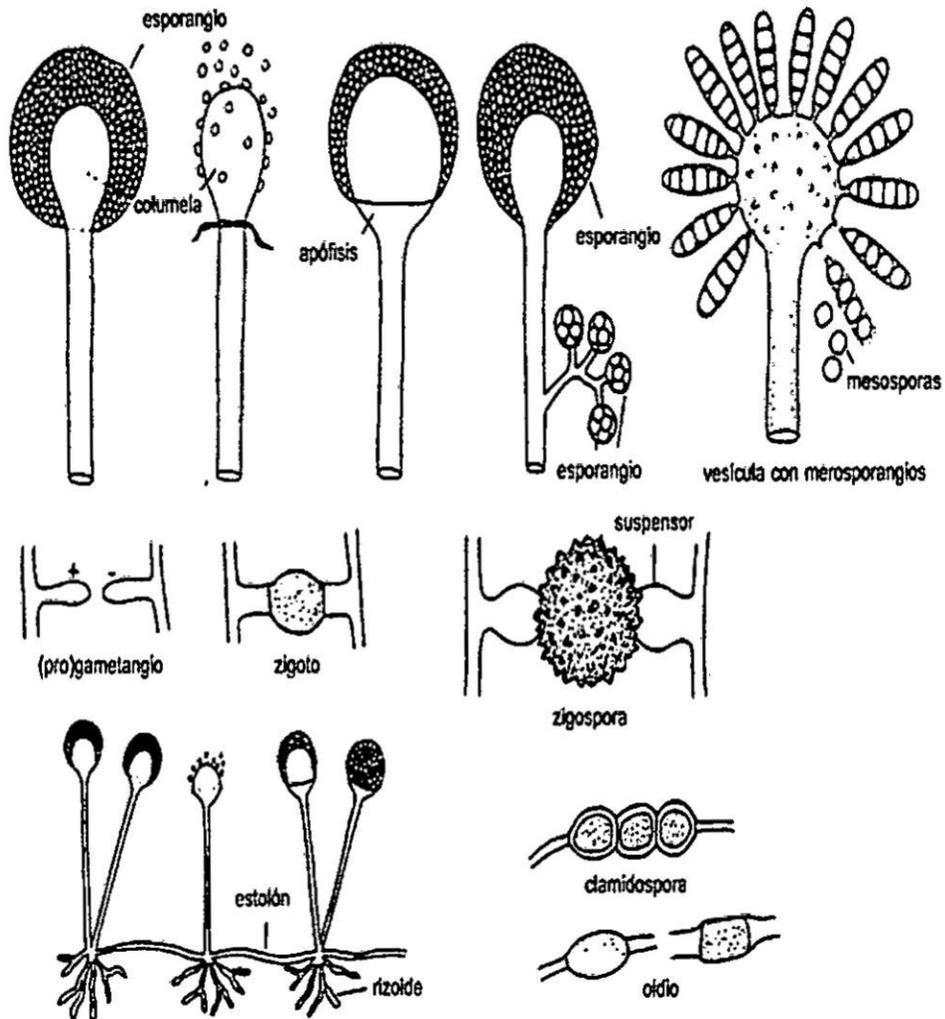


Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**FIGURA N° 2.4**  
**ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS DE ZIGOMECETOS**  
**MÁS FRECUENTES EN ALIMENTOS**



Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000

Se han reconocido diversas especies de mohos en este grupo. En base al tipo de ascocarpo que producen, se distinguen varias clases de ascomicetos, destacando dos en alimentos: aquellos que poseen cleistotecios o gimnotecios y aquellos que forman peritecios. Una tercera clase incluye ascomicetos que

SH

SH

se caracterizan por formar apotecios e incluyen un solo género de interés (*Sclerotinia*, forma perfecta de *Monilia* y *Botrytis*).

En el primer grupo citado, se incluyen formas perfectas de hongos cuyas formas asexuales se clasifican en el orden Moniliales (*Hyphomycetes*) de los Fungi imperfecti. Destacan los géneros *Eitrotium*, *Emericella* y *Neosartorya*, formas perfectas del género *Aspergillus*, diferenciales por la presencia o no de células de Hülle y el color de los cleistotecios. También se incluye en este grupo el género *Eupenicillium*, que forma cleistotecios, y *Talaromyces*, que produce gimnotecios, ambos formas perfectas de *Penicillium*. Finalmente, cabe citar el género *Monascus*, que incluye especies alterantes y especies beneficiosas, como *M. ruber* y *M. purpurea*, que se utilizan en la elaboración del arroz rojo chino. Una cepa de *Monascus bisporus* (especie ahora clasificada como *Xeromyces bisporus*) puede crecer a una  $a_w$  de 0,61, siendo el organismo más xerotolerante conocido.

En el segundo grupo, se incluyen géneros importantes como *Gibberella*, la forma perfecta de *Fusarium*, y *Claviceps*, género del que cabe citar únicamente la especie *C. purpurea*, hongo del cornezuelo, que crece en el centeno antes de la recolección y produce las toxinas determinantes de la "enfermedad del cornezuelo del centeno o ergotismo, enfermedad que fue plaga de la humanidad durante siglos y que aún hoy en día causa víctimas países subdesarrollados. El esclerocio («cornezuelo») puede sobrevivir al procesado de los alimentos. También *Neurospora sitophila* forma peritecios, aunque es encontrada en los alimentos su forma imperfecta, *Chrysonilia sitophila* (sinónimo de *Monilia sitophila*), conocida como el moho rojo del pan y utilizada para elaborar «oncom», un alimento indonesio

hecho por fermentación de los cacahuetes después de la extracción del aceite.

Por último, cabe citar al género *Byssochlamys*, forma perfecta de *Paecilomyces*, que no forma un ascocarpo definido, algunas de cuyas especies (por ej., *B. fulva* y *B. nivea*) producen la alteración de las frutas enlatadas y embotelladas, debido a que sus ascosporas son termorresistentes y pueden sobrevivir al tratamiento térmico.

#### 4.2.3 Deuteromycetes

Este grupo incluye todos los hongos en los que no se ha comprobado reproducción sexual, esto es, los hongos imperfectos. De ellos, los que aparecen en alimentos pertenecen a dos grupos que se diferencian por el tipo de formación de los conidios: *Hyphomycetes* o *Moniliales* (cuando los conidios nacen directamente de las hifas) y *Coelomycetes* (cuando nacen en cuerpos fructíferos). Dentro de este último grupo hay un único género de interés en alimentos, *Phoma*, caracterizado por la formación de cuerpos cerrados pero con un orificio apical (picnidios).

El grupo de deuteromicetos de mayor importancia en alimentos es el de los hifomicetos, que incluye los géneros más frecuentes en alimentos y los más toxigénicos. Este grupo se divide en géneros principalmente sobre la base de sus estructuras reproductoras (caracteres de sus esporas asexuales o conidios, color, forma y tabicación de los conidios, etc.). La estructura reproductora típica de cada uno de conidios se muestra en la Figura 2.4.

De los géneros de deuteromicetos que pueden aparecer en los alimentos, sin duda destacan tres por su frecuencia, su

complejidad y su importancia como alterantes de estos productos, así como por su capacidad de producción de micotoxinas: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*.

**Aspergillus** es uno de los géneros más amplios (unas 150 especies), y está caracterizado por la producción de colonias en tonos amarillos o verdes, blancos o negros. Su estructura reproductora típica está formada por una vesícula de la que salen una o dos filas de fiálides portadores de conidios de formas, tamaños y ornamentaciones diversas. Incluye numerosas especies alterantes y toxigénicas, destacando *A. flavus* por su prevalencia y por su capacidad de producir aflatoxinas.

**Penicillium**, género de gran diversidad y frecuencia en alimentos (unas 200 especies), da lugar a colonias en tonos verdes o azules, menos frecuentemente amarillos o blancos. Los conidióforos terminan en típicas estructuras en forma de pincel de ramificación diversa, portadores de conidios de estructura variada. Es el género que incluye mayor número de especies toxigénicas y se considera el de mayor complejidad taxonómica.

Finalmente, *Fusarium* produce colonias de crecimiento algodonoso en tonos pálidos o amarillos, rosas, rojos, etc. Las esporas asexuales pueden ser uni o pluricelulares (micro o macroconidios), y son frecuentemente fusiformes (típicas del género). Incluye más de 80 especies, varias de ellas alterantes y toxigénicas.

Para la adscripción de cepas de *Penicillium* y *Aspergillus* a especies, se han propuesto diversas técnicas como la comparación de patrones de metabolitos secundarios y de patrones electroforéticos de isoenzimas, así como diversas técnicas de biología molecular.

#### 4.3. Levaduras

##### 4.3.1 Criterios de clasificación

La distinción entre hongos filamentosos (mohos) y levaduras es un tanto artificial, puesto que ciertos géneros clasificados por algunos autores como mohos, por ejemplo, *Geotrichum*, *Eremascus* y *Aureobasidium*, se diferencian poco de algunos géneros que se consideran levaduras, por ejemplo, *Trichosporon* y *Endomyces*. A la especie *Aureobasidium pullulans* a veces se la conoce como la «levadura negra», pero como los hongos que producen pigmento negro no se incluyen en las levaduras, este organismo se clasifica como moho a pesar de sus varios caracteres parecidos a los de las levaduras. El género *Geotrichum*, considerado por algunos autores como moho, está incluido en el texto más reciente de taxonomía de levaduras (Kurtzman y Fell, 1998).

Sin embargo, la clasificación separada de las levaduras y los mohos es útil porque, según se ha indicado en la introducción, los métodos de identificación son distintos en las primeras que en los segundos. La identificación de las levaduras a nivel de especie depende más de las características fisiológicas y bioquímicas, aunque la agrupación preliminar todavía se basa en gran parte en criterios morfológicos.

Los caracteres morfológicos de las levaduras incluyen el aspecto macroscópico de las colonias en medio sólido y su color; el tipo de crecimiento en caldo; la forma y el tamaño de las células y su modo de división: gemación (polar, bipolar o multilateral) o fisión binaria (esta última mucho menos frecuente en levaduras aisladas de alimentos); si producen micelio o pseudomicelio y sus características; y el ciclo sexual, si es que existe. La formación de ascosporas con frecuencia resulta difícil de observar porque: (1) puede durar mucho tiempo; (2) con frecuencia es difícil de inducir; y (3) muchas cepas de levaduras pierden la capacidad para producir ascosporas por cultivo continuo en el laboratorio. Otras estructuras que se pueden observar son balistosporas, clamidosporas, etc., aunque son poco frecuentes en levaduras de alimentos. Por esta razón, muchos esquemas recientes para la identificación de las levaduras confían sobre todo en las pruebas bioquímicas, que son más fáciles de normalizar y realizar por aquellas personas que no tienen una amplia experiencia en micología. Cuando se observa formación de ascosporas, en la clasificación se tiene en cuenta su forma y tamaño, el aspecto de la pared de las esporas, el número de esporas por asea y la facilidad con que son liberadas del asea. Entre las pruebas bioquímicas más útiles, pueden citarse la fermentación o la asimilación de diversas fuentes de carbono, la producción de polisacáridos extracelulares, la capacidad para utilizar el nitrato como fuente de nitrógeno y la necesidad de factores de crecimiento. Asimilación significa utilización de una determinada fuente de carbono o de nitrógeno en una situación aeróbica, mientras que fermentación denota disimilación de una fuente en una situación semi-anaeróbica cuando el dióxido de carbono y el etanol son los productos



principales. Las levaduras que pueden fermentar un determinado compuesto siempre son de asimilarlo, pero lo inverso no siempre sucede.

Muchas levaduras producen trazas de ácidos volátiles y no volátiles y esteres que pueden ser útiles para su clasificación, además de ser importantes para el desarrollo o del sabor y el olor en las bebidas y en los los alimentos fermentados o de los olores desagradables en los alimentos alterados. Algunas levaduras no fermentan ninguna fuente de carbono, sino que más bien siguen una vía oxidativa.

Investigaciones recientes en la taxonomía de las levaduras han aplicado técnicas utilizadas en bacteriología para intentar establecer la relación filogenética entre las cepas. Por ejemplo, los porcentajes de GC, la hibridación del ADN, la fecundación cruzada y el análisis de las paredes celulares. Los resultados de estos estudios pueden ayudar a esclarecer la taxonomía de las levaduras, aunque tales técnicas no son apropiadas para la identificación de rutina. En la Tabla 2.4, se presentan algunos de los principales criterios utilizados actualmente para el agrupamiento taxonómico provisional de las levaduras. También han sido propuestos varios esquemas de identificación rápida de estos organismos.



**TABLA N° 2.4**  
**PRUEBAS UTILIZADAS EN LA IDENTIFICACIÓN DE**  
**LEVADURAS.**

<b>Criterios morfológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modos de reproducción vegetativa: gemación monopolar, bipolar o multilateral; fisión; conidios pedunculados; ballistosporas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma de las células: esferoidal, elipsoidal, cilíndrica, forma de limón («apiadada»), cuadrada, ojival, lunada, triangular, forma de botella</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de pseudomicelio o de micelio verdadero.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de esporas y tipo de las mismas: ascosporas, basidiosporas, clamidosporas, ballistosporas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modos de reproducción vegetativa: gemación monopolar, bipolar o multilateral; fisión; conidios pedunculados; ballistosporas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma de las células: esferoidal, elipsoidal, cilíndrica, forma de limón («apiadada»), cuadrada, ojival, lunada, triangular, forma de botella</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de pseudomicelio o de micelio verdadero</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de esporas y tipo de las mismas: ascosporas, basidiosporas clamidosporas, ballistosporas.</li> </ul>
<b>Propiedades de fermentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glucosa, galactosa, maltosa, sacarosa, lactosa, metil-<math>\alpha</math>-D-glucósido, trealosa, melibiosa, celobiosa, melecitosa, rafinosa, xilosa, inulina, almidón.</li> </ul>
<b>Propiedades de asimilación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes de carbono energéticas: las usadas en estudios de fermentación; sorbosa, ribosa, arabinosa (L- y D-), ramnosa, glucosamina, salicina, arbutina, glicerol, eritritol, ribitol, xilitol, L-arabinitol, sorbitol, manitol, galactitol, m/o-inositol, glucono-1,5-lactona, 2- y 5-cetogluconato, gluconato, glucuronato, galactorunato, lactato, succinato, citrato, metanol, etanol, propano-1,2-diol, butano-2,3-diol</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes de nitrógeno: nitrato, nitrito, etilamina, lisina, cadaverina, creatina, creatinina, glucosamina, imidazol.</li> </ul>
<b>Necesidades de vitaminas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna, mio-inositol, pantotenato, biotina, tiamina, piridoxina, niacina, ácido p-aminobenzoico.</li> </ul>
<b>Intervalo de temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento a 25, 30, 35, 37, 40°C</li> </ul>
<b>Otros criterios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia de la cicloheximida (0,01% y 0,1%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia del ácido acético (1%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osmotolerancia (50% y 60% de glucosa)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de almidón</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de pigmento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de ácido acético</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrólisis de la urea</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacción del azul B de diazonio</li> </ul>

Fuente: ICMSF 2000

De igual modo que los hongos filamentosos, las levaduras pueden ser saprofitas o parásitas. Aunque, según se ha indicado anteriormente, si bien algunas levaduras siguen un metabolismo oxidativo y por consiguiente aeróbico, generalmente se adaptan mejor que los mohos a las condiciones con niveles de oxígeno reducidos. Por consiguiente, las levaduras se encuentran en la profundidad de los alimentos líquidos con mayor frecuencia que los mohos, los cuales tienden a colonizar la superficie del alimento. Las levaduras son, por lo general, menos capaces que los mohos de romper moléculas complejas tales como la celulosa, si bien existen excepciones, por ejemplo, las levaduras lipolíticas y las amilolíticas.

No existe en modo alguno consenso universal con respecto a la clasificación de las levaduras. En los últimos años, el sistema de clasificación ha sufrido grandes cambios por la introducción de análisis filogenéticos de secuencias moleculares. Es por ello que la adscripción de géneros a familias es hoy en día incierta, por lo que a continuación se describirán únicamente los géneros de levaduras de mayor interés en

alimentos (véase Tabla 2.5). La descripción que sigue se basa en la dada por Kurtzman y Fell (1998). Se reconocen tres grupos principales: levaduras ascomicetos, levaduras deuteromicetos (imperfectas) y levaduras basidio-micetos. Lo mismo que en el caso de los hongos filamentosos, algunas de las levaduras deuteromicetos están emparentadas con levaduras ascomicetos y otras con levaduras basidiomicetos, mientras que en otras levaduras deuteromicetos todavía no se ha establecido relación alguna con ninguna levadura perfecta.

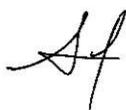


TABLA N° 2.5  
GÉNEROS DE LEVADURAS MÁS IMPORTANTES EN ALIMENTOS.

Género	Características de reproducción	Micelio/ pseudomicelio	Características bioquímicas	Principales alimentos en que aparecen
<i>Brettanomyces</i>	G (m)	P +, M -	F, NO <sub>3</sub> ±	Cerveza, sidra, bebidas refrescantes
<i>Bullera</i>	G, B	P ±, M ±	NF, NO <sub>3</sub> ±	Poco frecuente
<i>Candida</i>	G (m)	P ±, M ±	F ± NO <sub>3</sub> ±	Productos lácteos, vegetales y frutas
<i>Citeromyces</i>	G (m), A	P -, M -	F, NO <sub>3</sub> +	Frutas
<i>Cryptococcus</i>	G	P ±, M ±	NF, NO <sub>3</sub> ±	Vegetales, lácteos, cárnicos
<i>Debaryomyces</i>	G (m), A	P ±, M -	F ± NO <sub>3</sub> -	Frutas, carne, pescado, embutidos, queso
<i>Geotrichum*</i>	AR	P -, M +	F ± NO <sub>3</sub> -	Productos lácteos, cárnicos
<i>Hanseniaspora</i>	G (b), A	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Uvas, vino, cacao
<i>Kloeckera</i>	G (b)	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Fruta fresca y procesada
<i>Kluyveromyces</i>	G (m), A	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Productos lácteos
<i>Pichia</i>	G (m), A	P ±, M ±	F ± NO <sub>3</sub> ±	Bebidas
<i>Rhodotorula</i>	G	P ±, M ±	NF, NO <sub>3</sub> ±	Productos lácteos, frutas
<i>Saccharomyces</i>	G (m), A	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Diversos alimentos y bebidas
<i>Schizosaccharomyces</i>	F, A, AR ±	P -, M ±	F, NO <sub>3</sub> -	Jarabes, concentrados
<i>Sporobolomyces</i>	G, B	P ±, M ±	NF, NO <sub>3</sub> ±	Vegetales
<i>Torulaspota</i>	G (m), A	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Queso, pan, lechuga
<i>Trichosporon</i>	AR	P -, M +	NF, NO <sub>3</sub> -	Pescado, carne y productos cárnicos, queso
<i>Yarrowia</i>	G (m), A, AR ±	P +, M +	NF, NO <sub>3</sub> -	Productos lácteos
<i>Zygosaccharomyces</i>	G (m), A	P ±, M -	F, NO <sub>3</sub> -	Miel, zumos, bebidas

Fuentes: Pitt y Hocking, 1997; Kurtzman y Fell, 1998.

Tipo de reproducción: G, gemación (m, multipolar; b, bipolar; u, unipolar); F, fisión binaria; A, ascosporas. AR, artrosporas; B, balistosporas. M, micelio verdadero; P, pseudomicelio. F, fermentativa, NF, no fermentativa, NO<sub>3</sub> +, nitrato asimilado, NO<sub>3</sub> -, nitrato no asimilado.

± algunas especies +, algunas especies -.

\* Algunos autores consideran éste un género de mohos.

#### 4.3.2 Levaduras ascomicetos

Las levaduras con capacidad de reproducción por ascosporas de interés en alimentos pertenecen, la mayoría, al orden Saccharomycetales (anteriormente llamado Endomycetales), clase Hemiascomycetes. Dentro de este orden destacan varios géneros, y entre ellos *Saccharomyces*, que incluye la especie más estudiada hasta el momento, *S. cerevisiae*. Se trata de una levadura de gran poder fermentador, elemento esencial en la obtención de diversos alimentos fermentados que se conocen desde la antigüedad (pan, vino, cerveza, etc.). Además puede alterar bebidas, zumos, etc. Se conocen decenas de subespecies y casi 100 sinónimos según Kurtzmann y Fell (1998).

Otro género con gran poder fermentador es *Kluyveromyces*, que incluye varias especies frecuentes en productos lácteos (*K. lactis* y *K. marxianus*).

*Pichia* es el género más amplio de este grupo, con cerca de 100 especies, al absorber hace unos años al género *Hansenula*. En alimentos, destacan *P. anómala*, *P. fermentans*, *P. guilliermondi* y *P. membranaefaciens*, esta última frecuente en salmueras, encurtidos, salsas, pan, productos lácteos, embutidos y vegetales.

*Debaryomyces* incluye una quincena de especies, entre las que destaca en alimentos *D. hansenii*, forma perfecta de *Candida famata*. *D. hansenii* puede crecer en presencia de altas concentraciones de sal y muy bajas  $a_w$ , lo que le permite su desarrollo en salmueras y salsas, que puede alterar, y en productos cárnicos y lácteos, particularmente el queso, donde es posible que participe en la maduración. También puede alterar zumos de frutas.



*Yarrowia* incluye una sola especie de importancia en alimentos, *Y. lipolytica* (teleomorfo de *C. lipolytica*). Es productora de proteasas y lipasas y se emplea también a nivel industrial para obtener ácido cítrico, sustituyendo en los últimos años al moho *Aspergillus niger* en esta producción. Es frecuente en diversos alimentos, particularmente en productos lácteos, donde destaca por su potente actividad lipolítica y proteolítica.

También cabe citar en este grupo al género *Zygosaccharomyces*. La especie *Z. bailii* altera diversas bebidas como zumos, vinos y sidra. *Z. rouxii* soporta  $a_w$  muy bajas, lo que le permite alterar alimentos como la miel, mermeladas, frutas desecadas, etc. Ambas especies destacan por su resistencia a los conservadores ácidos (sorbico, benzoico, acético,  $SO_2$ ).

La especie *Torulaspota delbrueckii* ha sido aislada de diversos alimentos, algunos de los cuales, como el queso o el yogur, verduras o productos de panadería, puede llegar a alterar.

Finalmente, la especie *Citeromyces matritensis* es un sacaromiceto que aparece en alimentos con un elevado contenido en azúcares.

En el orden Schizosaccharomycetales (clase «Archiascomycetes»), cabe citar únicamente un género: *Schizosaccharomyces*. Éste se diferencia de los otros géneros citados por el tipo de reproducción asexual, que es fisión binaria en lugar de gemación. Estas levaduras también pueden formar artrosporas y micelio verdadero. Algunas especies son xerotolerantes (*Schizo. pombe*, *Schizo. octosporus*) y alteran alimentos que contienen concentraciones elevadas de azúcar. Tienen una temperatura máxima de crecimiento elevada (40-41°C).

responsable de la alteración de frutas frescas y procesadas. Además, interviene en las primeras fases de la fermentación del vino, aunque su baja producción de etanol y alta producción de ácidos volátiles hacen que su presencia en este producto no sea deseada en elevados niveles. *Geotrichum* es un género que algunos autores consideran dentro del grupo de los mohos, e incluye sólo una especie de interés en este capítulo, *G. candidum* (anamorfo de *Galactomyces candidum*), frecuente en frutas y derivados, particularmente en la industria de conservas, donde se ha empleado como indicador de higiene, existiendo una técnica de recuento de *Geotrichum* específica a este fin. También aparece en productos lácteos (pudiendo desempeñar en ciertas variedades de queso, como los quesos tipo Camembert, un papel beneficioso), carnes y productos cárnicos, etc.

Entre los géneros de anamorfos de basidiomicetos, caben destacar aquí *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Bullera* y *Trichosporon*.

Diversas especies de *Cryptococcus* (*Cry. laurentii*, *Cry. albidus*, *Cry. humicolus*, etc.) aparecen en diferentes alimentos (vegetales y derivados, lácteos, bebidas alcohólicas, carne, etc.), pudiendo ser responsables de alteración.

*Rhodotorula* es un género caracterizado por la formación de colonias de diversos colores (amarillas, rosas, naranjas o rojas) y la ausencia de capacidad fermentadora. Destacan en alimentos las especies *R. mucilaginosa* (sinónimo de *R. rubra*) y *R. glutinis*, presentes en frutas y hortalizas, zumos y productos lácteos, alimentos estos últimos que alteran con frecuencia por su capacidad de crecer a bajas temperaturas. También aparecen en pescado y derivados y carne y productos cárnicos.



*Sporobolomyces* y *Bullera* son menos frecuentes en alimentos y tienen como característica común la capacidad de formar balistosporas, esporas asexuales que son despedidas violentamente y que, cuando se cultivan en el laboratorio, con frecuencia forman una «imagen de espejo» de las colonias en la tapa de la placa de Petri. En el género *Bullera*, éstas son simétricas y las células geman y pueden formar micelio o pseudomicelio; además es no fermentador. *B. alba* puede causar problemas en las fábricas de alimentos, donde se propaga con el polvo. *Sporobolomyces* da lugar a balistosporas piriformes y forma colonias pigmentadas de color rosa. Puede formar un micelio con bandas de cierre o septos dolíporos. Al igual que *Bullera*, este género es no fermentador. Crece la materia vegetal en descomposición y también ha sido hallada en la superficie de ciertos alimentos.

*Trichosporon* forma micelio verdadero y artrosporas. La fermentación puede ser débil, ausente o latente. Se pueden encontrar algunas especies en la parte externa del pescado, sobre la carne aves de corral, los embutidos y en el queso. *T. variabile* causa el «pan yesoso» y *T. pallulans* usa en la fermentación del arroz indio y en la producción del alimento de harina de garbanzos denominado «idli».

#### 4.3.4 Levaduras basidiomicetos

Su significado en alimentos es casi irrelevante. Únicamente señalar que, de los géneros admitidos este grupo, tres de ellos tienen conexión con géneros de levaduras imperfectas citados en el apartado anterior: *Rhodospodium* con *Rhodotorula*, *Sporidiobolus* con *Sporobolomyces* y *Leucosporidium* con *Candida*.

#### 4.3.5 Otras agrupaciones de las levaduras

Dejando a un lado una clasificación puramente taxonómica, tradicionalmente se contempla una agrupación de las levaduras en función de diversos aspectos de interés en alimentos. Así, hay que considerar las levaduras formadoras de películas pertenecientes sobre todo a los géneros *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Yarrowia* y *Candida*), que tienen un metabolismo esencialmente aeróbico y que producen muy bajas cantidades de alcohol a partir de los azúcares; las levaduras apiculadas (o con forma de limón), como *Hanseniaspora* y *Kloeckera*, que se caracterizan por una gemación bipolar que les da la forma; y función de su capacidad de crecer en alimentos con alta concentración de solutos, como frutos secos, zumos concentrados, miel, etc., las levaduras osmofílicas (*Zygosaccharomyces*) y las halotolerantes (como *Debaryomyces*), que crecen en presencia de elevadas concentraciones de sal, formando una película en las salmueras.

### 5. Protozoos

#### 5.1. Introducción

Los protozoos son organismos unicelulares, que se clasifican en base a su morfología, medios de locomoción y ciclo biológico. El phylum Protozoa se divide en cuatro subphyla o divisiones: Sarcomastigophora, Sporozoa, Cnidospora y Ciliophora.

Los protozoos de importancia en los alimentos pertenecen principalmente a la división Sarcomastigophora (por ej., *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y los dinoflagelados) o a la división Sporozoa (*Toxoplasma gondii* y *Cryptosporidium parvum*). Miembros

## 5.2. Sarcomastigophora

Estos organismos son móviles por medio de pseudópodos, flagelos o por ambos sistemas. Poseen un núcleo único y no son esporógenos.

### ***Entamoeba histolytica***

Este organismo, causa de la disentería amebiana en el hombre, es un representante de un grupo de amebas (clase Rhizopoda, orden Euamoebida) que incluye tanto formas de vida libre no patógenas como formas parásitas. Tienen un citoplasma relativamente indiferenciado y carecen de estructuras especializadas. No existe pared celular rígida (excepto en el estado enquistado; véase más adelante) y se mueven lentamente por medio de pseudópodos. Estos organismos se nutren englobando partículas de alimento en el interior de vacuolas existentes en su citoplasma -fagocitosis- o por absorción de nutrientes solubles. No existe ninguna forma de reproducción sexual conocida; la reproducción asexual tiene lugar por fisión binaria.

Muchas amebas forman quistes que son más o menos esféricos y poseen una pared probablemente constituida por queratina o por un albuminoide. Los quistes son más resistentes a los medios hostiles y de menor tamaño que la forma ameboide (trofozoíto). Los quistes de *E. histolytica* tienen un tamaño del orden de 10 x 15  $\mu\text{m}$ , mientras que los trofozoítos miden aproximadamente 12 x 20  $\mu\text{m}$ .

Existe un gran número de especies de *Entamoeba* cuyo habitat es la boca o el intestino grueso. Se alimentan a base de bacterias, de otros protozoos o de restos de alimentos. Los tipos patógenos de *E. histolytica* invaden el revestimiento entérico, lo mismo que las shigelas, causando una diarrea con deyecciones teñidas de sangre. La Figura 2.5 representa la estructura de una ameba típica y la 2.6

vector fue el agua de bebida. Posiblemente las giardias que afectan al hombre son las mismas o similares que las que afectan a varias otras especies de mamíferos (*Giardia intestinalis*), en cuyo caso la contaminación podría proceder no sólo de fuentes fecales humanas sino también animales.

### ***Naegleria y Acanthamoeba***

Se trata de amebas de vida libre, que se encuentran en los biotopos acuáticos, de modo especial en las aguas superficiales poco profundas a temperaturas por encima de los 30°C.

***Naegleria.***- *N. fowleri* y *N. australiensis* muestran una transformación muy característica desde la morfología amébrica a la flagelada. Después de llegar a la cavidad oral y nasal, atraviesan la mucosa nasal y pueden causar una meningoencefalitis con mortalidad elevada.

No se ha descrito la infección como consecuencia de la ingestión de agua de bebida o de alimentos contaminados. Por otra parte, en varias ocasiones se ha dado la transmisión durante la práctica de la natación y del *wind-surfing*.

***Acanthamoeba*** Estos protozoos se encuentran frecuentemente en el suelo y en las aguas superficiales de todo el mundo. No tienen fase flagelada.

Las especies de *Acanthamoeba*, por ejemplo, *A. culbertsoni*, son los agentes causales de un tipo de meningoencefalitis más crónica, no mortal, y de una infección crónica de la córnea (queratitis).

### ***Dinoflagelados***

Este grupo está relacionado estrechamente con las algas unicelulares, con las que a veces se incluye. Son organismos

saprofitos, algunos producen toxinas potentes y de aquí que estos dinoflagelados sean la causa de las denominadas **intoxicaciones paralítica y diarreica por moluscos bivalvos** en el hombre.

Entre los dinoflagelados responsables, se citan varias especies de *Gonyaulax* implicadas en la intoxicación paralítica y *Gambierdiscus toxicus*, *Porocentrum* spp., *Palytoa* spp., y tal vez otras especies, en la intoxicación llamada ciguatera contraída por el consumo de ciertos peces. Todos ellos producen potentes neurotoxinas.

### 5.3. Sporozoa (Apicomplexa)

La mayoría de los Sporozoa (clase Telesporea) son parásitos intracelulares incapaces de ingerir materia corpusculada. Carecen de órganos de locomoción, incluso de pseudópodos. Casi todos los representantes de este grupo producen esporos extraordinariamente resistentes -de aquí su nombre-. Tienen un ciclo biológico complejo, con fases de reproducción tanto sexuales como asexuales y más de un hospedador.

#### ***Toxoplasma gondii***

Estos organismos pertenecen a la subclase Coccidia. Son la causa de la toxoplasmosis animal y humana, esta última contraída por el consumo de carne cruda o poco hecha, producto donde se encuentran los toxoplasmas endógenamente, como consecuencia de su ciclo biológico. Las células de *T. gondii* son móviles y tienen forma de media luna, miden 3-12  $\mu\text{m}$  de largo por 1-3  $\mu\text{m}$  de ancho, con un extremo romo y el otro más aguzado. El núcleo se halla situado próximo al extremo romo y el cuerpo parabasal próximo al extremo aguzado. La multiplicación asexual tiene lugar en el interior de las células hospedadoras. El proceso se conoce como endodiogenia: una serie de divisiones rápidas, después de las cuales los taquizoítos resultantes son liberados e infectan nuevas

células. Este ciclo se puede repetir varias veces, pero la inmunidad hace disminuir la multiplicación de los zoítos y se forman los quistes tisulares, rodeados de una pared conjuntiva y que encierran los bradizoítos o formas de multiplicación lenta. Pueden permanecer vivos durante toda la vida del animal e igual sucede en el hombre. En éste, la edad y la enfermedad (cáncer, SIDA) pueden reiniciar una fase aguda, con rápida multiplicación.

Tales quistes tisulares poseen una pared bien diferenciada, resistente y elástica, y pueden contener del orden de 1.000-3.000 organismos por quiste. Se pueden formar en varios tejidos de una gran diversidad de mamíferos, incluido el hombre, y son infecciosos cuando son ingeridos por otros mamíferos. Generalmente se encuentran en los músculos y en el tejido nervioso. Son bastante resistentes: siguen siendo viables mucho tiempo después de la muerte del hospedador. La exposición a temperaturas inferiores a -20°C por más de 24 horas reduce marcadamente su virulencia.

Los ooquistes se forman mediante un mecanismo sexual y sólo se han observado en las heces de los gatos, a los que se considera como los hospedadores «definitivos».

### ***Sarcocystis, Isospora y Cyclospora***

Las especies de *Sarcocystis* tienen ciclos biológicos similares a los de *Toxoplasma*, excepto que la alternancia de hospedadores es obligatoria. En el caso de *Toxoplasma*, el parásito puede ser transmitido indefinidamente de un hospedador intermediario, o de un hospedador definitivo, a otro. Las especies de *Isospora* aparentemente sólo infectan a un hospedador y la infección es transmitida por medio de los oquistes existentes en las heces a otro hospedador de la misma especie. La mayor versatilidad de *Toxoplasma* para infectar varios hospedadores probablemente explique su extraordinaria difusión.

En el músculo de casi todos los bóvidos y óvidos se encuentran quistes de *Sarcocystis*. La mayoría son inocuos para el hombre, pero los de *S. bovi hominis*, presente en la carne de vacuno, antaño conocido en su hospedador definitivo -el hombre- como *Isospora hominis*, causa diarrea en las personas, de igual modo que lo hacen los de *S. sui hominis*, presentes en la carne de cerdo. Las carnes de vacuno y de cerdo que contienen quistes de estos sarosporidios son, pues, el vehículo de la infección humana. A su vez; los ooquistes eliminados con las heces del hombre son el vehículo de la infección de los animales de abasto.

Las especies de *Isospora*, transmitidas principalmente por la vía de contagio fecal-oral, no causarán enfermedad en el hombre, excepto en individuos gravemente inmunocomprometidos.

*Cyclospora cayetanensis* ha producido diarrea en personas que han viajado a Haití, México, Nepal, India, Pakistán y Marruecos. Su ciclo biológico, hospedadores afectados y modo de transmisión se desconocen en gran parte.

### ***Cryptosporidium parvum***

Este organismo ha sido identificado como causa de enteritis en personas originariamente sanas e inmunocompetentes. Se trata de una **enfermedad emergente**. Esta infección puede ser mortal en pacientes inmunocomprometidos, especialmente en los enfermos de SIDA.

**Cryptosporidium** es el único género de la familia Cryptosporidiae. Se conocen once especies, de las que *Cryptosporidium parvum* se encuentra en hombre. Contrariamente a lo que antes se creía, parece que *Cryptosporidium* tenga mucha especificidad de hospedador, aunque el organismo monoxeno, es decir, su desarrollo total tiene lugar en un solo hospedador. Prácticamente todas las aves, además



de los cerdos, corderos, terneros, gatos y perros, han sido citados como portadores de *Cryptosporidium*.

### **Microsporidios**

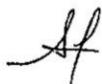
Los protozoos de este phylum son parásitos intracelulares de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Producen esporos provistos de una pared gruesa, que contienen un esporoplasma infeccioso con un filamento polar que penetra en los enterocitos, pero también se propagan, por ejemplo, al cerebro. Una sola especie, *Enterocytozoon bienensí*, ha sido identificada como el agente etiológico de una diarrea grave en los enfermos de SIDA y por lo tanto es una especie candidata a la transmisión fecal-oral por medio del agua y los alimentos.

## **6. Helmintos**

### **6.1. Introducción**

Los vermes o gusanos de interés como parásitos humanos transmitidos por alimentos pertenecen a dos phyla: Platelmintos y Nematelmintos. El primero de ellos, que contiene los vermes de organización más sencilla, incluye dos clases, que desempeñan un papel en las enfermedades transmitidas por alimentos, a saber, los Tremátodos o distomas y los Cestodos o tenias. El segundo phylum comprende los vermes redondos.

Los vermes que causan enfermedades humanas pueden proceder, igual que los protozoarios entéricos, de dos orígenes: en unos casos, se encuentran en los alimentos, principalmente de origen animal, de forma intrínseca o endógena, como consecuencia del ciclo biológico del parásito, y en otros, llegan a ellos por



contaminación de origen externo, como consecuencia de su manipulación antihigiénica.

El orden con que se tratan a continuación los vermes transmitidos por alimentos es, en líneas generales, el de su importancia en patología humana, aunque por razones taxonómicas, ha sido preciso alterar un poco la ordenación.

## 6.2. Cestodos

### 6.2.1 Caracteres generales

Los Cestodos son vermes (tenias) que en la fase adulta poseen un cuerpo alargado parecido a una cinta y carecen de canal alimentario. Los adultos viven en un habitat con una gran concentración de nutrientes, es decir, generalmente en el intestino delgado, que absorben a través de la cubierta de su cuerpo. Por consiguiente, crecen rápidamente.

Las formas adultas de todas las tenias transmitidas por los alimentos están divididas característicamente en segmentos, anillos o proglótidos, cada uno de ellos conteniendo una dotación de órganos reproductores masculinos y femeninos. Poseen una cabeza, o escólex, provista de estructuras con las que se fijan o anclan en la mucosa intestinal del hospedador. A medida que el verme crece, los órganos reproductores existentes en los proglótidos maduran y finalmente los proglótidos o anillos maduros, que contienen grandes cantidades de huevos fecundados, se desprenden bien como anillos individuales o agrupados, y son eliminados con las heces.

Los cestodos necesitan uno o dos hospedadores intermediarios, vertebrados o invertebrados, de sangre caliente



o de sangre fría. El hombre puede ser bien hospedador intermedario de la fase larvaria, albergando los quistes cisticérquicos y equinocócicos, u hospedador definitivo, las formas adultas.

### **Taenias**

Las tenias solitarias, como otras especies del genero *Taenia* (familia *Taenidae*, orden *Cyclophyllidea*, clase *Cestoda*), son gusanos aplanados, excepcionalmente largos (Verster, 1969). La *T. solium* normalmente mide entre 1.5 y 5 m de longitud; el scolex posee cuatro ventosas y un rostelo coronado por dos hileras de ganchos. A diferencia de *T. solium*, la *T. saginata* (la tenia de los bovinos) no posee un rostelo y por tanto carece de una corona de ganchos . El numero de ganchos rostelares puede variar entre 22 y 32, y su tamaño entre 159 y 173  $\mu\text{m}$  (media  $165.7 \pm 5.0$ ). Tanto las ventosas como el rostelo son estructuras de fijacion que capacitan a la solitaria para mantenerse anclada en la pared del yeyuno. Estudios en modelos experimentales han permitido un análisis detallado de la intima unión que establece este parasito sobre la pared intestinal (Merchant *et al.*, 1998).

El proceso de estrobilacion (producción de proglotidos) ocurre en la región distal del cuello. Los proglotidos son segmentos independientes pero unidos entre sí. Están recubiertos por un tegumento con microtricas en su superficie exterior, constituyendo un tejido sincitial con funciones de secreción y absorción. El parénquima de los proglotidos inmaduros cuenta con abundantes fibras musculares lisas y bolsas de glucógeno, estructuras que son menos aparentes conforme se van desarrollando los órganos genitales. La presencia del tejido

muscular explica los constantes movimientos de contracción y relajación que se observan tanto en el cisticerco como en el gusano adulto vivo. La presencia de abundantes partículas de glucógeno distribuidas entre todas las estructuras, sugiere que la glucosa es la fuente de energía mas importante para el cestodo.

Los proglotidos inmaduros cercanos al cuello son de tamaño variable. Los proglotidos maduros, incluyendo los proglotidos grávidos, generalmente miden de 7 a 12 mm de largo por 5 a 6 mm de ancho. Cada proglotido maduro puede considerarse como una unidad reproductora independiente, puesto que posee órganos genitales masculinos y femeninos. Los genitales masculinos se desarrollan primero y están constituidos por un gran número de testículos (275 a 575) que confluyen en un ducto genital que a su vez desemboca por un costado del proglotido en el atrio genital. Recientemente se ha descrito con detalle el proceso de espermatogenesis en *T. solium* (Willms *et al.*, 2003). El proceso comprende meiosis y maduración de espermatozoides filiformes (no tienen cabeza), con un solo axonema, alrededor del cual se encuentra el núcleo enrollado en forma helicoidal, y una capa de microtubulos helicoidales externos (Justine, 1998).

Los genitales femeninos están constituidos por un ovario aparentemente trilobulado situado en la base del útero en el extremo posterior del proglotido. El ovario desemboca a traves de la vagina en el atrio genital. El útero en los proglotidos gravidos muestra de siete a 15 ramas laterales repletas de huevecillos.



Cada una de las ramas puede presentar subramificaciones. El número de ramas uterinas permite diferenciar morfológicamente a *T. solium* y *T. saginata*

### ***Echinococcus***

El género *Echinococcus* incluye endoparásitos del phylum Plelmintos, clase Cestodos, subclase Eucestodos, orden Ciclofilídeos, familia Ténidos. Hasta hace poco tiempo se reconocían cuatro especies en el género, denominadas *E. granulosus*, causante de la equinococosis quística, *E. multilocularis*, causante de la equinococosis alveolar, y de menor relevancia por su incidencia a nivel mundial *E. vogeli* y *E. oligarthrus*, causantes de la equinococosis poliquística. Sin embargo, estudios filogenéticos recientes, basados en la secuencia nucleotídica de todos los genes mitocondriales y de varios genes de proteínas nucleares, han mostrado la existencia de tres nuevas especies denominadas *E. felidis*, *E. ortleppi* y *E. shiquicus* (Nakao et al., 2013).

La enfermedad se transmite a través de un ciclo mantenido entre el perro como hospedador definitivo y distintos ungulados domésticos, principalmente ovinos, porcinos, bovinos y caprinos como hospedadores intermediarios, tal como se detalla en la siguiente sección. Como se comentó anteriormente, el hombre también puede actuar como hospedador intermediario, pero se considera un hospedador accidental, ya que interrumpe el ciclo biológico del mismo. En los hospedadores intermediarios, el metacestodo se establece en el parénquima de un órgano, generalmente hígado o pulmón, generando una estructura quística, denominada quiste hidático. Habitualmente la infección permanece asintomática



durante años, hasta que la aparición de complicaciones, como la rotura del quiste o la compresión de los órganos adyacentes, desencadena la sintomatología de la enfermedad, que puede variar según el órgano afectado y el número y tamaño de los quistes presentes.

### ***Diphyllobothrium***

La tenia de los peces, o la tenia ancha, como también se conoce a este parásito, es el gusano plano de mayor longitud entre los que afectan al hombre. Es un parásito hermafrodita, común en personas que viven en los países bálticos, áreas de Escandinavia, Rusia y Finlandia, también en zonas de Alaska y Canadá.

*Diphyllobothrium latum* parasita el intestino delgado del hombre, perros, gatos, osos y otros animales de hábitos piscívoros como zorros, armiños y focas. Los huevos no embrionados salen al exterior por el poro uterino de los proglótides grávidos, y se mezclan con las materias fecales. Si caen en el agua fresca, completan su desarrollo a embrión ciliado entre 8 a 14 días, conocido también como coracidium. Este, poco tiempo después escapa del huevo y en el agua es ingerido por pequeños crustáceos, de los géneros *Cyclops* y *Diaptomus*, los que constituyen su primer hospedero intermediario.

Dentro del crustáceo el coracidium pierde sus cilios y por medio de sus seis ganchos atraviesan la pared intestinal de su hospedero y en su cavidad general se transforma en larva procercoide, al cabo de 2 ó 3 semanas. Para que el ciclo continúe, el crustáceo infectado debe ser ingerido por alguna especie de pez que le sirva como segundo hospedero



intermediario, donde a su vez se transforma en larva plerocercóide, ya infectante para el hombre.

Estos peces son muchas veces ingeridos por otros más grandes, donde estas larvas no experimentan cambios, solo infectan los músculos del pez y quedan en espera de ser ingeridas por un humano u otros hospederos definitivos, con el fin de desarrollar la forma adulta.

Cuando el hombre ingiere pescado fresco, crudo o insuficientemente cocinado, infectado con larva plerocercóide, la larva llega al intestino delgado, donde el escólex se adhiere a la pared del intestino mediante las botridias y se forman paulatinamente los proglótides, hasta quedar constituido el parásito adulto. El parásito comienza la oviposición en pocas semanas

### ***Spirometra mansoni***

*Es un género similar a Diphyllobotrium latum, con un escólex en forma foliácea y color amarillo, grisáceo. Se caracteriza por la forma espiral de su útero y los orificios del cirro y de la vagina se abren separadamente en un seno común.*

Ciclo biológico en el interior del gato la tenia se reproduce y pone huevos que salen con las heces. En condiciones desfavorables los huevos pueden permanecer un año a 4°C sin perder viabilidad. Cuando llegan las condiciones favorables de humedad y temperatura, se libera una larva que es ingerida por un crustáceo (generalmente del género Cyclops), en cuyo interior se desarrolla el procercoide. El segundo hospedador intermediario ingiere el Crustáceo y con ello también los procercoides, los cuales alcanzan en su interior la fase de plerocercóide. El parásito se libera en el interior de la cavidad



intestinal del pez y atraviesa la pared llegando a la musculatura. El Hospedador definitivo se contagia comiendo el pescado infestado. El parásito se ancla a la pared intestinal del gato y allí se desarrolla hasta el estado adulto. El daño se genera mediante la acción mecánica, expoliatriz, irritativa, traumática, tóxica y alergizante.

### 6.3. Trematodos

#### 6.3.1 Caracteres generales

Los trematodos constituyen un grupo heterogeneo de gusanos planos (plathelminetos), que agrupa a los helmintos más abundantes en el reino Animalia, después de los nematodos. Son parásitos que, en su fase juvenil y/o de adulto, afectan a toda clase de vertebrados e invertebrados.

Un número limitado de trematodos digenéticos tiene importancia médica, pero varias especies causan severas pérdidas económicas debido a las parasitosis que producen en ganado y animales domésticos.

Los trematodos de importancia médica se ubican en la subclase Digenea, entre ellos los géneros *Fasciola*, *Clonorchis* y *Epistorchis* (hígado), *Fasciolopsis*, *Heterophyes*, *Metagonimus* y *Echinostoma* (intestino delgado), *Paragonimus* (pulmones), *Schistosoma* (hemático).

#### ***Fasciola hepática***

La *Fasciola hepatica* adulta es un trematode de 20 a 50 mm de largo por 6 a 12 mm de ancho que reside en los conductos biliares del huésped definitivo. Para completar su ciclo biológico, la *F. hepatica* necesita dos huéspedes, uno intermediario (caracol) y otro definitivo (mamífero).



En ambas las poblaciones del parásito pueden aumentar en número, dentro del intermediario por la producción de cercarias y dentro del definitivo por la postura de huevos.

Cada parásito adulto puede llegar a producir entre 20.000 a 50.000 huevos por día, estos son arrastrados por la bilis hasta el intestino y evacuados con la materia fecal. Dependiendo de la temperatura (mayor a 10°C) y humedad ambiente, dentro del huevo se desarrolla el miracidio, que será el encargado de buscar y penetrar el caracol intermediario para evolucionar hasta el estadio de cercaria. Si bien se estimó que las probabilidades de que un huevo se transforme en *F. hepatica* es de  $1 \times 10^6$  (Taylor, 1965), el resultado de una infección exitosa de un miracidio en un caracol puede llegar a producir de 400 a 1.000 cercarias, que luego de abandonar el caracol, nadan hasta enquistarse en formas infestantes llamadas metacercarias, estas al ser ingeridas con el pasto y al llegar al intestino se transforman en Fasciolas jóvenes que atravesando la pared intestinal, migran hacia el hígado a través de la cavidad peritoneal. Luego de perforar la cápsula hepática, continúan migrando a través del parénquima durante 6 a 7 semanas, hasta llegar a los conductos biliares, donde con la puesta de huevos, 8 a 12 semanas post infección, completa el ciclo.

### ***Clonorchis sinensis***

También conocido como duela hepática china es un gusano parásito del hombre que pertenece al grupo de los trematodos, filo platelmintos. Vive en el hígado humano, encontrándose principalmente en los conductos biliares y la vesícula biliar, se alimenta de bilis.



La infección provocada por este gusano se llama clonorquiasis y es la tercera parasitosis más frecuente del mundo. Es endémica de Japón, China, Taiwán y el sureste de Asia. Se estima que el número total de personas afectadas asciende a 30.000.000. La enfermedad se contrae tras consumir peces de agua dulce poco cocinados o ahumados que estén infectados por la forma larvaria del parásito.

Posee un ciclo triheteroxeno. Necesita de 3 hospedadores para llegar al estado adulto:

- Hospedador intermedio 1: la larva sale del hombre como huevo y es ingerida por un gasterópodo acuático (un caracol de agua, por ejemplo). Tras pasar por varias fases larvarias se transforma en una cercaria.
- Hospedador intermedio 2: el caracol puede ser presa de un pez y la cercaria se enquista (metacercaria) en el músculo del animal.
- Hospedador definitivo: el pez es ingerido por un humano y la metacercaria puede completar su ciclo en el conducto biliar, donde se desarrolla hasta adulto.

Esta parasitosis predispone la aparición de colangiocarcinoma en el ser humano.

#### 6.4. Nematodos

##### 6.4.1 Caracteres generales

Es un grupo muy numeroso, hay nemátodos parásitos, de invertebrados, vertebrados y de plantas y de vida libre (dulceacuícolas, marinos y terrestres). Entre los parásitos de vertebrados existen nematodos de importancia sanitaria y veterinaria.



Son alargados con ambos extremos ahusados, presentan simetría bilateral y el compartimento del tejido conectivo (CTC) fluido, cavidad corporal que derivó del blastocele embrionario. Tienen un sistema digestivo completo, con la boca en el extremo anterior y el ano cerca del extremo posterior.

El cuerpo está recubierto con una cutícula no celular que es secretada por la hipodermis y es eliminada cuatro veces durante la ontogenia. Los músculos de la pared del cuerpo presentan un arreglo longitudinal, sin capa circular.

El sistema excretor consiste en glándulas ventrales, canales laterales, o ambas, abriendo cerca del extremo anterior por un poro excretor ventral.

Excepto por algunos órganos sensitivos que tienen cilias modificadas, no presentan cilias ni flagelos, incluso aún en el gameto masculina. La mayoría de los nemátodos son dioicos y presentan un dimorfismo sexual considerable: las hembras son generalmente más grandes, y el extremo posterior del macho es más curvado. Algunas especies son hermafroditas y otras partenogenéticas. La mayoría son ovíparos, pero algunos son ovovivíparos. El sistema reproductor femenino abre en un poro genital ventral, mientras que el masculino abre en una cloaca, junto con el aparato digestivo. Los nemátodos adultos varían en tamaño, desde 1 mm, como el género *Caenorhabditis*, a más de un metro como *Dracunculus*.

#### 6.4.2 Nematodos ascáridos

***Ascaris lumbricoides***.- Es un nematodo parásito del intestino delgado del hombre,<sup>1</sup> muy frecuente en países subdesarrollados. Este gusano se le llama también **lombriz intestinal** por su forma alargada que lo asemeja a la lombriz de



tierra. En el cerdo se encuentra una especie prácticamente idéntica, llamada *Ascaris suum*.

Los individuos de *Ascaris lumbricoides* son cilíndricos con extremos puntiagudos, con una longitud que va desde 15 cm y que pueden alcanzar los 50 cm, su coloración rosado claro-nacarado y poseen tres labios gruesos (uno ventral y dos dorso laterales) en su extremidad anterior.

Las hembras miden 25 a 35 cm mientras que los machos miden solo de 15 a 30 cm. En el extremo posterior la hembra termina en forma recta, y los machos en una curva con dos espículas para copular.

Los huevos fértiles de *Ascaris lumbricoides* tienen forma oval o redonda, con una cubierta protectora formada por tres capas (una interna vitelina, una media transparente y una externa mamelonada - albuminoide) y en el interior una masa granular de donde se originará la larva.

Los huevos infértiles provienen de hembras no fecundadas y son menos frecuentes en observarse. Son más irregulares y alargados y con una sola capa generalmente. No infectan pero tienen importancia en el diagnóstico.

El hombre se infecta por el ascaris a través de la ingestión de sus huevos que se encuentran presentes en el suelo contaminado. De modo que el estadio infectante son los huevos larvados. Desde los huevos emergen las larvas en el intestino delgado, las que penetran la pared intestinal y alcanzan la circulación sanguínea a través de la cual llegan a los pulmones. En los pulmones penetran los alvéolos de donde pasan a los bronquios y a la tráquea y salen a la laringe para ser deglutidas y llevadas nuevamente al intestino delgado donde se desarrollan y alcanzan el estado adulto.



Las lombrices intestinales nunca se adhieren a la pared intestinal, habitando sólo en la luz intestinal, en donde absorben los nutrientes que el huésped ingiere.

Las hembras grávidas diariamente oviponen miles de huevos no embrionados en la luz intestinal que pasan al medio exterior a través del ano por medio de las heces de donde pueden contaminar el suelo, sobre todo si se encuentra húmedo y tibio y rico en dióxido de carbono para que se desarrolle la larva infectante. Una vez en el suelo, los huevos de *A. lumbricoides* necesitan realizar un ciclo de maduración para convertirse en huevos larvados infectantes, aquí alcanza su segundo estadio (L2).

El estadio diagnóstico de una ascariasis son los huevos (fértils o infértiles) o los adultos expulsados en las heces.

**Anisakis.**- El anisakis puede parasitar mamíferos marinos (ballenas, delfines, marsopas, focas y leones marinos) y casi cualquier especie de pez marino de consumo habitual: bacalao, sardina, boquerón, merluza, salmón, pescadilla, bonito, caballa, abadejo, anchoa, jurel, atún, arenque, melva, sable, bacaladilla, fletán, rodaballo, salmónidos salvajes, castañuela, boga, carbonero, etc... Entre los cefalópodos, el más parasitado es el calamar.

Es una zoonosis. El hombre se convierte en un huésped accidental al ingerir peces o cefalópodos crudos que contienen sus larvas.

Los estadios adultos del anisakis se hallan en el estómago de mamíferos marinos (ballenas, delfines, marsopas, focas y leones marinos), que son los hospedadores definitivos. Estas formas adultas expulsan huevos (primer estadio larvario) con las heces del hospedador.



Los huevos se fecundan y eclosionan en el agua, quedando como larvas microscópicas de segundo estadio, que nadan libremente y son capaces de sobrevivir 2-3 meses.

Estas larvas son ingeridas por pequeños crustáceos (primer hospedador intermediario), donde se desarrollan hasta convertirse en larvas del tercer estadio.

Los peces y cefalópodos (segundos hospedadores intermediarios) se alimentan de dichos crustáceos. Las larvas migran del intestino a la cavidad peritoneal y los tejidos, y crecen hasta hacerse macroscópicas (tercer estadio larvario, con 3 cm o más de longitud).

Estas larvas pueden transmitirse a otro pez a través de la depredación de los peces parasitados por los mamíferos marinos (huéspedes definitivos). Las larvas penetran en la mucosa gástrica y se convierten en adultos, completándose así su ciclo biológico.

El hombre es hospedador accidental, por consumo de peces marinos crudos, ligeramente salados o ahumados. Las larvas se adhieren o penetran en su mucosa gástrica o intestinal y, aunque normalmente se eliminan por las heces a las 3 semanas de la infección, pueden atravesar la pared intestinal y localizarse en el estómago y el íleon, así como en el intestino delgado, ciego, colon, recto y, ocasionalmente, en la lengua, la faringe, el pulmón, el mesenterio, los ganglios linfáticos y el páncreas. Las larvas producen una sustancia que atrae los eosinófilos y leucocitos, formando un granuloma en el tejido circundante.

***Pseudoterranova (Phocanema)***.- Nemátodo de talla mediana, el largo oscila entre 5,740-7,620 mm y el ancho 1,76-2,40 mm. Cutícula con una fina estriación transversal. La cabeza termina



en forma redondeada y lleva un diente larval cuticular. Tres labios pobremente desarrollados. El Poro excretor esta localizado cerca del diente larval cuticular. Anillo nervioso cerca del final del esófago. Esófago cilíndrico, provisto con un largo ventriculo en su parte posterior final. Apéndice ventricular ausente. Glándulas réctales alrededor del recto. Cola cónica y redondeada.

#### 6.4.3 Vermes trichuridos

***Trichinella spiralis***.- Es el nemátodo más pequeño que infecta al hombre, Tiene ciclo de vida poco usual, Es uno de los parásitos más importantes, desde el punto de vista clínico, Es un parásito común de mamíferos carnívoros, incluyendo humanos y roedores.

Hábitat normalmente en la mucosa del intestino delgado de humanos, que actúa como huésped definitivo e intermediario, Es el parásito intracelular más grande que existe. Son dioicos, Hembra más grande, mide 2.2-3.5 mm x 50 µm, El macho mide 1.4-1.6 mm x 30 µm.

Un solo set de órganos reproductores, igual que *Trichuris*  
Parte anterior del gusano es más fina que la parte posterior, igual que *Trichuris*. La parte anterior del parásito tiene esticocitos y esticosomas, igual que *Trichuris*

***Trichuris trichura***.- El tricocéfalo infecta sólo el intestino del hombre, La trichuriasis es una enfermedad parasitaria principalmente de zonas tropicales, rurales, Este parásito requiere estar en la tierra para adquirir la fase infectante para el ser humano. La ascariosis y la trichuriasis son las infecciones por geohelminintos más frecuentes en Latinoamérica.

Se estima que se encuentran infectadas unos 100 millones de personas en Latinoamérica y Caribe. 800 millones en el mundo están infectados, Predomina en niños en edad escolar, en quienes se asocia a colitis crónica y síndrome disentérico, retardo en el crecimiento y disminución de peso, La deficiencia en las funciones cognitivas y alteraciones conductuales se han relacionado con anemia ferropriva, altas cargas parasitarias y desnutrición.

El huevo de *T. trichiura* es característico y fácil de identificar: es elíptico y con tapones en los extremos, mide 50 por 25  $\mu\text{m}$ , es de color café y tiene una membrana doble. – Los tapones mucosos y tienen mayor concentración de quitina que el resto del cascarón, se ha sugerido que esto puede facilitar el proceso de eclosión si la larva activada libera quitinasa.

La infección es por vía oral, El segundo estadio larvario eclosiona en el intestino, mide 260 por 15  $\mu\text{m}$ , aparentemente se introduce en la mucosa, por lo que esencialmente es un parásito tisular, No se sabe exactamente en que sección del intestino penetra la larva o si migra a lo largo del intestino; Durante este proceso sufre 4 mudas para transformarse en adulto, que también está íntimamente asociado con la pared intestinal, en donde al parecer se alimenta de sangre a través de su estilete bucal, puede vivir alrededor de 3 años..

Los huevos de *Trichuris trichiura*, eliminados con la materia fecal, se desarrollan en suelos sombreados y húmedos de regiones tropicales y subtropicales del planeta y son infectantes (contienen la larva del primer estadio). 15 - 30 días después, El humano ingiere los huevos embrionados (larva del primer estadio en su interior) en alimentos, agua, a través de las



manos contaminadas con tierra y por geofagia, Cuando pasan por el estómago e intestino delgado eclosionan y la larva de primer estadio migra por todo el intestino delgado, Durante este trayecto muda a 2do, 3ro y 4to estadio y finalmente adulto.

***Enterobius vermicularis.***- Es un nematodo cuyo único hospedero natural es el humano. Su distribución es cosmopolita, tanto en zonas templadas como en los trópicos, y se presenta en todos los niveles socioeconómicos, aunque prevalece en condiciones de hacinamiento y falta de higiene. Se observa el mayor número de casos en niños de <1 - 9 años de edad, y a nivel institucional: internados, orfanatos, cuarteles, guarderías, hospitales psiquiátricos. Debe considerarse como una patología que abarca a todo el núcleo familiar.

*Enterobius vermicularis* es un gusano blanquecino, delgado, con extremo posterior afilado, curvado en el macho y recto en la hembra. En el extremo anterior presenta 2 ornamentaciones llamadas alulas. La boca tiene 3 labios y se aprecia un gran bulbo esofágico. La hembra mide alrededor de 1 cm y el macho 0.5 cm.

Los huevos, ovaes, tienen una cubierta delgada. Una de sus caras es aplanada y la otra convexa. Son muy ligeros y miden 45 - 60  $\mu\text{m}$  de longitud. Los huevos recién depositados por las hembras no se encuentran embrionados.

***Strongyloides stercoralis.***- presenta un ciclo vital complejo que incluye 2 generaciones distintas de adultos: hembras y machos de vida libre y hembras parásitas partenogénéticas.

Las hembras parásitas miden poco más de 2 mm y habitan en la mucosa del intestino delgado, en el duodeno o en la primera porción del yeyuno, donde eliminan huevos parcialmente

embrionados que eclosionan en el epitelio liberando una larva rabditoide (L1) que es eliminada con las heces. En condiciones óptimas de temperatura y humedad, se inicia el proceso de maduración de la larva L1 con un total de 4 mudas, hasta alcanzar el estado de adulto, y da lugar a machos y hembras de vida libre. Cuando la hembra es fecundada se produce la maduración de los huevos, que son eliminados al medio y pueden mantener el ciclo de vida libre indefinidamente. Pero si las condiciones se vuelven adversas, la larva L1 se transforma en una larva infectiva filariforme (L3) capaz de penetrar la piel intacta y producir la parasitación. Las larvas filariformes alcanzan los pequeños vasos sanguíneos cutáneos y pasan a la circulación venosa, llegan a los pulmones, donde atraviesan la membrana alveolocapilar y ascienden a través del árbol respiratorio hasta la faringe, son deglutidas y continúan migrando hasta llegar al intestino. En el epitelio mucoso intestinal sufren 2 mudas y en un período de unas 2 semanas se convierten en hembras maduras partenogenéticas (no existen machos de vida parásita), con lo que se cierra el ciclo.

**Anquilostomas:** *Ancylostoma spp.* es un gusano redondo intestinal que pertenece al filo de los Nematodos. Su cuerpo es corto y macizo, entre 8 y 20 milímetros (mm) de longitud y de 0,4 a 0,8 mm de diámetro. Los machos suelen ser más cortos que las hembras y en la parte posterior presentan lóbulos para la cópula, mientras que las hembras tienen la cola terminada en punta. Ambos sexos tienen una boca con dientes afilados o placas que les permiten anclarse a la mucosa intestinal del hospedador.

Su ciclo de vida es directo, sin hospedador intermediario. La larva filariforme penetra en el hospedador por la piel y a través



del torrente sanguíneo y vasos linfáticos llega a otros órganos como el corazón o los pulmones. Desde los pulmones por el árbol bronquial, tráquea y laringe, pasa a la epiglotis, es deglutida y en el intestino delgado madura y se transforma en adulto (si la larva es ingerida con agua o alimentos, no necesita migrar, llega directamente al intestino delgado). Los adultos se fijan a la mucosa intestinal, donde alcanzan la madurez sexual y tras la cópula las hembras ponen los huevos, que salen al exterior con las heces del hospedador. En el exterior el huevo eclosiona, la larva resultante sigue desarrollándose y tras mudar varias veces.

Reservorio en humanos, cánidos, felinos, suelo, agua, vegetación alcanza el estado infectante (larva filariforme).

(6), (7), (14), (17), (19), (21), (23), (26), (44).



### **CAPÍTULO III: CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

Tejidos internos de las plantas (frutas y vegetales) y los animales (carne) sanos en esencia son estériles. Aun así, los alimentos crudos y procesados contienen diferentes tipos de mohos, levaduras, bacterias y virus. Los microorganismos se introducen en los alimentos por medios naturales (incluyendo internos) y por fuentes externas con las que tiene contacto el alimento desde el momento de la producción hasta su consumo.

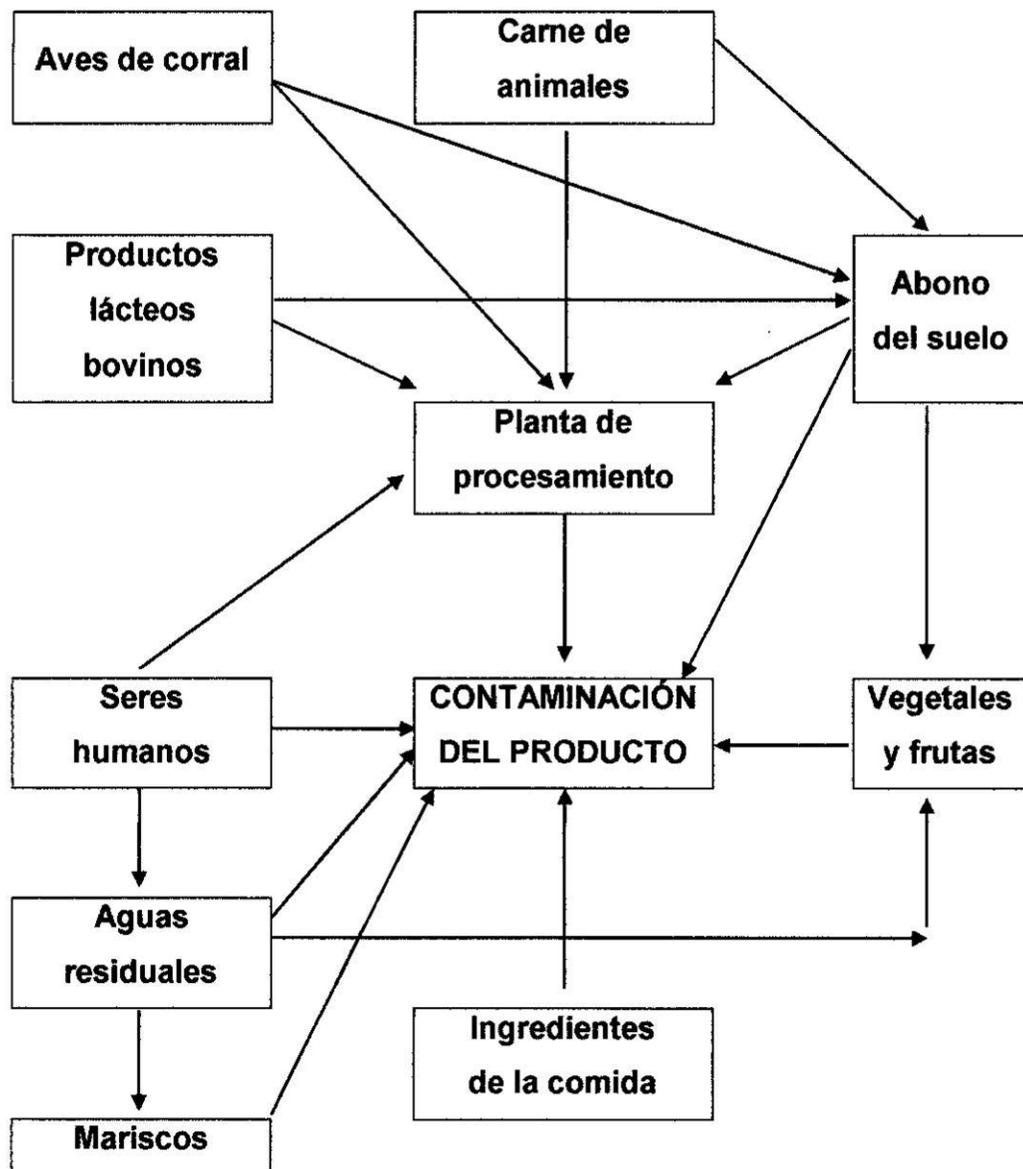
En la superficie de las plantas en crecimiento existe una flora microbiana típica que se puede contaminar por el aporte de microorganismos de procedencia extraña. De igual forma, los animales poseen una flora microbiana superficial típica más una flora intestinal, eliminan microorganismos en sus excreciones y secreciones, contaminándose también por microorganismos de procedencia extraña. Sin duda, tanto las plantas como los animales que padecen enfermedades parasitarias albergan el patógeno que produce la enfermedad. No obstante, se ha señalado que los tejidos internos sanos de las plantas y de los animales contienen pocos microorganismos vivos o son estériles. En la Tabla 3.1 se indican los microorganismos de varias procedencias naturales.

Es importante comprender las fuentes de microorganismos en los alimentos a fin de desarrollar métodos para controlar el acceso de algunos microorganismos en la comida, para desarrollar métodos de procesamiento para matarlos en los alimentos y para determinar la calidad microbiológica del alimento; además de establecer estándares microbiológicos y especificaciones de los alimentos y los ingredientes de estos (figura 3-1). Los tipos predominantes pueden entrar en el alimento a



partir de cada una de estas fuentes, y aquí se describen brevemente los métodos para reducir los niveles de microorganismos.

**FIGURA N° 3-1**  
**DIAGRAMA ESQUEMÁTICO QUE MUESTRA LOS CAMINOS PARA LA**  
**CONTAMINACIÓN DE PRODUCTOS CON PATÓGENOS.**



Fuente: Guthrie, R. K. (ed.). Food sanitation. 1972.

*Af*

*Af*

**TABLA N° 3.1**  
**FUENTES DE CONTAMINACION BACTERIANA**

	Personas				Animales				Agua		Suelo	Alimentos
	Piel	Intestino	Heces	Otras	Piel	Intestino	Heces	Otras	Salada	Dulce		
<i>Acetobacter</i>												+
<i>Acinetobacter</i>	+	+	+	+						+	+	+
<i>Aeromonas</i>			+	+		+	+			+	+	+
<i>Alcaligenes</i>		+				+			+	+	+	+
<i>Alteromonas</i>					+				+			+
<i>Arthrobacter</i>											+	
<i>Bacillus</i>			+				+		+	+	+	+
<i>Brevibacterium</i>			+		+				+		+	+
<i>Brochothrix</i>					+	+					+	
<i>Campylobacter</i>		+	+	+		+	+	+		+	+	+
<i>Clostridium</i>		+				+			+	+	+	
<i>Corynebacterium</i>	+		+	+	+			+				+
<i>Desulfotomaculum</i>								+		+	+	+
<i>Enterobacter</i>			+	+			+	+		+	+	+
<i>Erwinia</i>				+				+				+
<i>Escherichia</i>		+				+						
<i>Flavobacterium</i>				+				+	+	+	+	
<i>Gluconobacter</i>											+	+
<i>Halobacterium</i>									+			
<i>Klebsiella</i>		+				+					+	
<i>Lactobacillus</i>		+	+	+		+	+	+				+
<i>Leuconostoc</i>												+
<i>Listeria</i>		+	+	+		+	+	+			+	+
<i>Microbacterium</i>											+	
<i>Micrococcus</i>	+				+					+	+	
<i>Moraxella</i>	+			+				+				+
<i>Pediococcus</i>									+			+
<i>Photobacterium</i>							+	+				
<i>Propionibacterium</i>	+	+	+	+		+	+	+			+	
<i>Proteus</i>			+				+				+	
<i>Pseudomonas</i>				+					+	+	+	
<i>Salmonella</i>		+	+		+	+			+			
<i>Serratia</i>										+	+	+
<i>Shigella</i>		+				+						
<i>Staphylococcus</i>	+			+	+						+	+
<i>Streptococcus</i>		+	+	+	+	+		+				+
<i>Vibrio</i>		+				+			+	+		
<i>Yersinia</i>		+	+	+		+	+					+

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos .2000

## 1. Por las verduras y por las frutas

En esencia, el tejido interno de los alimentos de fuentes vegetales es estéril, excepto por algunos vegetales porosos (p. ej., rábanos y cebollas) y con hojas (p. ej., la calabaza y las coles de Bruselas). Algunas plantas producen metabolitos antimicrobianos naturales que pueden limitar la presencia de microorganismos. Las frutas y vegetales albergan microorganismos en la superficie; su tipo y nivel varía de acuerdo con la condición del suelo, el tipo de fertilizantes y el agua usada, y la calidad del aire. De esta fuente se esperan mohos, levaduras, bacterias de ácido láctico, y bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Erwinia*, *Bacillus*, *Clostridium* y *Enterobacter*. Puede haber patógenos, sobre todo de tipo entérico (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Shigella*, *Cyclospora*, *Giardia*) presentes cuando el suelo está contaminado con aguas residuales no tratadas. Las enfermedades de las plantas, el daño de la superficie (antes, durante y después de cosechar), un retraso grande entre la cosecha y el lavado, y un almacenamiento y condiciones de transporte desfavorables después de cosechar y antes de procesar pueden aumentar en gran medida los números microbianos, además de los tipos predominantes. Las condiciones de almacenamiento inapropiadas después del procesamiento también llevan a incremento en su número.

La flora propia de la superficie de las plantas es distinta en cada una de las mismas, aunque normalmente incluye especies de *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* y *Micrococcus*, así como especies de coliformes y bacterias lácticas. Las bacterias del ácido láctico, o bacterias lácticas, incluyen las especies *Lactobacillus brevis* y *L. plantarum*, *Leuconostoc dextranicum* y *L. mesenteroides*, y *Streptococcus faecium* y *S. faecalis*. También pueden existir especies de *Bacillus*, levaduras y mohos. El número de bacterias existentes dependerá de la planta y del



medio, pudiendo oscilar desde unos pocos cientos o miles por centímetro cuadrado de superficie, hasta millones. En la superficie de un tomate perfectamente lavado, por ejemplo, puede haber de 400 a 700 microorganismos por centímetro cuadrado, mientras que uno que no se hubiese lavado podría contener varios miles. Los tejidos externos de la col sin lavar podrían contener de 1 a 2 millones de microorganismos por gramo, pero la col lavada y troceada podría contener de 200.000 a 500.000. Los tejidos internos de la col, cuyas hojas albergarían en su superficie principalmente la flora propia, contienen menor número de especies y menor cantidad de microorganismos, cuyo número oscila desde algunos cientos a 150.000 por gramo. Las superficies expuestas de las plantas se contaminan por el suelo, por el agua, por las aguas residuales, por el aire y por los animales, de forma que los microorganismos de las citadas procedencias se incorporan a la flora propia. Siempre que se den las condiciones apropiadas para el crecimiento de los microorganismos, determinadas especies de los mismos aumentan en número, sobre todo después de la recolección. Se ha comprobado que algunas frutas albergan en su interior microorganismos viables. En tomates normales sanos se han encontrado *Pseudomonas*, coliformes, *Achromobacter*, *Micrococcus* y *Corynebacterium*, habiéndose encontrado levaduras en el interior de las frutas intactas. También se han encontrado microorganismos en la raíz y en los tubérculos sanos.

## 2. Por los animales

Los microorganismos de origen animal proceden de su flora superficial, de la flora de sus vías respiratorias y de la flora de su tubo gastrointestinal. La flora microbiana propia de la superficie corporal de los animales productores de carne no suele tener tanta importancia como los



microorganismos contaminantes del tubo intestinal y de las vías respiratorias. Sin embargo, la piel, las pezuñas y el pelo, no sólo contienen una gran cantidad de microorganismos procedentes del suelo, del estiércol, de los piensos y del agua, sino también especies importantes de microorganismos que alteran los alimentos. Las plumas y las patas de las aves de corral contienen una importante contaminación de procedencia parecida. La piel de muchos animales productores de carne puede contener micrococcos, estafilococos y estreptococos beta-hemolíticos. Los estafilococos existentes en la piel o los procedentes de las vías respiratorias pueden ir a parar a la canal y, por consiguiente, al nuevo producto final. Las heces y los alimentos de origen animal contaminados por las mismas pueden contener diversos microorganismos entéricos, incluso del género *Salmonella*. Las salmonelosis de los animales pueden ser la causa de que se contaminen los productos y subproductos animales y, de este modo contaminar con *Salmonella* los alimentos derivados de los mismos.

Las canales de cerdo y las canales de bóvidos pueden estar contaminadas con salmonelas. Gracias a los tratamientos y manipulaciones a que posteriormente se someten, son muy pocos los microorganismos de esta procedencia que producen salmonelosis en el hombre. De hecho, no es frecuente relacionar la carne de los animales sacrificados con la salmonelosis humana. Las estadísticas de los últimos años la han atribuido con mayor frecuencia a los huevos y sus productos derivados.

El número de casos de salmonelosis humana relacionados con el consumo de huevos, ha disminuido debido a la pasteurización de los productos derivados de los mismos.

Algunos de los agentes que producen enfermedades infecciosas en los animales pueden ser transmitidos a las personas por los alimentos,



aunque este modo de transmisión sólo representa una de las varias vías de infección. Algunas de estas enfermedades han disminuido o han sido erradicadas mejorando los sistemas de producción animal, aunque la lista de agentes que producen enfermedades en los animales y que son causa de infecciones alimentarias incluiría a *Brucella*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella*, *Listeria*, *Campylobacter*, estreptococos beta-hemolíticos, *Salmonella*, *Escherichia coli* enteropatógeno, parásitos y virus.

Los animales, desde las formas más sencillas a las más evolucionadas, aportan al suelo y al agua, y a las plantas que crecen en estos medios, sus excretas y, finalmente, su propio organismo. Se ha prestado poca atención a esta forma de contaminación directa de las plantas utilizadas como alimento, excepto por lo que se refiere a las bacterias coliformes y a los enterococos que pudieran incorporar. Los insectos y los pájaros producen daños físicos en las frutas y hortalizas y aportan microorganismos, iniciando de esta forma el proceso de la alteración microbiana.

El pescado y los mariscos también portan microflora normal en las escamas, la piel y los tractos digestivos. La calidad del agua, los hábitos de alimentación y las enfermedades pueden cambiar los tipos y el nivel microbiano normal. Patógenos como *Vibrio parahaemolyticus*, *Vib. vulnificus* y *Vib. cholerae* son de las principales preocupaciones en estas fuentes alimentarias. Muchos microorganismos patógenos y de descomposición se introducen en los alimentos de origen animal (leche, huevo, carne y productos pesqueros) durante la producción y el procesamiento. La leche puede estar contaminada con materiales fecales en la superficie de la ubre, las cascaras de huevo con material fecal mientras se deponen, la carne con los contenidos intestinales mientras se mata a los animales, y el pescado con contenidos intestinales durante el



procesamiento. Debido a su naturaleza específica, es preocupante la contaminación de los alimentos de fuentes animales con materiales fecales (posible presencia de patógenos entéricos).

Para evitar la contaminación de estas fuentes de alimento se necesita usar buenas prácticas de ganadería en animales y aves vivos, lo que incluye un buen hogar y evitar la sobrepoblación, así como el suministro de alimentos y agua no contaminados. Además, es importante la realización de pruebas a los animales y aves por posibles patógenos y el sacrificio de los portadores para reducir la incidencia de microorganismos patógenos en los alimentos. El uso de agua de buena calidad en la limpieza de los esqueletos (de preferencia con agentes "antimicrobianos aceptables); la remoción del pelaje; el retiro de las plumas; la remoción cuidadosa de los órganos digestivos, urogenitales y respiratorios sin contaminar los tejidos; el retiro de las partes contaminadas, y una higiene apropiada durante toda la etapa de procesamiento son importantes durante la matanza para mantener la cantidad y calidad microbiana en niveles deseables. La limpieza de las ubres antes de ordeñar, el enfriamiento de la leche inmediatamente después de la ordeña, el procesamiento inmediato y la higiene en todas las etapas son importantes para mantener bajos los niveles microbianos en la leche. Se deben recoger los huevos en cuanto sean puestos, y se deben lavar y almacenar como se indica en los procedimientos recomendados.

El pescado y los productos marinos deben recogerse de agua no contaminada y recomendada. Se debe usar una higiene apropiada durante el procesamiento. Se deben almacenar apropiadamente para evitar la contaminación y el crecimiento microbiano. El hielo que se usa en el almacenamiento debe ser producido con agua potable.



### **3. Por las aguas residuales**

Cuando en el abonado de los cultivos se utilizan aguas residuales domésticas sin tratar, existe la posibilidad de que los alimentos vegetales recién cosechados estén contaminados por microorganismos patógenos para el hombre, sobre todo por aquéllos que producen trastornos gastrointestinales. En algunas partes del mundo todavía se emplea como abono el "contenido de las letrinas", aunque esta práctica es rara en los Estados Unidos. Además de la posibilidad de que los alimentos estén contaminados por patógenos procedentes de las aguas residuales, también los pueden contaminar otros microorganismos de esta misma procedencia, como por ejemplo bacterias coliformes, bacterias anaerobias, enterococos, otras bacterias intestinales y virus. Las aguas naturales contaminadas con aguas residuales aportan sus microorganismos a los mariscos, al pescado y a otros alimentos de origen marino. Las aguas residuales tratadas que van a parar al suelo o al agua también aportan microorganismos, aunque, en comparación con las aguas residuales no tratadas, deben contener una menor cantidad total de microorganismos y un menor número de patógenos.

Para reducir la incidencia de contaminación microbiana de los alimentos a partir de las aguas residuales, es mejor no usarlas como fertilizantes. En caso contrario, se deben tratar de manera eficiente para matar los patógenos. También es importante lavar en forma efectiva los alimentos después de su cosecha.

### **4. Por el suelo**

El suelo, sobre todo el que se usa para cultivar productos agrícolas y para crianza de animales y aves, contiene muchas variedades de



microorganismos. Debido a que éstos se pueden multiplicar en el suelo, su cantidad llega a ser muy elevada (1 000 millones/g). El suelo contiene la mayor variedad de microorganismos procedentes de todas las fuentes de contaminación. Siempre que los microbiólogos buscan nuevas especies de microorganismos o cepas nuevas con finalidades especiales, lo primero que suelen hacer es estudiar el suelo. En los suelos fértiles, no sólo existen gran número de especies de microorganismos, sino que también existe un elevado número total de los mismos, dispuestos a contaminar la superficie de las plantas que crecen sobre él o en su interior y la superficie de los animales que se desplazan sobre la tierra firme. El polvo del suelo es levantado por las corrientes de aire, y las partículas de tierra son arrastradas por las corrientes de agua para alcanzar el interior o la superficie de los alimentos. El suelo es una importante fuente de bacterias esporógenas termorresistentes. No se pretenderá dar una lista de los microorganismos importantes en microbiología de los alimentos que podrían tener su origen en el suelo, aunque se puede afirmar con certeza que casi todos los microorganismos importantes pueden proceder del suelo. Son especialmente importantes algunos mohos y levaduras y algunas especies de los géneros bacterianos *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* y *Acetobacter*, y también algunas bacterias superiores como son los actinomicetos y las bacterias ferruginosas.

El suelo contaminado con materiales fecales puede ser la fuente de bacterias y virus patógenos entéricos en los alimentos. Los sedimentos donde se recolecta el pescado y los alimentos marinos también pueden ser una fuente de microorganismos, incluidos patógenos, en esos alimentos. También pueden introducirse diferentes tipos de parásitos en los alimentos por medio del suelo. El retiro de la tierra (y los sedimentos)



mediante lavado y evitando la contaminación del suelo reduce los microorganismos en los alimentos de esta fuente.

Los actuales sistemas de tratamiento de los alimentos suelen incluir el lavado de la superficie de los alimentos y de aquí que se elimine de la misma gran parte de la tierra, a la vez que se procura evitar su contaminación por el polvo del suelo.

## **5. Por el agua**

El agua se usa para producir, procesar y, bajo ciertas condiciones, almacenar los alimentos. Para irrigación de las cosechas, para que los animales y las aves la beban, para criar pescado y productos marinos, para lavar los alimentos, para procesar (Pasteurización, enlatado y enfriamiento de los alimentos calentados) y almacenar los alimentos (p. ej., pescado en hielo), para lavar e higienizar el equipo y para las instalaciones de procesamiento y transporte. El agua también se usa como ingrediente en muchos alimentos procesados. Por tanto, la calidad del agua influye en gran medida en la calidad microbiana de los alimentos. Se ha registrado contaminación de los alimentos con bacterias, virus y parásitos patógenos provenientes del agua.

Las aguas naturales no sólo contienen su propia flora microbiana, sino que también contienen microorganismos procedentes del suelo y posiblemente microorganismos procedentes de los animales y de las aguas residuales. En las aguas superficiales de los ríos y embalses y en las aguas estancadas de los lagos y grandes lagunas, el contenido de microorganismos es muy variable, pudiendo encontrarse desde varios millones por mililitro después de una tormenta de lluvia, hasta un número relativamente bajo, como consecuencia de la autodepuración que tiene



lugar en los lagos y lagunas de aguas tranquilas y en los cursos de agua. Las aguas subterráneas de los manantiales y pozos han atravesado estratos rocosos y mantos de tierra hasta un determinado nivel, habiendo sido eliminadas de las mismas, por lo tanto, la mayoría de las bacterias, y también la mayor parte de otras partículas en suspensión. El número de bacterias de estas aguas puede oscilar desde unas pocas hasta varios cientos por mililitro. Las especies bacterianas existentes en las aguas naturales son principalmente especies de los géneros *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Streptococcus* (enterococos), *Enterobacter* y *Escherichia*. Es probable que las bacterias pertenecientes a los tres últimos géneros, más que parte integrante de su flora propia, sean contaminantes. Cuando las bacterias de los citados géneros se encuentran en el agua que rodea a los peces y a otros seres vivos marinos, colonizan en su superficie y en su tubo digestivo.

El microbiólogo de alimentos está interesado en dos aspectos de la bacteriología del agua: (1) aspectos de salud pública y (2) aspectos económicos. Desde el punto de vista de la salud pública, el agua que se utiliza en los distintos tratamientos a que se someten los alimentos debe ser totalmente inocua para beber, es decir, exenta de patógenos. Las pruebas correspondientes a las bacterias indicadoras se pueden confirmar y completar mediante las técnicas descritas por la American Public Health Association (1985). *Escherichia coli*, que se considera con mayor frecuencia de origen intestinal, se puede diferenciar de *Enterobacter aerogenes*, que se encuentra en la superficie de las plantas y en el suelo con una frecuencia mayor que en el contenido intestinal. Algunos laboratorios de control realizan periódicamente recuentos totales en placa y pruebas para coliformes en el agua, y le añaden mayor cantidad de cloro en cuanto existe el primer indicio de que hay algo que puede ir mal. De hecho, algunas bacterias no fermentativas, como son las especies de *Pseudomonas*, crecen en el agua de las orillas y de aquí que



no se descubran mediante las técnicas tradicionales para la determinación de coliformes; por esta razón son importantes los recuentos totales en placa. Se realiza la cloración del agua de bebida cuando existe cualquier duda acerca de su calidad sanitaria, oscilando la proporción final de cloro en el agua entre 0,025 y 2 o más partes de cloro libre por millón, según la composición del agua y su grado de contaminación.

Desde el punto de vista económico, es deseable un tipo de agua que reúna los criterios químicos y bacteriológicos apropiados para utilizarla en el tratamiento del alimento que se está manipulando o elaborando. El agua debe tener un sabor, un olor, un color, una transparencia, una composición química y un contenido aceptable de bacterias, y se debe disponer del suficiente volumen de la misma a la temperatura apropiada; asimismo, su composición química debe ser constante.

La composición química apropiada depende de su grado de dureza y de su alcalinidad, así como de su contenido de materia orgánica, de hierro, de manganeso y de flúor.

Como ya se ha expuesto, el agua que se utiliza en los distintos tratamientos a que se someten los alimentos debe ajustarse a los patrones bacteriológicos del agua de bebida y debe ser aceptable tanto desde el punto de vista higiénico como desde el punto de vista económico. No obstante, el agua generalmente tiene mayor importancia desde el punto de vista de las especies de microorganismos que puede añadir al interior o a la superficie de los alimentos, que desde el punto de vista del número total que de los mismos puede aportar. La contaminación puede tener su origen en el agua que se utiliza como ingrediente, en la que se utiliza para lavar los alimentos, en la que se utiliza para enfriar los alimentos que han sido sometidos a tratamiento térmico, y en la que se utiliza para fabricar el hielo que se emplea para conservar los alimentos.



Para cada producto alimenticio habrá determinados microorganismos a los cuales hay que temer de forma especial. Las bacterias coliformes aerógenas pueden pasar a la leche desde el agua del tanque de refrigeración y producir alteración en el queso que se elabora al utilizar esta leche contaminada. Los anaerobios aerógenos se pueden introducir en los alimentos con el agua que contiene abundantes partículas de tierra, El agua de refrigeración de las conservas enlatadas suele contener coliformes y otras bacterias que producen alteraciones, las cuales se pueden introducir en los alimentos enlatados, durante su enfriamiento, a través de pequeñas imperfecciones de las soldaduras o cierres de las latas. Normalmente, esta agua ha sido tratada con cloro, aunque se han citado casos en los que, con el transcurso del tiempo, puede contener una flora microbiana resistente al cloro. Las bacterias que producen viscosidad en la leche, por ejemplo, *Alcaligenes viscolactis* y *Enterobacter aerogenes*, suelen proceder del agua, lo mismo que las especies de *Achromobacter*, *Alcaligenes* y *Pseudomonas* que producen mucílago, las cuales alteran el requesón.

La bacteria que produce las manchas de la superficie de la mantequilla, *Pseudomonas putrefaciens*, procede principalmente del agua. Las bacterias ferruginosas, cuya envoltura celular contiene hidróxido férrico, pueden inutilizar totalmente la instalación de agua y su eliminación resulta difícil. La flora bacteriana del hielo triturado que se utiliza para conservar el pescado y otros alimentos, está integrada principalmente por especies de los géneros *Corynebacterium*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas*, y por cocos.

Por cuanto se acaba de exponer, es evidente que cuando se construye una planta industrial destinada a la manipulación y elaboración de alimentos, es importante elegir una ubicación que cuente con un buen abastecimiento de agua, siendo necesario con frecuencia tratarla con el



fin de que adquiera la calidad conveniente, tanto química como bacteriológica. Se deben proteger las conducciones de agua contra la contaminación por aguas residuales. El agua se puede purificar por sedimentación en embalses o estanques, por filtración a través de filtros de arena o filtros más finos, por cloración, mediante rayos ultravioleta, o por ebullición. Si bien la filtración eficaz reduce de forma importante el contenido microbiano del agua, a veces, los filtros pueden ser la causa de que esta se contamine con bacterias perjudiciales. Esta es la razón de que, a veces, se haya comprobado que los filtros utilizados en la fabricación de bebidas refrescantes para filtrar el agua incorporen a ésta una gran cantidad de bacterias coliformes. En la fabricación de bebidas refrescantes se han utilizado los rayos ultravioleta para tratar el agua.

El agua tratada de manera inapropiada puede contener microorganismos patógenos y de descomposición. Para superar los problemas, muchos procesadores de alimentos usan agua, en especial como un ingrediente, que tiene mayor calidad microbiana que el agua potable.

## 6. Por el aire

Hay microorganismos presentes en el polvo y las gotas de humedad en el aire. No crecen en el polvo pero pueden ser transitorios y variables, dependiendo del ambiente. Su nivel se controla mediante el grado de humedad, tamaño y nivel de las partículas de polvo, la temperatura y la velocidad del aire, así como la resistencia de los microorganismos a la sequía. Por lo general, el aire seco con poco contenido de polvo y una temperatura más alta tiene un nivel microbiano bajo. Las esporas de *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., mohos y células de algunas bacterias grampositivas (p. ej., *Micrococcus* spp. y *Sarcina* spp.), además de



levaduras, pueden estar presentes sobre todo en el aire. Si el entorno contiene una fuente de patógenos (p. ej., granjas de animales y aves de corral o una planta de tratamiento de aguas residuales), se pueden transmitir diferentes tipos de bacterias, incluidos patógenos y virus (como bacteriofagos por medio del aire).

La contaminación de los alimentos por el aire puede tener importancia tanto por razones higiénicas como por razones económicas. Los microorganismos patógenos, en especial los que producen infecciones respiratorias, pueden ser transmitidos a los empleados por el aire, o bien pueden contaminar los alimentos.

Si bien la cantidad de microorganismos añadidos a los alimentos por sedimentación de las partículas que contiene el aire suele ser insignificante, éste puede aumentar el número total de los mismos en un determinado alimento, sobre todo si se utiliza para airear el producto, cosa que ocurre en los cultivos de la levadura del pan. Los microorganismos que alteran los alimentos pueden tener su origen en el aire, lo mismo que aquéllos que perjudican a las fermentaciones.

Las esporas de mohos del aire pueden representar un inconveniente en el queso, en la carne, en la leche condensada azucarada, en el pan en rebanadas y en las lonchas de bacon.

### **Origen de los microorganismos del aire**

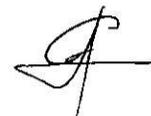
El aire carece de una flora microbiana propia, ya que todos los microorganismos que contiene han llegado a él de forma accidental y normalmente están adheridos a la superficie de partículas sólidas en suspensión o en el interior de gotitas de agua. Los microorganismos llegan al aire junto con partículas de polvo o hilas; con partículas de tierra seca; con el aerosol de ríos, lagos u océanos; con las gotitas de agua que se forman al estornudar, toser o hablar; con las esporas de los mohos que crecen en las paredes, en los techos, en los suelos en los alimentos y en



los ingredientes. Esta es la razón de que el aire de las proximidades de una planta industrial que produce levaduras suele contener gran cantidad de estos microorganismos, y de que el aire ambiental de una planta lechera pueda contener bacteriófagos o, por lo menos, bacterias de los cultivos estériles que se están utilizando en ella.

### **Clases de microorganismos existentes en el aire**

Los microorganismos existentes en el aire no tienen oportunidad para multiplicarse, sino que simplemente permanecen en él, razón por la cual, las clases más resistentes a la desecación serán las que sobrevivirán durante más tiempo. En el aire se suelen encontrar esporas de mohos, por ser de pequeño tamaño, por su resistencia a la desecación, y por producir cada micelio de moho una gran cantidad de las mismas. Algunas esporas de mohos no absorben con facilidad la humedad y, por lo tanto, en una atmósfera húmeda, la probabilidad de que sedimenten es menor que cuando se trata de partículas que absorben fácilmente la humedad. Es posible que cualquier especie bacteriana se encuentre en suspensión en el aire, sobre todo adherida a partículas de polvo o incluida en gotitas de agua, aunque, en el aire en reposo, algunas especies se encuentran con mayor frecuencia que otras. Generalmente, los cocos se encuentran en el aire en mayor número que las bacterias de forma bacilar, mientras que en el aire exento de polvo es relativamente poco frecuente encontrar esporas bacterianas. En la mayoría de las muestras de aire se encuentran levaduras, sobre todo por lo que se refiere a las cromógenas que no producen esporas. Como es natural, siempre que existan partículas sólidas o líquidas de distintos materiales que se eleven en el aire, en él se encontrarán los microorganismos típicos de los mismos: microorganismos del suelo procedentes de la tierra y del polvo, microorganismos del agua procedentes de aerosoles de agua, microorganismos de las plantas procedentes de los piensos o del polvo de los forrajes, etc.



### **Carga microbiana del aire**

El número de microorganismos existentes en el aire en un momento dado depende de factores tales como la velocidad con que se desplaza, la intensidad de la luz solar, su grado de humedad, la situación geográfica, y la cantidad de partículas sólidas o líquidas que contiene en suspensión. Su número oscila desde menos de uno por pie cúbico ( $0,0283 \text{ m}^3$ ) en una cumbre montañosa hasta varios miles en el aire que contiene mucho polvo. En el aire en reposo, sedimentan tanto los microorganismos que no se encuentran adheridos a partícula alguna, como los que se encuentran en las partículas de polvo o en las gotitas en suspensión; recíprocamente, las corrientes de aire incorporan microorganismos al mismo. Por consiguiente, el número de microorganismos existentes en el aire aumenta como consecuencia de las corrientes de aire que se producen al desplazarse las personas, como consecuencia de la ventilación, y como consecuencia de las brisas. La luz solar directa destruye los microorganismos que se hallan en suspensión en el aire, reduciendo por tanto su número. Una atmósfera seca suele contener una cantidad de microorganismos mayor que la de una atmósfera de características parecidas que contenga humedad. La lluvia y la nieve eliminan microorganismos de la atmósfera, de forma que, teóricamente, una lluvia intensa y sostenida puede eliminar de la atmósfera todos los microorganismos.

Según un estudio realizado por Heldman (1974) sobre la contaminación de los alimentos por el aire, los resultados de distintos análisis indican: (1) que la población microbiana de distintas plantas industriales es parecida, (2) que las poblaciones de microorganismos varían extraordinariamente en cuanto a su número en las distintas zonas de una misma planta, (3) que las poblaciones de una determinada planta dependen de la calidad del aire de la atmósfera exterior, y (4) que el número de microorganismos



de las poblaciones está relacionado con el grado de actividad de las personas que trabajan en la planta.

### **Tratamiento del aire**

Se ha señalado que es posible que, en la naturaleza, el número de microorganismos del aire disminuya como consecuencia de su sedimentación, de la acción de la luz solar y del lavado de la atmósfera por la lluvia o por la nieve. Es posible que la eliminación de los microorganismos del aire por procedimientos artificiales se ajuste a estos principios o se base en la filtración, en el tratamiento químico, en el calentamiento o en la precipitación electrostática. De los procedimientos citados, el utilizado con mayor frecuencia es la filtración a través de distintos tipos de fibras, por ejemplo, de algodón, de fibra de vidrio, etc., o a través de carbón activado. Los filtros de fibra se sustituyen periódicamente, o bien se esterilizan por medio de calor o con un gas. El lavado de los mismos mediante pulverizaciones de agua o haciendo borbotear aire a través del agua no son sistemas de lavado eficaces, razón por la cual rara vez se emplean solos. Cada vez se utilizan más los procedimientos químicos de tratamiento del aire. En ciertos sitios se recurre al sistema de hacer pasar el aire a través de túneles provistos de filas de lámparas ultravioleta o se instala este tipo de lámparas en un determinado espacio o en una determinada zona en la que se teme va a tener lugar la contaminación por el aire.

También se han conseguido buenos resultados con la precipitación electrostática de las partículas de polvo y de los microorganismos del aire. El tratamiento térmico del aire utilizando temperaturas muy elevadas ha dado buenos resultados, pero es caro.

Una vez han sido eliminados los microorganismos del aire, se deben tomar precauciones para evitar que se vuelva a contaminar. El mantenimiento de una presión positiva en los locales impide la entrada del



aire del exterior. La colocación de filtros en los sistemas de ventilación o de acondicionamiento del aire impide la diseminación de microorganismos desde una zona de la planta a otra, mientras que las esclusas de aire con radiaciones ultravioleta en las puertas reducen el número de microorganismos aportados por los obreros.

#### **7. Durante su manipulación y tratamiento (piel, fosas nasales y garganta)**

La contaminación natural de los alimentos que acabamos de estudiar puede tener lugar antes de ser cosechados o almacenados, o bien mientras se manipulan y se someten a algún tipo de tratamiento. Otras contaminaciones pueden tener origen en el equipo que entra en contacto con los alimentos, en los materiales utilizados para envolverlos, y en el personal. El fabricante procura limpiar e "higienizar" el equipo con el fin de reducir este tipo de contaminación y emplear, para envolverlos, materiales que la reducirán al mínimo. En lugar del término "esterilizar", se utiliza el término "higienizar" por la razón de que, aunque se intente esterilizar el equipo, es decir, eliminar del mismo la totalidad de los microorganismos vivos, rara vez se consigue su esterilidad.

El personal que trabaja en las plantas de industrias que fabrican alimentos puede contaminarlos durante su manipulación y tratamiento. Varios autores señalan que los seres humanos eliminan de  $10^3$  a  $10^4$  microorganismos vivos por minuto. El número y tipo de los microorganismos eliminados guardan una íntima relación con el ambiente donde trabajan las personas que los eliminan.

Como quiera que se ha demostrado de forma palpable el papel que desempeña el manipulador de alimentos en los brotes de las enfermedades transmitidas por los alimentos, desde el punto de vista de la salud pública se ha prestado gran atención a la contaminación por esta



causa. La Tabla 3.2 pone de manifiesto la posibilidad de que los alimentos sean contaminados por las manos de operarios dedicados a distintas actividades.

**LA TABLA N° 3.2**  
**NUMERO DE OPERARIOS A DISTINTAS ACTIVIDADES Y CULTIVOS**  
**POSITIVOS DE ESTAFILOCOCCOS COAGULASA-NEGATIVOS Y**  
**COAGULASA-POSITIVOS, DE COLIFORMES FECALES, Y DE**  
**ENTEROCOCOS OBTENIDOS DE SUS MANOS.**

<i>Actividad</i>	<i>Número de operarios examinados</i>	<i>Operarios con cultivos positivos</i>	
		<i>Nº</i>	<i>%</i>
Empleo en industrias no alimentarias	200	87	43,5
Industrias alimentarias mecanizadas	127	68	53,5
Servicio de restauración colectiva	207	151	72,9
Panaderías	27	26	96,3
Industrias de quesos madurados	124	114	91,9
Industrias cárnicas	129	125	96,9

*Fuente: Seligmann y Rosenbluth (1975).*

### Seres humanos

Entre la producción y el consumo, los alimentos entran en contacto con diferentes personas que manejan los alimentos. No sólo se incluye a las personas que trabajan en granjas y en plantas de procesamiento de alimentos, sino también las que manejan los alimentos en restaurantes, servicios de banquetes, tiendas comercializadoras y en casa. Los portadores humanos han sido fuente de microorganismos patógenos en los aumentos, quienes más adelante produjeron enfermedades de origen alimentario, sobre todo en el caso de alimentos listos para comer. Las manos lavadas en forma inapropiada, la falta de un sentido estético y de




higiene personal, y la ropa y el cabello sucios pueden ser las principales fuentes de contaminación microbiana en los alimentos. La presencia de cortaduras pequeñas e infecciones en las manos y la cara, además de enfermedades generalizadas leves (p. ej., resfriado, infección por estreptococos en garganta o hepatitis A en etapa temprana) pueden amplificar la situación. Además de las bacterias de descomposición, patógenos como *St. aureus*, los serotipos de *Salmonella*, *Shigella spp.*, *Esc. coli* patógena, *Norovirus* y la hepatitis A pueden introducirse en los alimentos a partir de fuentes humanas, en ocasiones por contaminación fecal-oral.

Es necesario capacitar al personal de manera apropiada acerca de higiene, aplicar una revisión regular de las condiciones de salud y mantener estándares higiénicos y estéticos eficientes para reducir la contaminación de esta fuente.

### **Ingredientes alimentarios**

En los alimentos preparados o fabricados se incluyen muchos ingredientes y aditivos en diferentes cantidades. Muchos de éstos son la fuente de microorganismos patógenos y de descomposición. Por lo general, varias especias tienen poblaciones muy grandes de mohos y esporas bacterianas. Almidón, azúcar y harina pueden tener esporas de bacterias termofílicas. Se han aislado patógenos a partir de coco deshidratado, huevos y chocolate.

Los ingredientes deben producirse bajo condiciones higiénicas y se les deben aplicar tratamientos antimicrobianos. Además, es importante el establecimiento de especificaciones microbianas aceptables para los ingredientes para reducir los microorganismos en la comida a partir de esta fuente.



## Equipo

Se usa una gran variedad de equipos en la cosecha, el transporte, la matanza, el procesamiento y el almacenamiento de los alimentos. Muchos tipos de microorganismos del aire, los alimentos crudos, el agua y el personal pueden introducirse en el equipo y contaminar los alimentos. Dependiendo del ambiente (humedad, nutrientes y temperatura) y el tiempo, es posible que los microorganismos se multipliquen, incluso a partir de una población inicial baja, y alcanzar un alto nivel y contaminar grandes volúmenes de alimentos. Además, cuando se usa el equipo de procesamiento por un largo periodo, los microorganismos iniciales se pueden multiplicar y actuar como fuente continua de contaminación en el producto producido más adelante. En algunos equipos, tal vez no se limpien y desinfecten de manera eficiente las partes pequeñas, las secciones inaccesibles y ciertos materiales. Estos puntos muertos pueden servir como fuentes de microorganismos patógenos y de descomposición en los alimentos. El equipo pequeño, como tablas para cortar, cuchillos, cucharas y artículos similares, puede ser fuente de contaminación cruzada debido a limpieza inapropiada. Es posible introducir *Salmonella*, *Listeria*, *Escherichia*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Clostridium*, *Bacillus spp.* y levaduras y mohos a los alimentos a través del equipo.

La limpieza y desinfección adecuadas del equipo a intervalos establecidos resulta importante para reducir los niveles microbianos en los alimentos. Además, también es fundamental desarrollar medios para prevenir o reducir la contaminación a partir del aire, el agua, el personal y los insectos. Por último, se deben considerar los posibles problemas microbiológicos al diseñar el equipo.



## **Varios**

Los alimentos pueden contaminarse con microorganismos de muchas otras fuentes, como materiales para empacar y envolver, contenedores, moscas, lombrices, pájaros, mascotas caseras y roedores. Se usan muchos tipos de materiales para empacar los alimentos. Debido a que se usan en productos listos para consumir y en algunos casos sin calentar, es necesario aplicar estándares (o especificaciones) microbiológicos apropiados en relación con los materiales para empacar. Cualquier falla para producir productos microbiológicamente aceptables puede reducir la calidad del alimento. También se deben tener presentes las moscas, las lombrices, los pájaros y los roedores en el procesamiento y preparación de los alimentos y en las instalaciones de almacenamiento, porque pueden portar microorganismos patógenos. Las mascotas caseras también pueden albergar patógenos; se debe tener cuidado apropiado para no contaminar la comida a partir de esta fuente.

## **Conclusión**

Los microorganismos entran en los alimentos a partir de fuentes internas y externas. Sus niveles y tipos dependen del cuidado que se puso durante la producción, el procesamiento y el almacenamiento de los alimentos. Las recontaminaciones con patógenos de los alimentos procesados con calor se han relacionado con muchas epidemias de enfermedades de origen alimentario. Una desinfección apropiada en cada etapa ayuda a reducir el nivel microbiano que suele esperarse en la comida. (1), (5), (6), (6), (9), (16), (17), (18), (20), (25), (32), (36), (37), (43), (45), (47), (48), (49), (52).



## **CAPÍTULO IV: PRINCIPIOS GENERALES EN LOS QUE SE BASA LA ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

### **1. Aptitud o ineptitud de los alimentos para el consumo**

¿Cuándo es apto para el consumo un determinado alimento? Según Thom y Hunter (1924), "Un alimento es apto para el consumo si un consumidor entendido, que conozca los antecedentes de su producción y a la vista del propio alimento, está dispuesto a comérselo, y, viceversa, este mismo alimento está alterado cuando este mismo inspector lo rechaza como alimento." Según esta definición la aptitud de un alimento para el consumo depende de la persona que lo examina, razón por la cual un alimento que una determinada persona estaría dispuesta a comérselo, otra no se lo comerá. A determinados sectores del pueblo inglés, por ejemplo, les gusta la carne de caza "pasada" con el intenso sabor que adquiere colgándola, o dejándola envejecer, mientras que la mayoría de los americanos dirían de este tipo de carne que es una carne corrompida. El "titmuck", pescado enterrado que consumen los esquimales, es un alimento semilíquido hediondo que la mayoría de nosotros consideraríamos no comestible. Es posible que personas hambrientas comiesen alimentos que normalmente no comerían. Si bien existen diferencias individuales en cuanto a la opinión acerca de la aptitud de los alimentos para ser consumidos cuando son examinados por diferentes personas, todas ellas coincidirían respecto a determinados criterios que garantizan que son aptos para el consumo:

#### **1.1. *Conveniente estado de desarrollo o madurez.***

Las frutas deben tener un cierto grado de madurez, si bien es diferente para cada una de ellas; el maíz dulce debe ser lo suficientemente joven para que sea tierno y lechoso; la carne de aves de corral se obtiene preferentemente de animales que son medianamente jóvenes.



**1.2. Ausencia de contaminación en cualquiera de las fases de su producción o manipulación.**

Las hortalizas no se deben consumir crudas si han sido abonadas con aguas residuales; las ostras procedentes de aguas contaminadas con aguas residuales deben ser rechazadas; los alimentos manipulados por operarios sucios o enfermos deben ser despreciados; los alimentos contaminados por moscas o por roedores deben ser considerados sospechosos.

**1.3. Ausencia de modificaciones molestas debidas a la invasión de microorganismos o a la actividad de los enzimas del alimento.**

A veces resulta difícil establecer una diferenciación entre lo que es una alteración producida por microorganismos y lo que es un crecimiento, mientras que otras veces el mismo tipo de modificación puede ser considerada perjudicial en un determinado alimento y beneficiosa en otro. Tanto es así, que el ama de casa dice que la leche agria se ha echado a perder y que, en cambio, la nata agria elaborada por fermentación mediante un cultivo de bacterias lácticas, es comestible. La putrefacción de la carne supone una alteración concreta de la misma, si bien las modificaciones producidas por la putrefacción en el queso de Limburger son normales en su proceso de maduración. Es posible que ciertas modificaciones, a las que se les conoce como alteraciones, no sean más que modificaciones del aspecto y propiedades físicas, como ocurre en el marchitamiento de la lechuga y en el ablandamiento de las zanahorias, aunque en estos casos posiblemente el alimento no ha experimentado alteración microbiana y ha habido una insignificante pérdida de su valor nutritivo. No obstante, cada uno de nosotros tiene su propio criterio acerca de si un alimento está



alterado, pudiendo, normalmente y sin gran dificultad, llegar a decidir acerca de su aptitud para el consumo.

## 2. Causas de alteración

Cuando se aplica a un alimento el calificativo de alterado se suele aludir a la putrefacción o descomposición de carácter perjudicial, mientras que a un alimento no apto para el consumo por razones higiénicas no se le suele calificar de alterado.

La alteración de los alimentos puede ser debida a una o más de las causas siguientes:

- Multiplicación y actividad de microorganismos (o de formas superiores a veces). Con frecuencia interviene una serie de microorganismos.
- Insectos.
- Actividad de los enzimas, de origen vegetal o de origen animal, existentes en el alimento
- Reacciones puramente químicas, es decir, no catalizadas por enzimas tisulares ni de procedencia microbiana.
- Modificaciones físicas, como son las producidas por la congelación, por la combustión, por la desecación, por la presión, etc.

La revisión que se hace a continuación se dedicará principalmente a las alteraciones producidas por microorganismos.

## 3. Clasificación de los alimentos por la facilidad con que se alteran

Según la facilidad con que se alteran, los alimentos se pueden incluir en tres grupos:

### 3.1. Alimentos estables o no perecederos.

En este grupo de alimentos, que no se alteran, a no ser que se manipulen sin cuidado, se incluyen alimentos como el azúcar, la harina y las alubias secas.



### 3.2. **Alimentos semiperecederos.**

Si este tipo de alimentos se manipulan y conservan de forma apropiada, permanecen sin alterarse durante bastante tiempo, por ejemplo, las patatas, ciertas variedades de manzanas, los nabos suecos de hojas recubiertas por una capa c erea\*, y las nueces desprovistas de cáscara.

### 3.3. **Alimentos perecederos.**

Este grupo incluye los alimentos más importantes de consumo cotidiano, los cuales se alteran con facilidad a no ser que se utilicen procedimientos de conservación específicos. Las carnes, el pescado, las canales de aves de corral, la mayoría de las frutas y hortalizas, los huevos y la leche pertenecen a este grupo.

La mayoría de los alimentos se pueden encuadrar en uno de los citados grupos, si bien existen algunos que se encuentran tan próximos al límite que separa unos de otros, que resulta difícil clasificarlos.

\*N. del T.: Se trata de una planta anual perteneciente al género Brassica de las crucíferas (*Brassica napobrassica*) a la que en nuestro país se le conoce también con la denominación de nabo gallego. Sus raíces tuberosas, largas y de color rojo-amarillento, se utilizan en la alimentación humana y como forraje para los bóvidos y  vidos.

## 4. **Modificaciones químicas ocasionadas por microorganismos**

Debido a la gran diversidad de compuestos orgánicos existentes en los alimentos y a la gran cantidad de especies de microorganismos capaces de descomponerlos, en los mismos pueden tener lugar modificaciones químicas muy distintas y se pueden originar muchos tipos



de sustancias. El estudio que se realiza a continuación se ocupa únicamente de los principales tipos de descomposición de los componentes mayoritarios de los alimentos y de las sustancias producidas en mayor cantidad.

#### 4.1. **Modificaciones de los compuestos orgánicos nitrogenados**

La mayor parte del nitrógeno contenido en los alimentos se encuentra formando parte de proteínas, las cuales, antes de que puedan ser utilizadas como nutriente nitrogenado por los microorganismos, deben ser hidrolizadas por los enzimas microbianos, o por los del propio alimento, a polipéptidos, a péptidos más sencillos, o a aminoácidos. Las proteinasas catalizan la hidrólisis de las proteínas a péptidos, los cuales pueden comunicar un sabor amargo a los alimentos. Las peptidasas catalizan la hidrólisis de los polipéptidos a péptidos más sencillos y, por último, a aminoácidos. Los últimos comunican sabores, agradables o desagradables, a algunos alimentos; así por ejemplo, determinados aminoácidos aportan el sabor de los quesos madurados.

La mayoría de estas hidrólisis no dan lugar a sustancias especialmente perjudiciales. No obstante, la descomposición en anaerobiosis de las proteínas, de los péptidos o de los aminoácidos, puede dar origen a olores desagradables, en cuyo caso recibe el nombre de putrefacción. En este tipo de descomposición se originan compuestos sulfurados de olor pestilente, como son los sulfuros de hidrógeno, de metilo y de etilo, y mercaptanos, además de amoníaco, aminas (p.ej., histamina, tiramina, piperidina, putrescina, y cadaverina), indol, escatol y ácidos grasos. Cuando los microorganismos actúan sobre los aminoácidos, pueden desaminarlos, descarboxilarlos, o ejercer sobre los mismos ambas acciones al mismo tiempo, produciendo los compuestos que se señalan en la Tabla 4.1.



*Escherichia coli*, por ejemplo, produce ácido glioxílico, ácido acético, y amoníaco a partir de la glicina; *Pseudomonas* produce además metilamina y dióxido de carbono; mientras que los clostridios producen ácido acético, amoníaco, y metano.

A partir de la alanina, estos tres microorganismos producen, respectivamente, (1) un  $\alpha$ -cetoácido, (2) ácido acético, amoníaco y dióxido de carbono, y (3) ácido propiónico, ácido acético, amoníaco, y dióxido de carbono. A partir de la serina, *E. coli* produce ácido pirúvico y amoníaco, mientras que las especies de *Clostridium* dan ácido propiónico, ácido fórmico, y amoníaco. Según se ha indicado anteriormente, el azufre de los aminoácidos sulfurados puede ser reducido a sulfuros de olor pestilente o a mercaptanos. *Desulfotomaculatum nigrificans* (antes, *C. nigrificans*) especie anaerobia obligada, es capaz de reducir los sulfatos a sulfitos y producir sulfuro de hidrógeno a partir de la cistina.

Otros compuestos nitrogenados que descomponen los microorganismos son:

(1) las amidas, las imidas y la urea, que dan amoníaco como producto final, (2) la guanidina y la creatinina, que dan urea y amoníaco, (3) las aminas, las purinas y las pirimidinas, que pueden dar amoníaco, dióxido de carbono y ácidos orgánicos (Principalmente láctico y acético).

#### 4.2. Modificaciones de los compuestos no nitrogenados

Los principales nutrientes no nitrogenados son utilizados por los microorganismos, principalmente para obtener energía, aunque posiblemente los utilicen como fuente de carbono, son los hidratos de carbono, los ácidos orgánicos, los aldehídos y las cetonas, los alcoholes, los glucósidos, los compuestos cíclicos, y los lípidos.



**TABLA N° 4.1**  
**PRODUCTOS RESULTANTES DE LA DESCOMPOSICIÓN**  
**MICROBIANA DE LOS AMINOÁCIDOS.**

<u>Reacción química</u>	<u>Productos</u>
Desaminación oxidativa	Cetoácido + NH <sub>3</sub>
Desaminación hidrolítica	Hidroxiácido + NH <sub>3</sub>
Desaminación reductora	Ac.Gr. saturado + NH <sub>3</sub>
Desat. y desami.(posición α y β)	Ac.Gr.No satura+ NH <sub>3</sub>
O-R Recíp. entre par de aás	Cetoác.+ ác. Gr. + NH <sub>3</sub>
Descarboxilación	Amina + CO <sub>2</sub>
Desaminac. Hidrolít.+decarboxilac.	OH primario + NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>
Desaminac. Reduct.+decarboxilac.	Hidrocarb + NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>
Desaminac. Oxidat.+decarboxilac	Ac. Gr. + NH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos. 2000.

**4.3. Hidratos de carbono.** Los microorganismos prefieren los Hidratos de carbono, si el alimento los contiene, a otros nutrientes energéticos. Los disacáridos, los trisacaridos, y los polisacáridos complejos suelen ser hidrolizados a azúcares sencillos antes de ser utilizados. Un monosacárido, como por ejemplo la glucosa, utilizado en aerobiosis, son oxidado a dióxido de carbono y agua, mientras que utilizado en anaerobiosis, experimentaría una descomposición que implicaría a cualquiera de estos seis tipos principales de fermentación: (1) Una fermentación alcohólica, como la que llevan a cabo las levaduras, con producción de etanol y dióxido de carbono como compuestos principales, (2) una fermentación láctica simple, como la que llevan a cabo las bacterias lácticas homofermentativas,




con producción de ácido láctico como compuesto principal, (3) una fermentación láctica mixta, como la que llevan a cabo las bacterias lácticas heterofermentativas, con producción de los ácidos láctico y acético, etanol, glicerol, y dióxido de carbono como compuestos principales, (4) la fermentación de tipo coliforme, como la que llevan a cabo las bacterias coliformes, con producción de los ácidos láctico, acético, y fórmico, etanol, dióxido de carbono, hidrógeno, y tal vez acetoína y butanodiol como compuestos probables, (5) la fermentación propiónica, llevada a cabo por las bacterias propiónicas, que produce los ácidos propiónico, succínico y acético y dióxido de carbono, o (6) las fermentaciones butírico-butiril-isopropílicas, por bacterias anaerobias, que producen los ácidos butírico y acético, dióxido de carbono, hidrógeno y, a veces, acetona, butilenglicol, butanol, y propanol-2.

Cuando se encuentran en actividad diferentes microorganismos, a partir de los azúcares se pueden originar otros compuestos distintos, entre los que se incluyen ácidos grasos superiores, otros ácidos orgánicos, aldehídos, y cetonas.

4.4. **Ácidos orgánicos.** Muchos de los ácidos orgánicos que se suelen encontrar en los alimentos en forma de sales son oxidados por los microorganismos a carbonatos, los cuales comunican mayor basicidad al medio. En aerobiosis, los ácidos orgánicos pueden ser oxidados totalmente a dióxido de carbono y agua, tal como lo hacen las levaduras formadoras de película. Los ácidos pueden ser oxidados a otros ácidos más sencillos o a otros compuestos parecidos a los que se originan en la descomposición de los azúcares. Actuando sobre dos átomos de carbono a la vez, los ácidos grasos saturados y los derivados cetónicos inferiores son degradados a ácido acético por los microorganismos, con el concurso del coenzima A.



Los ácidos grasos no saturados y los hidroxiaácidos grasos pueden ser degradados parcialmente de forma parecida, aunque para su total beta-oxidación deben ser transformados en un ácido saturado (o en un derivado cetónico).

4.5. **Otros compuestos.** Los alcoholes suelen ser oxidados al correspondiente ácido orgánico, como es el caso del etanol que es oxidado a ácido acético. El glicerol puede ser degradado a compuestos parecidos a los que se originan en la degradación de la glucosa. Los glucósidos, una vez hidrolizados para liberar el azúcar, experimentarán la degradación típica del azúcar. El acetaldehído puede ser oxidado a ácido acético, o puede ser reducido a etanol. Los compuestos cíclicos no son atacados con facilidad.

4.6. **Lípidos.** Las grasas son hidrolizadas por la lipasa microbiana a glicerol y ácidos grasos, los cuales, posteriormente, son degradados de la forma señalada anteriormente. En la oxidación de las grasas pueden intervenir microorganismos, aunque lo más corriente es su autooxidación. Los fosfolípidos pueden ser degradados a sus componentes de fosfato, glicerol, ácidos grasos, y una base nitrogenada (p. ej., la colina). Las lipoproteínas están constituidas por proteínas, ésteres del colesterol, y fosfolípidos.

4.7. **Sustancias pecticas.** La protopectina, sustancia insoluble en agua predecesora de las pectinas de las plantas, es convertida en pectina, polímero hidrosoluble del ácido galacturónico que contiene radicales metilo unidos mediante enlaces éter y varios grados de neutralización por distintos cationes. Se gelifica con azúcar en medio ácido. El enzima pectinoesterasa produce la hidrólisis de los enlaces éster de los radicales metilo de la pectina para dar ácido péctico y metanol.



Las poligalacturonasas destruyen el enlace entre las unidades de ácido galacturónico de la pectina, o del ácido péctico, para dar cadenas más cortas y, finalmente, ácido D-galacturónico libre, el cual puede ser degradado a azúcares, sencillos. (2), (3), (4), (8), (13), (15), (17), (24), (27), (28), (29).



## **CAPITULO V: MECANISMOS Y FUNDAMENTOS DE LA PREVENCIÓN DE LAS ALTERACIONES MICROBIANAS DE LOS ALIMENTOS.**

Los alimentos que consumimos casi nunca se encuentran estériles, sino que contienen asociaciones microbianas cuya composición depende de qué organismo llegan a él y de cómo se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento durante el transcurso del tiempo. Los microorganismos en los alimentos procederán tanto de la microbiota de la materia prima como los que se introducen durante las operaciones de recolección-sacrificio, tratamiento, almacenamiento y distribución. Los tipos y cantidad de microorganismos serán determinados por las propiedades del alimento, por la atmósfera donde se almacena, por las características de los propios microorganismos y por los efectos del tratamiento.

En el proceso de elaboración de alimentos, cuando se cumple con las reglas de higiene o con las buenas prácticas de elaboración, en toda la cadena del proceso, esta microbiota no ejerce un efecto aparente y el alimento puede ser consumido sin consecuencias adversas. En caso contrario, los microorganismos pueden manifestar su presencia en una de las formas siguientes:

- Causando alteración de los alimentos.
- Provocando enfermedades transmitidas por los alimentos.
- En algunos casos, de forma intencional en la elaboración de un alimento, se transforman sus propiedades de una forma beneficiosa mediante su fermentación.

El crecimiento microbiano es un proceso autocatalítico: no habrá crecimiento sin la presencia de al menos una célula viable, y la tasa de crecimiento aumentará de acuerdo con la cantidad de biomasa viable presente. La pauta de crecimiento es la misma para bacterias y hongos.



Las bacterias requieren determinadas condiciones para multiplicarse rápidamente, esta multiplicación rápida es la que causa problemas relacionados con la seguridad del alimento. En condiciones ideales este crecimiento rápido puede llegar a un tiempo de generación menor que 20 min.

Si realizamos el experimento para determinar el número de microorganismos en relación con el tiempo y después representamos en una gráfica el logaritmo de los microorganismos viables frente al tiempo, se obtiene la curva, en la que se aprecia que el crecimiento exponencial solo tiene lugar durante una parte del tiempo.

No es necesario hacer mucho énfasis en la importancia del crecimiento exponencial en el tratamiento de los alimentos, una sola bacteria con un tiempo de generación de 20 min que crece en un alimento, puede producir una población celular superior a  $10^7$  microorganismos/g o mL en 8 h. Por lo tanto la misión principal del microbiólogo de alimentos y de los especialistas en higiene de los alimentos es conocer qué es lo que influye en el crecimiento microbiano con vistas a controlarlo.

Si se tiene en cuenta que normalmente la microbiota de un alimento nunca está compuesta por un solo tipo de microorganismo durante el crecimiento, recolección/sacrificio, tratamiento y almacenamiento, el alimento está sujeto a contaminación de diversa procedencia. Algunos microorganismos serán capaces de crecer juntos en lo que se conoce como una asociación, cuya composición cambiará en el transcurso del tiempo.

#### 1. **Aspecto ecológicos generales de la alteración de los alimentos**

Factores que influyen en las poblaciones microbianas existentes en los alimentos en la Tabla 5.1 Factores que influyen el desarrollo microbiano.



Los parámetros básicos que normalmente se utilizan para definir el entorno ecológico de los alimentos Incluyen factores tanto abióticos como bióticos de la naturaleza siguiente:

- a) *Intrínsecos*, es decir, relativos a las propiedades físicas, químicas y biológicas del alimento.
- b) Efectos del *tratamiento* o *procesado*, como consecuencia del método físico o químico de elaboración del alimento.
- c) *Extrínsecos*, que resultan de las propiedades físicas y químicas del ambiente en el que es mantenido el alimento.
- d) «*Implícitos*», coherentes con el concepto matemático, interacciones sinérgicas o antagónicas entre los componentes de la estructura de la comunidad microbiana primaria, que se ha desarrollado bajo la influencia de los factores 1-3, y que muchas veces determinan una selección posterior importante.

*Dinámica de las poblaciones: origen y selección de los microorganismos que colonizan grupos concretos de alimentos*

**Principios** En la superficie, e igualmente en el interior de los alimentos frescos, tanto de origen animal como vegetal, se encuentra una gran variedad de microorganismos. Estos incluyen: (1) microorganismos del suelo, del estiércol, de las aguas superficiales y del polvo, distribuidos por todas partes; (2) microorganismos que ocupan nichos concretos, especialmente la maquinaria y los utensilios que se limpian insuficientemente y los restos de alimentos en vías de alteración en las industrias de elaboración de estos productos; (3) microorganismos que provienen del hombre y de los animales domésticos.

**TABLA N° 5.1**  
**FACTORES QUE INFLUENCIAN EL DESARROLLO DE LAS**  
**ASOCIACIONES MICROBIANAS EN LOS ALIMENTOS.**

Parámetros intrínsecos	Actividad de agua ( $a_w$ ) , pH y capacidad tampón, Nutrientes, Constituyentes antimicrobianos
Factores de procesado o tratamiento	Calentamiento Transradiación (irradiación) Filtración Modificación de la composición aditivos químicos o compuestos de origen biótico
Parámetros extrínsecos	Temperatura, Atmosfera gaseosa
Factores implícitos	Sinergismo, Antagonismo

Fuente: M.R. ADAMS y M.O. Moss. . Microbiología de los alimentos. 2005.




**TABLA N° 5.2**  
**CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE LA COLONIZACIÓN DE LOS**  
**ALIMENTOS EN EL CURSO DEL FLUJO O CAMBIO QUE CONDUCE**  
**A LA ÚLTIMA O DEFINITIVA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD**  
**MICROBIANA.**

Fase Designación	Perfil de colonización	
	Variabilidad (n° de especies encontradas)	Densidad (ufc g <sup>-1</sup> )
I. Pionera	+++++	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>
II. Primaria	++++	aprox. 10 <sup>4</sup>
II. Asociación sensu strictu	+++	aprox. 10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>
V. Situación de alerta: más allá de la fecha de «consumo preferente», indicando una alteración incipiente; o bien colonización próxima al LTS* , indicativo de un peligro sanitario	+++	≥ 10 <sup>6</sup>
*Limite tolerable seguro u objetivo de seguridad del alimento.		

Fuente: M.R. ADAMS y M.O. Moss. . Microbiología de los alimentos. 2005.

**TABLA N° 5.3**  
**ORIGEN DE LOS MICROORGANISMOS QUE CONTAMINAN LOS**  
**ALIMENTOS.**

<b>Endógenos</b>
Alimentos crudos de origen animal con microorganismos y parásitos intrínsecos (que se encuentran de modo natural en los alimentos)
Salmonella spp. en la yema de huevo
Trichinella spiralis en la carne de cerdo, de caballo y de jabalí
varios helmintos parásitos en el pescado
Frutas, hortalizas y cereales
una amplia variedad de microorganismos saprofitos
<b>Exógenos</b>
Contenidos intestinales, ganglios linfáticos, patas y piel, plumas, de los animales de abasto
Suelo, aguas superficiales, estiércol y polvo
Tracto intestinal y respiratorio humano
Ambientes de las industrias de alimentos y de los establecimientos de restauración colectiva
materias primas e ingredientes no procesados o tratados
restos de alimentos
materiales de envasado
aguas residuales
roedores, insectos, aves y animales de compañía

Fuente: M.R. ADAMS y M.O. Moss. . Microbiología de los alimentos. 2005.

Sin embargo, tal como se ha indicado, solo una fracción de esta microflora original constituye o integra las poblaciones sucesivas, que con el tiempo colonizan un alimento determinado y finalmente lo alteran bajo cualesquiera condiciones de almacenamiento.




En la Tabla 5.2, se muestra la evolución o dinámica de las poblaciones microbianas en los alimentos, tanto en su variación en el número de especies como en sus niveles cuantitativos. El conocimiento de los parámetros principales, pH y  $a_w$ , que actúan en un alimento dado, indica o explica por qué predominaran determinados grupos amplios de microorganismos; por ejemplo, los bacilos y los cocos Gram positivos, tanto los catalasa positivos como los catalasa negativos, en los productos cárnicos loncheados envasados al vacío.

La posterior presión selectiva determinara que, en un grupo taxonómico, un único tipo concreto de bacteria, predomine sobre otro; Tabla 5.3 Origen de los microorganismos que contaminan los alimentos. Por ejemplo, *Shewanella (Alteromonas) putrefaciens* muchas veces supera en número a las especies fluorescentes de *Pseudomonas* en el pescado en estado de alteración incipiente, mientras que *Pseudomonas* supera en número a *Acinetobacter* en la carne de aves en igual estado.

Los factores que influyen en el crecimiento microbiano en los alimentos y por tanto las asociaciones que se desarrollan, también determinan la naturaleza de la alteración y cualquier riesgo para la salud que se planteen. La fase logarítmica de crecimiento puede verse afectada si se acorta su longitud, controlando los factores de crecimiento.

Hace más de 40 años Mossel e Ingram dividieron estos factores en 4 grupos:

- a) Propiedades físico-químicas del propio alimento (factores intrínsecos).
- b) Condiciones del ambiente del almacenamiento (factores extrínsecos).
- c) Propiedades e interacciones de los microorganismos presentes (factores implícitos).



- d) Factores del tratamiento, este último incluido por Mossel e Ingram entre los factores intrínsecos.

## 2. Factores intrínsecos en la alteración de los alimentos (limitaciones del sustrato).

Factores que influyen en el desarrollo de las asociaciones microbianas en los alimentos:

- Factores intrínsecos:
  - ✓ Nutrientes.
  - ✓ pH.
  - ✓ Potencial redox.
  - ✓ Actividad de agua.
  - ✓ Constituyentes antimicrobianos.
  - ✓ Estructuras biológicas.

**Contenido de nutrientes.** Del mismo modo que los seres humanos, los microorganismos son capaces de utilizar los alimentos como fuente de nutrientes y de energía. Los microorganismos en los alimentos, para multiplicarse y desarrollar su fisiologismo normal, necesitan los elementos siguientes:

- ✓ Agua.
- ✓ Fuente de energía.
- ✓ Fuente de nitrógeno y vitaminas.
- ✓ Factores de crecimiento afines, como sales minerales.

Los microorganismos que se encuentran en los alimentos pueden utilizar azúcares, alcoholes y aminoácidos propios de los alimentos como fuente de energía. La incapacidad de un organismo para emplear un componente mayoritario de un material alimenticio limitará su crecimiento



y lo situará en desventaja competitiva comparado con aquellos que no son capaces de utilizarlo. Algunos usan como fuente de energía carbohidratos complejos, como son los almidones por poseer enzimas amilolíticas y la celulosa, por tener la posibilidad de degradar primeramente estos compuestos a azúcares sencillos, esto favorecerá el crecimiento de un determinado organismo en los cereales y en otros productos farináceos. La adición al yogurt de frutas que contiene sacarosa y otros azúcares aumenta la gama de carbohidratos disponibles y permite el desarrollo de una microbiota variada de levaduras causantes de alteración. Las grasas también son utilizadas por un reducido e insignificante número de microorganismos como fuentes de energía.

En general los microorganismos utilizan compuestos simples como los aminoácidos, antes de tener que atacar compuestos complejos, como las proteínas de elevado peso molecular, por tanto las principales fuentes de nitrógeno de los microorganismos heterótrofos son los aminoácidos. En condiciones ideales la concentración de nutrientes indispensables puede, hasta cierto punto, determinar la velocidad de crecimiento microbiano.

**pH.** Tal y como se determina en un electrodo de vidrio, el pH es el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno de cualquier solución. En términos simple el pH de un alimento es la medida de su acidez o alcalinidad, teniendo en cuenta que la escala de pH comienza en cero y termina en 14; que una solución de pH de 7 es considerada como neutra, que los pH menores que 7 son considerados como ácidos y mayores como alcalinos. La acidez o la alcalinidad de un medio tienen gran influencia en la estabilidad de macromoléculas tales como las enzimas, lo que justifica que tanto el crecimiento como el metabolismo de los microorganismos estén influidos por el pH.



En general, las bacterias crecen con mayor rapidez a pH comprendido entre 6,0 y 8,0 (tabla 5.4), las levaduras entre 4,5 y 6,0, así como los hongos filamentosos entre 3,5 y 4,0; aunque hay bacterias capaces de crecer a pH bajos como consecuencia de su metabolismo productor de energía, por ejemplo, los lactobacilos y las bacterias acéticas cuyo crecimiento óptimo generalmente tiene lugar a un pH comprendido entre 5,0 y 6,0. Si a un alimento se le cambia el pH, ya sea por encima o por debajo del neutro, los microorganismos crecerán con mayor lentitud.

**TABLA N° 5.4**

**LÍMITES DE PH SEGÚN TIPO DE MICROORGANISMO**

	<b>pH mínimo</b>	<b>pH máximo</b>
<b>Bacterias gramnegativas</b>		
<i>Escherichia coli</i>	4,4	9
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	4,4	9
<i>Proteus vulgaris</i>	4,4	9,2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,6	8
<i>Salmonella paratyphi</i>	4,5	7,8
<i>Salmonella typhi</i>	4,0-4,5	8,0-9,6
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4,8	11,0
<b>Bacterias grampositivas</b>		
<i>Bacillus cereus</i>	4,9	9,3
<i>Bacillus subtilis</i>	4,5	8,5
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	5,2	9,2
<i>Clostridium botulinum</i>	4,7	8,5
<i>Clostridium sporogenes</i>	5,0	9,0
<i>Enterococcus spp.</i>	4,8	10,6
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,0	9,8
<i>Streptococcus lactis</i>	4,3-4,8	9,2

Fuente: MOSSEL D.A.A., MORENO, STRUIJK. Microbiología de los alimentos. 2006.




La mayoría de los alimentos son, cuando menos, ligeramente ácidos (tablas 5.5 y 5.6), ya que los materiales cuyo pH es alcalino casi siempre tienen un sabor bastante desagradable. La clara de huevo, cuyo pH aumenta hasta cerca de 9,2 a medida que el dióxido de carbono es eliminado del huevo después de ser puesto este, constituye una excepción común a lo expuesto. Un ejemplo que algunos tomarían como prueba convincente de la no comestibilidad de los alimentos alcalinos es el tiburón fermentado, que se elabora en Groenlandia, y que tiene un pH de 10 a 12.

Aunque la mayoría de los alimentos son de naturaleza ácida, o sea que tienen el pH por debajo de 7, otros son más ácidos, tienen el pH por debajo de 4,6 como por ejemplo el vinagre, algunas frutas, los alimentos en salmuera, el yogurt, la mayonesa, etc. Por debajo de 4,6 la mayoría de los microorganismos patógenos no crecen o lo hacen muy lentamente, por tanto, en general los alimentos ácidos no constituyen un problema para la salud, en estos pH suelen crecer microorganismos alteradores que pueden cambiar la textura y la apariencia del alimento.

La acidez de un producto puede tener importantes implicaciones tanto en su ecología microbiana como en la rapidez y naturaleza de su alteración, por ejemplo, los productos vegetales clasificados como hortalizas casi siempre tienen un pH ligeramente ácido y las bacterias productoras de putrefacción blanda, como *Erwinia carotovora* y *Pseudomonas* desempeñan un importante papel en su alteración. En las frutas, sin embargo, un pH más bajo impide el crecimiento bacteriano y de aquí que su alteración sea dominada por levaduras y mohos.

La capacidad del pH bajo para limitar el crecimiento microbiano ha sido aprovechado de forma deliberada, desde los tiempos más antiguos



en la conservación de alimentos con los ácidos acéticos y láctico. Los pH bajos ayudan a la conservación de los alimentos de las formas siguientes:

- ✓ Directamente, inhibiendo el crecimiento microbiano.
- ✓ Indirectamente, disminuyendo la resistencia al calor de los microorganismos en los alimentos que se someten a tratamiento térmico.

**TABLA N° 5.5**  
**VALORES DE PH APROXIMADOS DE ALGUNAS FRUTAS Y**  
**HORTALIZAS FRESCAS**

Producto	pH
<b>Hortalizas</b>	
Espárragos (yemas y tallos)	5,7-6,1
Judías (vedes y limas)	4,6-6,5
Remolacha	4,2-4,4
Zanahorias	4,9-5,2; 6,0
Coliflor	5,6
Berenjena	4,5
Lechuga	6,0
Aceitunas	3,6-3,8
Cebollas rojas	5,3-5,8
Perejil	5,7-6,0
Patatas (tubérculos y boniatos)	5,3-5,6
Calabaza	4,8-5,2
Tomates entero	4,2-4,3
Nabos	5,2-5,5
<b>Frutas</b>	
Manzanas	2,9-3,3
Plátanos	4,5-4,7
Higos	4,6
Limas	1,8-2,0
Melones	6,3-6,7
Naranjas	3,6-4,3
Ciruelas	

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos. 2000

**TABLA N° 5.6**  
**VALORES DE PH APROXIMADOS DE LOS PRODUCTOS**  
**LÁCTEOS, DE LAS CARNES Y DE LOS PRODUCTOS**  
**PESQUEROS**

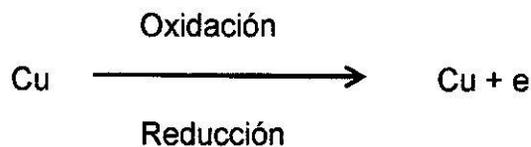
<b>Producto</b>	<b>pH</b>
<b>Productos lácteos</b>	
Mantequilla	6,1-6,4
Suero de mantequilla	4,5
Leche	6,3-6,5
Nata	6,5
Queso (suave americano Cheddar)	4,9-5,9
<b>Pescados y mariscos</b>	
Pescado (casi todas las especies inmediatamente después de la muerte)	6,6-6,8
Almejas	6,5
Cangrejos	7,0
Ostras	4,8-6,3
Atún	5,2-6,1
Camarón	6,8-7,2
Salmón	6,1-6,3
Pescado blanco	5,5
<b>Carnes</b>	
Vaca picada	5,1-6,2
Jamón	5,9-6,2
Ternera	6,0
Pollo	6,2-6,4

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos. 2000

**Potencial Redox (Eh).** Una reacción de oxidación-reducción (O/R) o de potencial redox (Eh) se produce como consecuencia de una transferencia de electrones entre átomos o entre moléculas. Desde hace muchos años

se conoce que los microorganismos presentan diferentes grados de sensibilidad al potencial de oxidación-reducción del medio de cultivo.

En general, el potencial redox de un sustrato se puede definir como aquel en el que el sustrato pierde o gana electrones con mayor facilidad. Cuando un elemento o compuesto pierde electrones, se dice que el sustrato ha sido oxidado, mientras que un sustrato que gana electrones se ha reducido.



También se puede obtener oxidación por adición de oxígeno, como se indica en la reacción siguiente:



Por tanto, una sustancia que fácilmente cede electrones es un buen agente reductor, mientras que otra que capte es un buen agente oxidante. Cuando pasan electrones de un compuesto a otro se crea una diferencia de potencial entre ambos, esta diferencia se mide frente a una referencia externa por medio de un electrodo de metal inerte casi siempre de platino sumergido en un medio, y se expresa en milivoltios (mV). Cuanto más oxidada esté una sustancia, más positivo será su potencial eléctrico y cuanto más reducida, más negativo su potencial.

En relación con los microorganismos, el potencial redox indica las relaciones de oxígeno entre ellos, y es utilizado para especificar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células. Los microorganismos aerobios necesitan para crecer valores redox positivos, mientras que los anaerobios



frecuentemente requieren valores negativos. Los microorganismos de acuerdo con su potencial de oxidación-reducción se dividen en los grupos siguientes: aerobios estrictos, anaerobios estrictos, anaerobios facultativos y microaerófilos.

**Aerobios estrictos.** Los microorganismos aerobios estrictos en el hábitat de los alimentos usan el oxígeno como aceptor final de electrones en la respiración (*Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *Acinetobacter*, etc.), por consiguiente, tienen necesidad de oxígeno y de elevado Eh, por lo que predominarán en la superficie de los alimentos expuestos al aire o en aquellas zonas de los mismos en las que el aire pueda ser utilizado fácilmente; de manera que *Pseudomonas*, por ejemplo, *Ps. fluorescens* que crece a un Eh comprendido entre +100 y +500 mV. Otros bacilos gramnegativos oxidativos producen mucílagos y olores desagradables en la superficie de la carne, *Bacillus subtilis* posee un potencial redox de crecimiento comprendido entre -100 y +135 mV, produce viscosidad en la textura abierta del pan y las especies de *Acetobacter* que crecen en la superficie de las bebidas alcohólicas, oxidan el etanol a ácido acético para producir alteración o vinagre.

**Anaerobios estrictos.** Los microorganismos anaerobios obligados solo tienden a crecer a potenciales redox bajos o negativos, no pueden utilizar el oxígeno como aceptor final de electrones; dentro de ellos los Clostridios tienen gran importancia en microbiología de los alimentos. Tienen la posibilidad de crecer donde las condiciones sean anaerobias, por ejemplo, en la profundidad de los tejidos y en los estofados de carne, en los alimentos envasados y enlatados al vacío causando alteración. Entre los microorganismos anaerobios más importante para la salud pública se encuentra *Clostridium botulinum*.



**Anaerobios facultativos.** Los anaerobios facultativos como los que forman las familias Vibrionaceae, Enterobacteriaceae y Corynebacteriaceae pueden utilizar el oxígeno como aceptor final de electrones, pero en su ausencia también pueden utilizar una diversidad de aceptores de electrones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Estos organismos pueden crecer en la superficie y en el interior de los alimentos, algunos poseen actividad proteolítica o lipolítica. Con frecuencia sus productos de desechos son ácidos orgánicos.

Debido a su profusa distribución, su amplio rango de actividad enzimática y su capacidad para descomponer los compuestos orgánicos, dichos microorganismos pueden competir en una amplia gama de ambientes y con frecuencia son responsables de la alteración de los alimentos de bajo Eh; a esto se debe que sean importantes microorganismos alteradores de los alimentos; aunque algunos como los lactobacilos se pueden utilizar para cambios beneficiosos en la elaboración de varios alimentos. Algunos microorganismos anaerobios facultativos como las enterobacterias tienen gran relevancia para la salud pública.

**Microaerófilos.** Estos microorganismos necesitan una cantidad muy reducida de oxígeno para su crecimiento, lo cual se debe tener en cuenta a la hora de cultivarlo en el laboratorio, uno de los microorganismos importantes desde el punto de vista de enfermedad para el humano a través de los alimentos es *Campylobacter* spp.

**Actividad de Agua. ( $A_a = a_w$ )** La vida tal y como nosotros la conocemos depende totalmente de la presencia de agua en estado líquido, por tanto los microorganismos necesitan de agua libre o disponible para su crecimiento. Los solutos como sal y azúcar, así como los mecanismos de



deshidratación disminuyen el agua disponible y reducen el rango de crecimiento microbiano.

La actividad acuosa de un alimento o solución (Aa) se define como el cociente entre la presión parcial del agua existente en la atmósfera en equilibrio con el sustrato (alimento) (P) y la presión parcial de la atmósfera en equilibrio con el agua pura a la misma temperatura:  $Aa = P/Po$ .

Este cociente es equivalente a la humedad relativa de equilibrio (HRE) expresada como fracción en lugar de porcentaje:  $Aa = P/Po = 1/100 \text{ HRE}$

La humedad relativa de equilibrio tiene importantes repercusiones en el almacenamiento de alimentos de baja Aa. A medida que una solución se concentra la presión de vapor disminuye y la actividad acuosa va disminuyendo a partir de un valor máximo de 1 para el agua pura.

La mayoría de los microorganismos incluyendo las bacterias patógenas crecen más rápidamente a niveles de Aa de 0,993 a 0,998 (tablas 5.7 y 5.8). A valores inferiores de Aa, la velocidad de crecimiento o la masa celular final disminuye y la fase de latencia aumenta.

**TABLA N° 5.7**  
**ACTIVIDADES DE AGUA MÍNIMAS A LAS QUE PUEDE HABER**  
**CRECIMIENTO ACTIVO**

Grupo de microorganismos	Aa mínima	Grupo de microorganismos	Aa mínima
Mayoría de bacterias	0,97	Mayoría de hongos	0,80
Gram-negativas			
Mayoría de bacterias	0,90	Bacterias halófilas	0,75
Gram-negativas			
Mayoría de levaduras	0,88	Hongos xerófilos	0,61

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos. 2000




**TABLA N° 5.8**  
**NIVELES MÍNIMOS DE ACTIVIDAD ACUOSA QUE PERMITEN EL**  
**CRECIMIENTO DE LOS MICROORGANISMOS QUE SE CITAN A**  
**TEMPERATURAS PRÓXIMAS A LA ÓPTIMA**

<b>Microorganismos</b>	<b>Aa</b>
<b>Mohos</b>	
Alternaria citri	0,84
A. fumigatus	0,82
P. islandicum	0,83
A. flavus	0,78
<b>Levaduras</b>	
S. cerevisiae	0,90
Debaromyces hansenii	0,83
S. rouxii	0,62
<b>Bacterias</b>	
C. botulinum tipo	E 0,97
C. botulinum tipo A	0,95
B. cereus	0,95
C. perfringens 0	0,95
E. coli	0,95
Salmonella spp.	0,95
C. botulinum tipo B	0,94
V. parahaemolyticus	0,94
S. aureus	0,86
Halobacterium halobium	0,75

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos. 2000

Principales razones para la no disponibilidad del agua por los microorganismos:




- ✓ Los solutos y los iones fijan agua de la disolución. El aumento de la concentración de las sustancias disueltas (azúcares o sales) equivale a una deshidratación.
- ✓ Los coloides hidrófilos (geles) impiden la disponibilidad del agua.
- ✓ El agua de cristalización o de hidratación no suele ser asequible a los microorganismos, tampoco el agua cristalizada o formando hielo.
- ✓ El potencial de agua puede contener un componente osmótico, relacionado con el efecto de los solutos en solución.

A continuación se definen 3 grupos de microorganismos asociados a diferentes tipos de alimentos de acuerdo con su actividad acuosa o su presión osmótica:

- a) **Halotolerantes.** Capaces de crecer en presencia de elevadas concentraciones de sal.
- b) **Osmotolerantes.** Capaces de crecer en presencia de elevadas concentraciones de compuestos orgánicos no ionizados como son los azúcares.
- c) **Xerotolerantes.** Capaces de crecer en alimentos secos.

Estos términos no definen estrictamente grupos exclusivos de microorganismos pero son útiles en el contexto de los estudios de determinados alimentos. Si bien es cierto que algunos microorganismos crecen mejor a  $A_w$  reducida, por ello pueden ser definidos como halófilos, xerófilos y osmófilos.

**Halófilos.** Microorganismos que son capaces de crecer en presencia de elevadas concentraciones de sal y atañen principalmente a las bacterias, como las halobacterias que incluyen géneros tales como Halobacterium y Halococcus pertenecientes a las Archebacterias. Son obligadamente halófilas, suelen encontrarse en los lagos salados o en las charcas de




agua salada y pueden causar la alteración proteolítica del pescado salado y desecado.

**Xerófilos.** Microorganismos que crecen más rápidamente bajo condiciones de relativa sequedad y están representados por mohos y levaduras.

**Osmófilos.** Microorganismos que crecen en hábitat con altas presiones osmóticas, este término se aplica habitualmente a las levaduras tolerantes al azúcar.

La tabla 5.9 muestra la escala de valores de la  $A_w$  correspondiente a diferentes alimentos. El valor limitante de la actividad de agua para el crecimiento de cualquier microorganismo es aproximadamente de 0,6, de modo que por debajo de este valor la alteración de los alimentos no es microbiológica.



**TABLA N° 5.9**  
**GRUPOS PRINCIPALES DE ALIMENTOS EN RELACIÓN CON SU**  
**ACTIVIDAD ACUOSA**

<b>Aa de 0,98 o superiores</b>	Jamón tipo Serrano
Carnes y pescado frescos	Leche condensada azucarada
Frutas, hortalizas y verduras frescas	
	<b>Aa entre 0,85-0,60</b>
Leche y otras bebidas	Alimentos de humedad intermedia
Hortalizas en salmueras enlatadas	Frutas secas
Frutas enlatadas en almíbares diluidas	Harina
	Cereales
<b>Aa entre 0,98-0,93</b>	Confituras y mermeladas
Leche evaporada	Melazas
Concentrado de tomate	
Productos cármicos y de pescado ligeramente salados	Pescado muy salado
Carnes curadas enlatadas	Extractos de carne
Embutidos fermentados (no secos)	Algunos quesos madurados
Embutidos cocidos	Nueces
Quesos de maduración corta	
	<b>Aa inferiores a 0,60</b>
Queso Gouda	Dulces
Frutas enlatadas en almíbar	Chocolate
Pan	Miel
Ciruelas con elevado contenido en agua	Macarrones, fideos
	Galletas
<b>Aa entre 0,93-0,85</b>	Papas fritas
Embutidos fermentados y madurados (tipo italianos y húngaro)	Verduras secas, huevos deshidratados,
Queso Cheddar curado	leche en polvo

Fuente: Bibek R., Arun B. Fundamentos de Microbiología de los alimentos. 2008.

## Actividad de agua

Efectos de la  $a_w$  sobre la colonización microbiana

Se ilustra en la Tabla 5.10, la disponibilidad de agua para los microorganismos fue identificada hace muchos años como un factor con una gran influencia selectiva sobre la asociación microbiana de un alimento dado. A los valores más elevados del parámetro  $a_w$ , que se usa actualmente, de un modo no muy correcto- todos los microorganismos prosperan. No obstante, el patrón o modelo de alteración generalmente es dominado por las bacterias, ya que, bajo las mismas condiciones, estas crecen mucho más rápidamente que los mohos y algo más rápidamente que las levaduras.

A valores de  $a_w$  inferiores a 0,95, la mayoría de las bacterias Gram negativas de forma bacilar son incapaces de multiplicarse y su sitio es ocupado progresivamente por los lactobacilos y por los micrococcos, mucho más xerotrofos. A valores de  $a_w$  inferiores a 0,86 aproximadamente, normalmente se detiene el crecimiento de todos los microorganismos, excepto el de unas cuantas bacterias halofilas y levaduras y mohos xerotrofos. Por esta razón, las asociaciones alterantes en este intervalo de  $a_w$  baja están integradas por mohos solamente o, en productos tales como las frutas azucaradas o los jarabes, por mohos y levaduras osmofilas. Entre los mohos, puede haber una selección posterior, dominando la asociación alterante, bajo las condiciones de mayor sequedad, es decir, a valores de  $a_w$  inferiores a 0,75 aproximadamente, especies xerofilas tales como *Monascus* (*Xeromyces*) *bisporus*, *Wallemia sebi* y el grupo de *Aspergillus glaucus*. En los alimentos muy salados ( $a_w$  aproximadamente 0,75), resultan suprimidos los mohos y las levaduras y predominaran las denominadas bacterias halofilas.



Aunque el valor de la  $a_w$  regula esencialmente el crecimiento de la flora de asociación, un valor dado puede permitir diferentes perfiles de crecimiento, dependiendo de si es controlado por la eliminación de agua (deseccación) o por la adición de determinados solutos. Estos últimos incluyen las sales presentes de modo natural o añadidas, los azúcares y, en los denominados alimentos de humedad intermedia, el glicerol y otros polioles añadidos.

**TABLA N° 5.10**  
**ACTIVIDAD DE AGUA, CONTENIDO DE AGUA, Y LAS**  
**POSIBILIDADES RESULTANTES PARA EL CONTROL DE LA**  
**ALTERACIÓN MICROBIANA DE ALGUNOS ALIMENTOS.**

<b>Intervalo de <math>a_w</math></b>	<b>Organismos inhibidos casi totalmente por el valor más bajo de este intervalo</b>	<b>Ejemplos de alimentos con la actividad de agua más baja</b>
<b>1,00-0,95</b>	Bacilos Gram negativos; casi todos los esporos bacterianos; algunas levaduras	Alimentos que contienen un 40% aprox. (p/p) de sacarosa o un 7% (p/p) aprox. de $ClNa^2$ , por ej., muchos embutidos cocidos, migas de pan
<b>0,95-0,91</b>	Casi todos los cocos; lactobacilos; Listeria monocytogenes; células vegetativas de las Bacillaceae; algunos mohos	Alimentos que contienen un 55% aprox. (p/p) de sacarosa o un 12% aprox. de $ClNa^2$ , por ej., jamón crudo, pescado ahumado convenientemente, lonchas de carne de vacuno cruda desecadas al aire, carnes ahumadas, queso a mitad de maduración
<b>0,91-0,87</b>	Levaduras no osmófilas	Alimentos que contienen un 65% aprox. (p/p) de sacarosa (es decir, saturados); alimentos con un 15% aprox. de $ClNa^2$ , por ej., salami seco, queso «viejo»




<b>0,87-0,80</b>	Mohos no xerofilos; Staph, aureus	Harina, arroz, Legumbres, etc., que contienen un 15-17% de agua; pasteles corrientes; leche condensada azucarada (0,83 aprox.)
<b>0,80-0,75</b>	Casi todas las bacterias halofilas	Alimentos con un 26% de CNa <sup>2</sup> (es decir, saturados), por ej., el salami húngaro «viejo» autentico; ej mazapan, que contiene un 15-17% de agua; el pastel ingles de frutas, la compota y la mermelada
<b>0,75-0,65</b>	Mohos xerofilos	Copos de avena, que contienen un 10% aprox. de agua; queso parmesano rallado; nueces (con frecuencia > 0,45)
<b>0,65-0,60</b>	Levaduras osmofilas	Frutas desecadas, que contienen un 15-20% de agua (intervalo 0,50-0,75); «toffees» y caramelos que contienen un 8% aprox. de agua; miel
<b>0,50 0,40 0,30 ≤ 0,20</b>	Actividades de agua que no permitirán ninguna multiplicación microbiana	Tallarines, etc., que contienen un 12% aprox. de agua; especias, que contienen un 10% aprox. de agua. Huevo entero en polvo, que contiene un 5% aprox. de agua Bizcochos, tostadas; cortezas de pan, etc., que contienen un 3-5% de agua Leche entera en polvo, que contiene un 3-4% de agua; hortalizas desecadas, que contienen aprox. un 5% de agua; copos de maíz y otros cereales, que contienen aprox. un 5% de agua
<sup>2</sup> En alimentos que contienen más que vestigios de grasa, los contenidos de solutos se expresan como porcentaje de la fase acuosa.		

Fuente: Doyle MP, Beuchat LR. Microbiología de los alimentos. 2000.

**Constituyentes antimicrobianos (parámetro intrínseco).** Algunos alimentos presentan estabilidad con respecto a determinados microorganismos, esto es debido a la presencia de algunas sustancias naturales en las que se ha demostrado la existencia de actividad microbiana, por ejemplo, aceites esenciales.

Entre los aceites esenciales está el eugenol en el clavo, la alicina en el ajo, el aldehído cinámico, el isotiocianato de alilo en la mostaza, el eugenol y el timol en la salvia, así como el carvacrol (isotimol) y el timol en el orégano. La leche de vaca contiene varias sustancias antimicrobianas que incluyen la lactoferrina, la conglutinina y el sistema lactoperoxidasa; se ha demostrado que la caseína, así como también algunos ácidos grasos libres que existen en la leche, tienen actividad antimicrobiana. Los huevos contienen lizozima, al igual que la leche, y esta enzima junto con la conalbúmina, dota a los huevos de un sistema antimicrobiano medianamente eficaz.

**Estructuras biológicas (parámetro intrínseco).** La envoltura natural de algunos alimentos proporciona excelente protección frente a la entrada y daño subsiguiente por microorganismos causantes de alteraciones. Entre los diferentes tipos de envolturas existen estructuras tales como la testa de las semillas, el tegumento externo de las frutas, las cáscaras de los frutos (como la nuez), la piel de los animales y la cáscara de los huevos.

### 3. Factores extrínsecos (limitaciones ambientales).

**Humedad relativa.** La humedad relativa y la actividad acuosa están relacionadas entre sí, de modo que la humedad relativa es esencialmente una medida de la actividad de agua en la fase gaseosa. Cuando se almacena un alimento que tiene actividad acuosa baja en una atmósfera de humedad relativa elevada, el agua pasará desde la fase gaseosa al



alimento. Es posible que transcurra mucho tiempo para que la masa del alimento aumente su actividad de agua, pero puede haber una condensación en las superficies que origine zonas localizadas de elevada actividad de agua, en estas zonas en que los propágulos han permanecido viables, pero que no han sido capaces de crecer, pueden ahora germinar y crecer. Estos casos se pueden dar en los silos de granos o en los tanques donde se almacenan concentrados y jarabes.

Otro problema de las unidades de almacenamiento en gran escala, como son los silos para grano, se presenta porque la humedad relativa del aire es muy sensible a la temperatura. Si un lado del silo se calienta en exceso, debido a una exposición al sol, en tal caso la humedad relativa disminuye en este lado y hay desplazamiento neto de moléculas de agua desde el lado más frío para volver a equilibrar la humedad relativa. Cuando el mismo lado del silo se enfría de nuevo, la humedad relativa aumenta y, aunque se desplazan de nuevo las moléculas de agua, el aumento temporal de la humedad relativa puede ser suficiente para causar una condensación local en el grano, acompañada de aumento localizado de la Aa suficiente para permitir la germinación de las esporas fúngicas y la subsiguiente alteración del grano.

El almacenamiento de frutas y hortalizas frescas requiere un control muy cuidadoso de la humedad relativa. Si esta es excesivamente baja, en algunas hortalizas disminuirá el contenido de agua y se mustiarán. Si es excesivamente elevada, puede haber condensación y es posible que se inicie su alteración microbiana.

**Temperatura.** Los microorganismos crecen dentro de una amplia escala de temperaturas. A presión atmosférica puede haber crecimiento microbiano dentro de un intervalo de temperatura comprendido aproximadamente desde -8 hasta 100 °C. La exigencia más importante es



que el agua se encuentre en estado líquido y por tanto disponible para mantener el crecimiento. Ningún organismo ha sido capaz de crecer en todas las temperaturas de este intervalo; las bacterias normalmente se limitan a crecer en una escala de temperaturas en torno a los 35 °C, mientras que los mohos lo hacen con temperaturas algo inferiores a los 30 °C.

Cada microorganismo exhibe unas temperaturas mínimas, máximas y óptimas de crecimiento. Estas temperaturas van a ser muy típicas de un determinado microorganismo y van a estar influidas por el pH, la Aa y la disponibilidad de nutrientes.

**TABLA N° 5.11**  
**TEMPERATURAS CARDINALES CORRESPONDIENTES AL**  
**CRECIMIENTO MICROBIANO**

Grupo	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Termófilos	40 - 45	55 - 75	60 - 90
Mesófilos	5 - 15	30 - 40	40 - 47
Psicrófilos (psicrófilos obligados)	-5 - +5	12 - 15	15 - 20
Psicrótrofos	-5 - +5	25 - 30	30 - 35

Fuente: Doyle MP, Beuchat LR. Microbiología de los alimentos. 2000.

Sobre la base de las temperaturas de crecimiento, los microorganismos pueden ser clasificados en varios grupos fisiológicos (tabla 5.11).

En microbiología de los alimentos, los organismos mesófilos y psicrótrofos generalmente son de vital importancia. Los mesófilos con temperatura óptima en torno a 37 °C con frecuencia son de origen humano o animal, e incluyen algunos de los más importantes patógenos




trasmitidos por los alimentos como, Salmonella, Staphylococcus aureus y Clostridium perfringens.

Por regla general a su temperatura óptima crecen más rápido que los psicrótrofos y por ello, la alteración de los productos perecederos o almacenados en el intervalo de temperaturas correspondientes al crecimiento de los mesófilos es más rápida que su alteración en condiciones de refrigeración.

Como hemos podido observar los psicrófilos y psicrótrofos son los 2 grupos de organismos que crecen a temperaturas bajas, los psicrófilos (amantes del frío) verdaderos o estrictos tienen temperaturas óptimas de 12-15 °C y no crecen por encima de los 20 °C; los psicrófilos están confinados principalmente en las regiones polares y en el medio marino. Los psicrótrofos o psicrófilos facultativos crecerán a las mismas temperaturas como psicrófilos estrictos pero sus temperaturas de crecimiento óptimo y máxima son más elevadas. Esta tolerancia de un intervalo de temperaturas más amplio significa que los psicrótrofos se encuentran en una gama de hábitat más variados y, consiguientemente, tienen mayor importancia en la alteración de los alimentos refrigerados.

Los termófilos por lo general tienen una importancia menor en microbiología de los alimentos, aunque existen termófilos esporógenos tales como determinados Bacillus y determinadas especies de Clostridium que causan problemas.

#### **Ambientes gaseosos - Agotamiento del oxígeno**

La mayoría de los alimentos frescos son relativamente ricos en compuestos que equilibran el potencial redox, tales como los aminoácidos y los péptidos que contienen grupos tiol, los azúcares reductores y el



ácido ascórbico. De aquí que la relación entre la presión parcial de oxígeno ( $pO_2$ ) y el Eh de un alimento generalmente es tal que se debe modificar significativamente la primera antes de que el segundo resulte muy afectado. Además de la  $pO_2$  y del Eh, los parámetros bióticos pueden influir en el destino de microorganismos con relaciones de oxígeno dadas. Por ejemplo, se pueden encontrar microorganismos anaeróbicos creciendo bajo condiciones que normalmente son consideradas aeróbicas, por la presencia de bacterias facultativas que consumen el oxígeno. También puede haber dentro de los alimentos micronutrientes con Eh bajo.

Asimismo, la capacidad equilibradora del Eh de los alimentos varía mucho con otros parámetros. Puede haber desarrollo de la especie aeróbica esporogena *Bacillus subtilis* (*B. mesentericus*) en el interior del pan, produciendo «viscosidad», porque el sistema natural de la harina que equilibra el potencial redox ha sido destruido en gran parte por la cocción al horno, de modo que el oxígeno que difunde dentro del pan origina un Eh bastante elevado. Esto contrasta con la alteración profunda predominantemente anaeróbica de la carne cruda que, por no haber sido sometida a ningún tratamiento inactivante, conserva la mayor parte de su capacidad natural equilibradora del potencial redox, y de aquí que impida la difusión del oxígeno a las capas más profundas.

Se suele suponer que los mohos y muchas especies de *Bacillus* no podrían desarrollarse, por ejemplo, en los alimentos enlatados o envasados de algún otro modo, debido a la baja tensión de oxígeno. En este tipo de alimentos, generalmente existe una presión residual de aire de 45-25 cm de Hg, que se corresponde con una  $pO_2$  de 90-50 mm de Hg. Sin embargo, se ha averiguado que los hongos que alteran de modo activo las frutas, los zumos de fruta o los principales productos agrícolas, se desarrollan en una  $pO_2$  de aproximadamente 50-10 mm de Hg. Una



### ***Efecto en las asociaciones microbianas***

Es evidente que el tratamiento térmico puede influir en gran manera en la asociación alterante de los alimentos. Después de un tratamiento térmico suave o «pasteurización» de los alimentos de pH > 4,5 (es decir, calentamiento durante 30 minutos a unos 63°C, durante 15 segundos a 72°C, y sin duda después de 1 minuto a 80°C), los microorganismos que más probablemente sobrevivan en virtud de su termorresistencia innata —los denominados tipos termoduricos— serán: (1) *Enterococcus* spp., ciertas microbacterias y, en ocasiones, algún mutante del género *Alcaligenes* muy termorresistente; (2) células bacterianas esporogénicas de la familia Bacillaceae; y (3) corpúsculos multicelulares, tales como esclerocios de mohos y ascosporas de los mohos más termorresistentes, como las de *Byssoschlamys* spp. Se debe insistir de nuevo en que el grado de «supervivencia» de los microorganismos termoduricos, lo mismo que el de todos los microbios, resultante de una exposición térmica dada en un menestruo determinado, depende por completo de sus cifras o niveles iniciales en el alimento que se tiene que tratar mediante calor.

Al aumentar la exposición de tiempo/temperatura, cada vez son eliminados más tipos termoduricos en las poblaciones sucesivas, hasta que solo quedan unos pocos esporos bacterianos de los tipos más resistentes. En la Tabla 5.13, también se indican los valores de la MPED correspondientes a las denominadas bacterias esporogénicas «resistentes al tratamiento». Se denominan así porque sobrevivirán al tratamiento térmico de los alimentos húmedos neutros que generalmente es admitido como suficiente para la eliminación de las bacterias sumamente peligrosas del grupo de *Cl. botulinum*, es decir, 3-4 minutos a 120°C. Por razones sensoriales, muy pocos alimentos tolerarán, si es que hay alguno que lo tolere, el calentamiento necesario para eliminar los esporos más



resistentes al tratamiento en los productos enlatados; de acuerdo con la Tabla 5.13, este puede superar los 45 minutos a 120°C.

**TABLA N° 5.13**  
**SE INDICAN LOS VALORES CORRESPONDIENTES A LAS**  
**DENOMINADAS BACTERIAS ESPOROGENAS «RESISTENTES AL**  
**TRATAMIENTO».**

<b>Microorganismo</b>	<b>condiciones</b>
La mayoría de células vegetativas, de bacterias, levaduras y hongos	80°C , 5-10 min
Bacilo tuberculoso	58°C , 30 min
Bacilo tuberculoso	59°C , 20 min
Bacilo tuberculoso	65°C , 2 min
<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>	60°C , 60 min
La mayoría de esporas de bacterias patógenas	100°C , pocos min
esporas del patógeno <i>Clostridium botulinum</i>	100°C , 5,5 horas
esporas de <i>Clostridium</i> y <i>Bacillus</i> saprofitos	100°C , muchas horas
esporas de <i>Clostridium</i> y <i>Bacillus</i> saprofitos	120°C , 15 minutos

Fuente: Michael T., J. M., Brock biología de los microorganismos. 2010.

La Tabla 5.14 indica los tipos de alteración que pueden producir estos microorganismos esporulados de extraordinaria resistencia al calor. Ciertamente, sin embargo, que se trata de microorganismos termofilos. Su temperatura alta de crecimiento determina que solo presenten problemas en países tropicales.

Las características metabólicas de las diversas clases de microorganismos son muy diferentes, e incluso dentro de los géneros *Bacillus* y *Clostridium* las actividades bioquímicas varían considerablemente. En consecuencia, durante el almacenamiento, la alteración de los alimentos tratados por el calor depende notablemente de la intensidad del tratamiento térmico que recibieron.

### **Interferencia por recontaminación**

Como ya se ha repetido, las consideraciones ecológicas que se han dado a conocer anteriormente solo son válidas en aquellos casos en los que se ha evitado totalmente la recontaminación después del tratamiento. Por desgracia, en la práctica no siempre es este el caso; ni tampoco es advertido por el lego, quien a veces atribuye a los productos alimenticios pasteurizados una especie de «poder mágico» antimicrobiano.

Niveles bajos de recontaminación se dan en ocasiones en los alimentos enlatados, así como en los productos envasados tanto en recipientes rígidos como flexibles. El riesgo de recontaminación de productos tales como la leche pasteurizada es difícil de controlar por debajo de  $10^{-4}$ , mientras que la contaminación de los alimentos calentados que no han sido envasados en recipientes cerrados es, por supuesto, inevitable.

La recontaminación después del calentamiento puede adoptar varias formas: la leche pasteurizada se agriara lo mismo que la leche cruda y a veces incluso causara infecciones entéricas; la carne cocida que se ha vuelto a contaminar a partir de un producto crudo en los establecimientos de restauración colectiva o en la cocina doméstica produce la salmonelosis y la campilobacteriosis; los alimentos marinos asados a la parrilla pueden transmitir la hepatitis cuando se vuelven a contaminar, de igual modo que los productos crudos; la ensalada de pollo, de camarones o de patata transmiten la shigelosis; el jamón en lonchas produce la intoxicación estafilocócica, etc. Realmente, según se muestra en la Figura 5.14, los riesgos de los productos calentados recontaminados pueden ser incluso mayores que los de los alimentos crudos, debido a la ausencia de una flora competitiva. Esto ha sido demostrado claramente por algunos brotes graves ocasionales de enfermedad resultantes del consumo de los alimentos siguientes: productos enlatados que se contaminaron a través



de las uniones o cierres defectuosos (sertidos o insertados y engatillados, agrafados o agrafaduras de los botes o latas) por microorganismos entéricos no esporulados, por estafilococos y por *Cl. botulinum*. También por leche pasteurizada recontaminada por salmonellas. Además de que en algunas ocasiones causan enfermedad, los alimentos enlatados a veces se alteran, debido a la existencia de fugas en las latas o botes que han sido tratados térmicamente de forma adecuada.

**TABLA N° 5.14**  
**MICROORGANISMOS ESPORULADOS, IMPLICADOS A MENUDO**  
**EN LA ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS ENLATADOS, CUYA**  
**RESISTENCIA AL CALOR ES MAYOR QUE LA DE *Clostridium***  
***botulinum*.**

Tipo de alteración producida en los alimentos enlatados	Microorganismos causales		Temperatura óptima (°C)	Modo de disimilación de la glucosab	Formación de SH <sub>2</sub> a partir de proteínas	Termorresistencia máxima MPED <sub>6a</sub> a pH = 7 y aw = 0,98 (min a 120°C)
	Nombre vulgar	Nombre científico				
Agriado plano	Agriado plano	<i>B. stearothermophilus</i>	50	a	-	45
Abombamiento putrido	Anaerobio putrefactivo	<i>Cl. sporogenes</i> (3679)	37	a + g	+	15
Alteración Sulfhidrica	Hedor sulfuroso	<i>D. nigrificans</i>	55	...	+	10
Abombamiento duro	Anaerobio termofilo	<i>Cl. Thermo-saccharolyticum</i>	55-62	a + g	-	>80

<sup>a</sup> MPED<sub>6</sub> = dosis efectiva más probable para reducir los números iniciales de ufc por un factor de 10<sup>6</sup>. <sup>b</sup> a = ácido; g = gas; ... = inerte.

Fuente: Moreno B., Microbiología de los alimentos. 2003.

En la mayoría de los casos, los productos crudos se refrigeran cuidadosamente, mientras que muchas veces los alimentos cocidos se manejan con menos cuidado, porque se entiende que tales productos <<se conservan mejor de modo natural>>. Esto es verdad hasta cierto punto, pero solo cuando están protegidos cuidadosamente contra la recontaminación y, por supuesto, cuando también están refrigerados para inhibir el crecimiento de los microorganismos termofílicos que han sobrevivido al tratamiento de cocción.

## **Irradiación<sup>1</sup>**

### **Principios microbiológicos y semántica**

El tratamiento de los alimentos perecederos con radiación ionizante, de modo particular con rayos  $\gamma$ , tiene ventajas fundamentales sobre el tratamiento mediante calor. El efecto de calentamiento en la radiación se limita a una elevación de temperatura de unos cuantos grados. Cuando se lleva a cabo convenientemente, no utilizando dosis elevadas, las reacciones radiolíticas y la pérdida consiguiente de propiedades organolépticas se pueden reducir al mínimo, especialmente si el alimento es irradiado en el estado anóxico y/o congelado. Y lo que es muy importante, la radiación se puede aplicar como un tratamiento verdaderamente final a mercancías ya envasadas, evitando de este modo la recontaminación después del tratamiento, que con tanta frecuencia tiene lugar en el procesado mediante calor (vease antes). En la actualidad, la posibilidad de toxicidad inducida por la radiación, resultante de cambios radiolíticos en la composición del alimento, debidos a dosis de radiación menores que 10kGy (1 Mrad), ha sido descartada totalmente. Sin embargo, la irradiación de los alimentos tiene algunas limitaciones. Entre ellas, la elevada resistencia de los enzimas y de los virus, y la posibilidad, aunque sumamente remota, de desarrollo de mutantes microbianos resistentes a la radiación.



<sup>1</sup> Hemos sugerido el termino transradiación porque, de igual modo que en el uso de los rayos X en medicina, expresa que los rayos gamma atraviesan el alimento interaccionando solo mínimamente con los constituyentes del mismo.

A la irradiación con una dosis absorbida mayor de 10 kGy se la conoce como «radappertización». Este es un término más apropiado que «esterilización por radiación» porque origina un estado similar al denominado appertizado: «comercialmente estéril), como se le denomina en la industria conservera. La «radicidación» se define como equivalente a una pasteurización, mediante la cual el número de ufc de todos los patógenos no esporulados, excepto los virus, es reducido a niveles no detectables. Esta requiere dosis de absorción del orden de 3-5 kGy. La «radurización», en cuanto a dosis, es equivalente a la pasteurización, pero se lleva a cabo con una finalidad diferente, es decir, para prolongar la vida comercial de un alimento por una reducción considerable de la flora normal alterante. Es especialmente útil en las frutas, que después pueden ser enviadas a grandes distancias. La irradiación de las frutas también retarda la maduración, lo que contribuye a mantener su integridad biológica.

De modo igual que en el caso del calentamiento, la asociación alterante de los alimentos, y por tanto la bioquímica de su alteración, refleja la dosis de radiación que fue aplicada.

### **Posibles aplicaciones prácticas**

Las aplicaciones más claras de la radiación ionizante a efectos microbiológicos utilizaran dosis bajas, es decir, de no más de 3 kGy (0,3 Mrad) para los tratamientos de radicidación. Estos incluyen la eliminación, pendiente desde hace tiempo, de las salmonellas, de las yersinias, de E. coli enterovirulento y de los campilobacters de la carne de mamíferos y



irradiación de los alimentos, hasta ahora, se utiliza poco en la práctica. Esto es debido en gran parte a la preocupación de la población con respecto a la inocuidad del tratamiento y también al fracaso de los profesionales de la ciencia de los alimentos para proporcionar la tranquilidad adecuada.

### **Modificación de la composición**

#### **Reducción de la actividad de agua**

La modificación de la  $a_w$  es uno de los procesos más importantes que influye directamente en la asociación alterante. Se puede reducir bien eliminando agua, como en la desecación y en el ahumado, bien aumentando la concentración de solutos, como en el curado con sal y en el confitado con azúcar. Las modificaciones de la  $a_w$  además de restringir la asociación alterante (véase la Tabla 5.7), también pueden afectar a la estructura del alimento, de modo que este generalmente se hace más accesible al ataque microbiano.

#### **Ajuste del pH**

El valor del pH se puede disminuir mediante la adición directa de ácidos orgánicos, por ejemplo de ácido acético, que se añade a los productos de pescado marinado y a las hortalizas encurtidas, y de mayonesa que se añade a las ensaladas, etc. El ácido láctico puede ser producido mediante una fermentación láctica apropiada, por ejemplo en la preparación de los muchos tipos de embutidos fermentados, de la col ácida, del queso, del yogur y de los encurtidos. El ácido cítrico a veces se añade a productos tales como los tomates enlatados para garantizar que el pH es lo suficientemente bajo como para impedir el crecimiento de *C. botulinum*.

Tal como se ha indicado en el epígrafe 3.2.3, el tipo de ácido presente determina, hasta cierto punto, los efectos antimicrobianos a un pH dado. Los ácidos orgánicos generalmente poseen una actividad



antimicrobiana mayor que los ácidos minerales a los mismos valores de pH y, entre los ácidos que se utilizan habitualmente, el ácido acético y el ácido láctico son los más inhibidores.

**TABLA N° 5.15**  
**SENSIBILIDAD A LA RADIACIÓN DE ALGUNOS**  
**MICROORGANISMOS EN DIVERSOS MENSTRUOS O SUSTRATOS.**

Organismo	Medio	Temp. (°C)	Dosis total necesaria para 6 reducciones decimales (kGy)
Aeromonas hydrophila	Pescado y carne de vaca picados	2	0,6-1,3
Brucella sp.	Caldo	—	0,6-1,1
Camp. jejuni	Carnes de ave y de vacuno picadas	3-5	0,5-1,0
E. coli	Carnes de vacuno y de ave picadas	≥5	1,5-3
Ps. aeruginosa	Caldo, carne de ave picada	—	0,6
Salm. typhimurium	Carnes de ternera y de vaca	≤ 10	3-4
Salm. paratyphi	Higado de vacuno	5	1,8
Salm. senftenberg	Pescado	—	-7
Sh. dysenteriae	Ostras/camarones	—	2,4
Sh. flexneri	Camarones	10	2,5
Sh. sonnei	Carne de cangrejo	—	1,6
V. parahaemolyticus	Carne de cangrejo	—	0,5-1,0
Yers. enterocolitica	Carne de vaca picada/camarones	0	0,3-1,2
Moraxella	Caldo	Ambiente	5-7
Stap, aureus	Carne de vacuno	5 a -15	1,9-3,4
List, monocytogenes	Queso, helados	- 80	8-12

Enterococcus faecalis	Caldo	—	3,5
Enterococcus faecium	Caldo	Ambiente	10-20
	Alimentos desecados	Ambiente	- 40
Listeria monocytogenes	Carne de pollo, Carne de vacuno	5 a -15	2,5-3,5
Deinococcus	Caldo	—	60
(Micrococcus) radiodurans	Alimentos desecados	Ambiente	66
Aspergillus, Botrytis,	Fruta	Ambiente	2-6
Cladosporium, Penicillium y Rhizopus spp			
Candida, Debaryomyces,	Fruta	Ambiente	
Saccharomyces			5-20
Y Torula spp.			
Cl botulinum	Jamon	15	15,5
62A, esporos	Alimentos desecados	Ambiente	25
B. cereus, B. pumilus y	Alimentos desecados	Ambiente	20-60
B. sphaericus (esporos)			
Virus de la fiebre aftosa	Celulas renales de ternera	—	35
Virus de la poliomielitis	Celulas renales de ternera	—	85

— = ningún dato exacto disponible.

Fuente: Moreno B., Microbiología de los alimentos. 2003.

Los valores de pH que se alcanzan en los alimentos fermentados o en los encurtidos, que en algunos casos pueden estar muy por debajo de

4,5, suprimen todos los agentes patógenos, así como los microorganismos menos acidotolerantes que alteran los alimentos, protegiéndolos de este modo contra la alteración proteolítica. Sin embargo, tales productos no son totalmente estables. Casi todas las levaduras y la mayoría de los mohos se pueden desarrollar libremente en ellos; esto puede dar como resultado una disimilación parcial de los ácidos orgánicos, que ocasiona la «alcalinización secundaria». Esta se define como un aumento del pH, que permite el crecimiento de agentes patógenos y de alteración, que ya no son inhibidos por los valores restrictivos del pH.

Esta es la razón del por qué, en la práctica, los alimentos fermentados o los encurtidos muchas veces se pasteurizan en sus envases o estos se llenan en caliente, de tal manera que los microorganismo esporulados no sobreviven. Naturalmente, estos productos pasteurizados de pH bajo se alteraran una vez se abran sus envases y el contenido este expuesto a recontaminación.

#### **Adición de compuestos antimicrobianos**

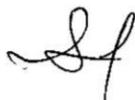
El procesado de los alimentos a veces da como resultado la conservación química fortuita. Son ejemplos: (1) el ahumado del pescado y de la carne, durante el cual, además de su desecación, tiene lugar la deposición de los constituyentes antimicrobianos del humo; y (2) la cocción en el horno del pan de centeno, que da lugar a la formación de ácido fórmico. Los complejos de Maillard, formados como consecuencia de reacciones de condensación entre los azúcares y los aminoácidos o los péptidos, también pueden ejercer un efecto antimicrobiano en condiciones prácticas. Sin embargo, tal como se ha indicado anteriormente en el epígrafe 3.2.3, una práctica mucho más frecuente es la adición de conservadores o conservantes químicos.



Los conservadores antimicrobianos que se utilizan con esta finalidad incluyen: (1) el  $\text{SO}_2$  en la forma de sulfito sódico, que se añade a la carne fresca, sobre todo a la carne picada y a las salchichas frescas; su uso está autorizado en unos cuantos países aunque rigurosamente prohibido en otros; (2) el nitrito, que se utiliza en el curado de la carne; (3) el ácido benzoico, el  $\text{SO}_2$  o el ácido sorbico, que se añaden a las bebidas de frutas, al vino, a las mermeladas y a la margarina, de nuevo autorizados en algunos países y prohibidos en otros; y (4) el ácido propionico, permitido en algunos países como agente fungistático en el pan cortado envasado. Estos conservadores son ácidos débiles y solamente ejercen actividad antimicrobiana en la forma no disociada, es decir, a valores de pH muy por debajo de 5. Los conservadores químicos útiles en los alimentos con valores de pH próximos a la neutralidad son raros; las excepciones incluyen los ésteres del ácido p-hidroxibenzoico («parabenes») y los derivados del ácido sorbico, que solo están débilmente disociados a pHs próximos a la neutralidad.

La mayoría de los antibióticos tienen la ventaja de que su actividad es menos dependiente del pH que la de los conservadores químicos. Sin embargo, solo muy pocos pueden ser utilizados como conservadores en los alimentos y este uso excluye los que se emplean en medicina humana o en medicina veterinaria. Para añadir a los alimentos, han sido propuestos la nisina, la tilosina, la subtilina y la natamicina, originariamente llamada pimaricina. De todos ellos, la nisina y la natamicina realmente se utilizan, aunque de forma limitada.

Un impedimento para el uso de los conservadores químicos y de los antibióticos en general es que la mayoría de los países tienen disposiciones estrictas que controlan los tipos y el nivel de conservadores que pueden ser añadidos a los alimentos. Además, es probable que en el futuro la legislación sea más restrictiva como consecuencia del aumento



de la preocupación de la población con respecto a la toxicidad de los aditivos alimentarios. Así reflejan las últimas directivas de la Unión Europea.

### **Contaminación y colonización que tienen lugar durante la elaboración o procesado**

Los microorganismos no esporulados empezaran a morir cuando su crecimiento este inhibido durante algún espacio de tiempo. Por otra parte, otros tipos de procesado o elaboración pueden tener el efecto contrario. Estos procedimientos son causa en ocasiones de la contaminación con microorganismos que posteriormente crecen y muchas veces anulan el efecto de las medidas tomadas anteriormente. Los ejemplos de contaminación durante los procesos son consecuencia no solo de la incorporación de ingredientes contraminados, sino también de modo especial a partir del denominado entorno del alimento. Este incluye: (1) las superficies de trabajo, cuchillos, etc., contaminados por materias primas tales como la carne de cerdo, los polios, los órganos o vísceras de los animales de abasto, los pavos, los huevos crudos, el pescado y otros alimentos de origen marino y las hortalizas; (2) el material contaminado masivamente, como las máquinas de cortar carne. Por esta razón, en la práctica cotidiana, se deben tomar medidas estrictas contra la recontaminación ambiental de los alimentos durante su procesado o elaboración.

Evidentemente, la causa principal de la colonización de los alimentos durante el procesado es la exposición a temperaturas inadecuadas, lo que se llama uso incorrecto de las temperaturas. Este no se limita al caso más patente: el mantenimiento de un alimento durante un tiempo de una duración superior a algunas horas a temperatura ambiente. La conservación del alimento durante un tiempo excesivo, por ejemplo, a 10°C —que muchas veces se considera que es segura— también dará



como resultado el crecimiento microbiano, sobre todo el de los patógenos psicótrofos *L. monocytogenes*, el tipo E de *Cl. botulinum*, *Yers. enterocolitica* y los biotipos psicrotrofos de *B. cereus*. El enfriamiento lento de los alimentos hasta una temperatura más baja o el hecho de calentarlos con lentitud excesiva permitirán el crecimiento de los microorganismos no deseados.

## 5. Influencias implícitas sobre la alteración

### 5.1 Definición

Una vez que ha tenido lugar una selección primaria entre los agentes que de modo natural contaminan los alimentos por los efectos intrínsecos, del procesado o tratamiento y extrínsecos, la interacción microbiana puede dar por resultado cambios notables de la asociación inicial, de modo que pueden aparecer poblaciones sucesivas de microorganismos con propiedades metabólicas variables.

Estas influencias interactivas no se pueden separar de los demás parámetros que influyen en las actividades microbianas en los alimentos. Por esta razón, se denominan efectos implícitos en consonancia con el concepto matemático de las funciones implícitas.

### 5.2 Velocidad de crecimiento

La velocidad de crecimiento de un microbio es un factor implícito solo en cuanto a que se define bajo condiciones óptimas. En ese caso, la velocidad de crecimiento viene determinada por los rasgos genotípicos específicos y fenotípicos incidentales de carácter bioquímico del microorganismo.

Las bacterias Gram negativas de morfología bacilar y los bacilos propiamente dichos crecen rápidamente bajo condiciones en las que



el crecimiento de las Lactobacillaceae, de los mohos y de las levaduras es mucho más lento.

Las micobacterias en especial son conocidas por su crecimiento sumamente lento, siendo sus tiempos de generación bajo condiciones óptimas de unos cuatro días, mientras que, bajo condiciones similares, generalmente son menores de 1 hora en la mayoría de los demás microorganismos. Incluso en un grupo taxonómico dado, por ejemplo, en las Lactobacillaceae, las diferencias en la velocidad de crecimiento pueden ser considerables. Algunas especies de Lactobacillus siguen siendo exigentes en el sentido de que solo crecen lentamente o de modo irregular aun en el caso de que todas las condiciones parezcan óptimas.

Estas diferencias en la velocidad de crecimiento específica determinan que los alimentos húmedos presenten asociaciones alterantes que son principalmente bacterianas, aunque en los estudios realizados con cultivos puros, las levaduras y los mohos prosperan en este tipo de alimentos.

### **5.3 Sinergismo: interacciones microbianas positivas**

Las interacciones positivas entre grupos distintos de microorganismos se denominan «sinergismo».

Se dan cuando un microorganismo produce un cambio en un nicho que favorece el crecimiento de otras especies o de otro grupo. Tales interacciones pueden ser causadas al menos por seis mecanismos diferentes.

#### **Aporte de nutrientes**

Un microorganismo puede permitir que otro se desarrolle llevando a cabo una reacción inicial en el desdoblamiento de hidratos de



carbono o de proteínas que de otro modo no podrían ser utilizados por el segundo microorganismo. Son ejemplos: (1) la estimulación de los lactobacilos por el crecimiento de bacilos Gram negativos, y especialmente por los estreptococos del grupo N; y (2) el desarrollo de las propionibacterias favorecido por el crecimiento previo de lactobacilos en el queso.

### **Cambios en el valor del pH**

El valor del pH de un alimento puede ser disminuido por la formación de ácido o aumentado por la desanimación y descarbolixación de los aminoácidos. Algunas levaduras y mohos y muy pocas bacterias son capaces de metabolizar los ácidos. Esta capacidad incluye el ácido cítrico, que se encuentra de modo natural en las frutas, el ácido acético, que se añade en la fabricación de encurtidos, y el ácido láctico producido in situ en los alimentos fermentados.

### **Cambios en el potencial redox**

Durante el crecimiento bacteriano, la tensión local de oxígeno disminuye como consecuencia de la eliminación de este elemento, mientras que la producción simultánea de compuestos tiolicos da como resultado una disminución del potencial redox. Esto puede ocurrir incluso bajo condiciones aeróbicas en la superficie. Por ejemplo, el microorganismo estrictamente anaeróbico *Cl. botulinum* necesita un Eh inferior a +60 mV, dependiendo los valores exactos del toxotipo y de los determinantes del crecimiento tanto intrínsecos como extrínsecos. Estas circunstancias también se pueden dar y favorecer el crecimiento de *Cl. botulinum* o de otros clostridios bajo condiciones abióticas, por ejemplo, por debajo de unos cuantos milímetros de la superficie de la carne y del tejido muscular de los peces después de su muerte.



Se ha observado crecimiento de anaerobios incluso en la superficie de alimentos contaminados con suficientes bacterias aerobias y anaerobias facultativas que agotan el oxígeno. De un modo similar, la especie bacteriana relativamente oxigenotolerante *Cl. perfringens* puede ser capaz de crecer en aquellos casos en los que el Eh ha sido rebajado por anaerobios facultativos, tales como las *Enterobacteriaceae* y los estreptococos.

Este crecimiento reducirá aún más el potencial redox, de modo que, más tarde, incluso serán capaces de desarrollarse las especies de *Clostridium* más estrictamente anaeróbicas.

### **Cambios en la actividad de agua**

La actividad metabólica de los microorganismos aeróbicos produce agua. En los alimentos desecados, una vez se ha iniciado el crecimiento, por ejemplo, debido a un ligero aumento del contenido de agua local, la producción de «agua metabólica» hace que la alteración se autopertetue. Con el tiempo, la *aw* del producto se eleva tanto que los microorganismos xerotrofos son reemplazados por mohos, por ejemplo por representantes de los mohos Mucorales, que no presentan en absoluto xerotolerancia alguna. Se pueden observar efectos similares cuando crecen levaduras xerotrofas («osmofilas») en un alimento con un contenido elevado de azúcar. Finalmente, cuando crecen en el pan bacterias aeróbicas esporogénicas, el valor de la *aw* puede resultar aumentado (y el Eh disminuido) localmente hasta tal punto que *Cl. botulinum* puede ser capaz de crecer.

### **Eliminación de sustancias antimicrobianas**

Un determinado microorganismo puede metabolizar un compuesto antimicrobiano al cual es sensible un segundo microorganismo. Los



mecanismos de la eliminación microbiana de sustancias inhibitoras incluyen los siguientes:

- ✓ Descomposición por microorganismos potentes productores de catalasa del peróxido de hidrógeno acumulado por los microorganismos catalasa negativos.
- ✓ Oxidación de los ácidos láctico y acético por diversas bacterias, mencionada anteriormente.
- ✓ Ataque al ácido benzoico y sus derivados por ciertos mohos y bacterias.
- ✓ Disimilación del ácido sorbico por mohos.
- ✓ Asimilación del nitrito por bacterias acidolácticas y por levaduras.
- ✓ Ataque a los fenoles por bacterias Gram negativas de forma bacilar, por *Bacillus* spp. y por levaduras.
- ✓ Eliminación de la actividad inhibitora de ciertas proteínas antimicrobianas fijadoras del hierro, por ejemplo, en los huevos, mediante la formación de otros compuestos del transporte del hierro por bacilos y por *Enterobacteriaceae*.

#### **Desorganización o rotura de las barreras físicas**

La cutícula de las frutas intactas impide que microorganismos tales como las levaduras consigan penetrar hasta el medio ácido de la carne de la fruta donde son capaces de multiplicarse. Sin embargo, cuando un hongo ataca a una fruta intacta, daña la estructura externa y permite la entrada de las levaduras. Durante este proceso, los ácidos existentes en el tejido de la fruta pueden a su vez ser metabolizados, originando un aumento del pH. Este aumento permite que en la asociación alterante tomen parte microorganismos menos acidotolerantes.



#### **5.4 Interacciones microbianas que cooperan en el antagonismo**

El antagonismo entre microorganismos se da frecuentemente en los alimentos. La Tabla 5.16 relaciona algunas interacciones antagonistas entre microorganismos alterantes y patógenos y entre los propios microorganismos alterantes.

Están implicados varios mecanismos que, en cuanto a efecto, son complementarios de los que actúan en el sinergismo.

#### **Utilización competitiva de los nutrientes**

Las diferencias en las velocidades de crecimiento o en las actividades metabólicas de los microorganismos permiten a un microorganismo agotar los nutrientes críticos en un sustrato con el perjuicio de otro. Por ejemplo, se ha demostrado que, en cultivos mixtos, los micrococos eliminan rápidamente los aminoácidos libres que son necesarios para el crecimiento de *Staphylococcus* spp.



**TABLA N° 5.16**  
**ANTAGONISMO ENTRE AGENTES DE ALTERACIÓN DE**  
**PRINCIPAL IMPORTANCIA EN LOS ALIMENTOS Y LAS**  
**BACTERIAS PATÓGENAS, Y FRENTE A OTROS**  
**COMPONENTES DE LAS ASOCIACIONES ALTERANTES.\***

<b>Blanco</b>	<b>Antagonista (efector)</b>
<b>Patogenos</b>	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Lactococcus, Pediococcus
<i>Bacillus cereus</i>	Enterococcus, Staphylococcus Lactobacillus, Lactococcus Pediococcus
<i>Clostridium botulinum</i>	Bacillus, Brevibacterium Clostridium, Cl. sporogenes Enterococcus, E. coli Lactobacillaceae, Micrococcus Moraxella
<i>Clostridium perfringens</i>	Enterococcus, Lactococcus Pediococcus
<i>Escherichia coli</i>	Bacillus, Enterobacteriaceae Lactococcus, Pediococcus Lactobacillaceae, Pseudomonas
<i>Listeria monocytogenes</i>	Brevibacterium/Arthrobacter Enterococcus spp., Lactobacillus Lactococcus, Leuconostoc Pediococcus Staphylococcus xylostris Streptococcus lactis
<i>Plesiomonas</i>	Pseudomonas, Enterococcus
<i>Salmonella</i>	Asociacion, alimentos Corineformes, Enterobacteriaceae Enterococcus, Lactococcus Lactobacillus, Leuconostoc Pseudomonas, Veilonella

Fuente: Moreno B., Microbiología de los alimentos. 2003.

### **Cambios en el valor del pH**

El agriado o acidificación de la col o de los pepinillos por bacterias acidolácticas puede suprimir los bacilos Gram negativos que predominaron al principio. El desarrollo de bacterias formadoras de ácido en productos tales como la carne conservada con vinagre, y en las ensaladas de huevo, hortalizas y polio, puede suprimir e incluso destruir los microorganismos ácido sensibles existentes al principio.

Como consecuencia de las diferencias notables en la acido-sensibilidad, pueden darse sucesiones interesantes. Entre las bacterias ácido lácticas, los leuconostocs de crecimiento rápido que predominan al principio en el zumo de naranja concentrado, y causan una alteración de «olor desagradable», son sustituidos gradualmente por otras especies de Lactobacillus más acidúricas.

### **Producción de sustancias antimicrobianas**

En la Tabla 5.17a se recogen una serie de productos metabólicos con actividad antimicrobiana elaborados por las bacterias ácido lácticas. Y en la Tabla 5.17b se presenta una clasificación del amplio grupo de sustancias denominadas bacteriocinas.



**TABLA N° 5.17<sup>a</sup>**  
**PRODUCTOS METABÓLICOS CON ACTIVIDAD**  
**ANTIMICROBIANA ELABORADOS POR LAS BACTERIAS**  
**ACIDOLÁCTICAS.**

<b>Productos</b>	<b>Principales microorganismos sobre los que actúan</b>
<b>Ácidos orgánicos</b> Ácido láctico Ácido acético	Bacterias de la putrefacción y Gram negativas, algunos hongos  Bacterias de la putrefacción, clostridios, algunas levaduras y hongos
<b>Peróxido de hidrógeno</b>	Microorganismos patógenos y alterantes, especialmente en los alimentos ricos en proteínas
<b>Enzimas</b> Sistema lactoperoxidasa con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Lisozima (?) (tecnología del ADN recombinante)	Bacterias patógenas y alterantes (leche y productos lácteos)  Bacterias Gram positivas no deseadas
<b>Metabolitos de bajo peso molecular</b> Reuterina (2 OH propionaldehido) Diacetilo (¿en sinergia?) Ácidos grasos	Amplio espectro de bacterias, mohos y levaduras  Bacterias Gram negativas  Distintas bacterias
Nitrito (de la reducción del NO <sub>3</sub> )	Clostridios, diferentes bacterias catalasa positivas
Bacteriocinas  Otras	Algunas bacterias acidolácticas y Gram positivas, notablemente las esporuladas  Como la nisina/espectro de inhibición variable según la cepa productora y el tipo de bacteriocina

Fuente: MOSSEL D.A.A. Microbiología de los alimentos. 2006.

**Compuestos de peso molecular bajo** En efecto, muchos microorganismos producen metabolitos con actividad antimicrobiana. Algunos de estos son relativamente sencillos en cuanto a su estructura e inespecíficos en cuanto a su actividad. Compuestos tales como el dióxido de carbono, el etanol, el ácido fórmico, los ácidos acético, propionico y butírico, el ácido octanoico, el ácido hexanoico y el ácido láctico, que son formados por diversas especies de microorganismos, inhiben a otros muchos microorganismos habituales de la alteración en grados variables. Además de disminuir el valor del pH, varios de estos ácidos ejercen una actividad antibacteriana específica, cuyo alcance depende del tipo de ácido, del valor del pH y de la capacidad tampón del alimento; sin embargo, parece ser que la actividad bacteriostática de las sales del ácido láctico no depende del pH.

Un metabolito de peso molecular bajo de amplio espectro antimicrobiano especialmente interesante es la **reuterina**. Este inhibidor ha sido identificado como el 3-hidroxi-propionaldehído. La cepa productora es *Lactobacillus reuteri*, que convierte el glicerol en reuterina bajo condiciones anaeróbicas.

**Antibióticos** Los metabolitos de peso molecular más elevado biosintetizados en los alimentos también pueden jugar un papel en la determinación de la composición y la actividad de las asociaciones alterantes. La **nisina**, un compuesto de este tipo, es producida por algunas cepas de *Lactococcus lactis* y se utiliza como conservador alimentario. Es un polipéptido básico de gran tamaño y por esta razón es químicamente más complejo que los productos finales sencillos mencionados antes. Su efecto inhibidor también es más complejo y es mucho más específico de cepa.



**Bacteriocinas** Estas son sustancias similares a la nisina que pueden influir en las asociaciones microbianas que alteran los alimentos; son proteínas o derivados de proteínas de peso molecular elevado. La primera bacteriocina que se descubrió era producida por *E. coli* y por esta razón fue denominada colicina. Después, fueron aisladas de las bacterias eponimas las bacteriocinas conocidas como helveticinas, lactacinas, neumocinas, piocinas, estafilococinas y estreptococinas.



**TABLA N° 5.17<sup>B</sup>**

**CLASIFICACIÓN DE LAS BACTERIOCINAS MÁS IMPORTANTES  
PRODUCIDAS POR LAS BACTERIAS ACIDOLÁCTICAS \***

Tipo	Propiedades	Espectro antibacteriano	Ejemplo
Lantibiótico	Péptidos que contienen lantionina	Amplio	Camocina U 149, Lacticina 481, BH5, Lactocina S, Nisina
Péptidos	PM bajo: < 10 kDa; hidrófobas, termoestables	Intermedio a amplio	Bifidocina B, Camobacteriocina, Curvacina A, Diplococcina, Enterococcinas A y B, Lactacinas B, F, Jensenima, Lactocina G13, Lactococcina A, Leucocina UAL 187, BC2, Pediococina AcH, Piscicolina, Plantaricina, Sakacina A, Termofilina
Proteína	PM elevado: > 10 kDa; termosensibles	Reducido	Acidofilucina A, Caseicina 80, Helveticina J, Lacdcinas A, B
Glicoproteína	Péptido con un glúcido unido	Intermedio	Camocina LA54A, Leuconocina S, Pediocina SJ-1, Plantaricina S

\*Producidas por los generos Lactococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Carnobacterium y Bifidobacterium.

Fuente: MOSSEL D.A.A. Microbiología de los alimentos. 2006.

**Zimocinas** especies de *Pychia* y de *Kluyveromyces* producen inhibidores de naturaleza proteica de, por ejemplo, determinadas cepas de *Saccharomyces* y de *Debaryomyces*.

#### **Cambios en el potencial redox**

Los microorganismos facultativamente anaeróbicos y los estrictamente anaeróbicos disminuyen el Eh de los alimentos de un modo más considerable que los microorganismos aeróbicos, a veces lo suficiente como para inhibir el desarrollo de los aerobios. Un ejemplo es la disminución del Eh causada por un crecimiento inicial rápido de los estafilococos, que inhibe el desarrollo posterior de los micrococcos, si bien el crecimiento de *Staph. aureus* resultara poco afectado.

#### **Actividades de los bacteriófagos**

Los bacteriófagos son virus que infectan las bacterias y posteriormente las destruyen. Pueden crear problemas por ejemplo en la industria láctea por contaminar los cultivos iniciadores. El efecto de los bacteriófagos es muy específico de cepa. Por esta razón, se debe contrarrestar empleando cultivos iniciadores que incluyan varias cepas de bacterias.

En aquellos casos en los que los fagos retardan o incluso detienen totalmente la formación de ácido láctico microbiano, por ejemplo, en el queso, el pH sigue siendo favorable para patógenos sensibles al pH, tales como las *Salmonellas* y *Staph. aureus*; estos microorganismos normalmente son inhibidos cuando la acidificación de la cuajada sigue su curso normal. Los brotes de enfermedad transmitida por alimentos debidos a este mecanismo no son raros.



### **Impacto en la salud pública del antagonismo**

La importancia del antagonismo entre los microorganismos presentes en los alimentos, especialmente en el campo de la salud pública, no debe ser infravalorada. La morbilidad relativamente escasa de la intoxicación estafilocócica se debe atribuir, al menos en parte, a este tipo de fenómenos. *Staph. aureus* es especialmente sensible a los efectos competitivos de otras bacterias de los alimentos.

### **6. Visión de conjunto**

En esta figura, la suerte o destino completo de todos los microorganismos se relacionan y reúnen armoniosamente. Sus efectos en los alimentos se resumen en las Tablas 5.18, que presentan la clasificación ecológica de los principales alimentos. Los valores numéricos recogidos en este capítulo son más que amplios para permitir el aseguramiento preventivo eficaz de la calidad organoléptica de los alimentos. Esto es de aplicación en primer lugar a todos los artículos que ya gozan de una vida comercial satisfactoria bajo las condiciones habituales de distribución y almacenamiento. En aquellos casos en los que los productos alimenticios tradicionales precisan que sea mejorado su poder de conservación, su valor nutritivo o sus características organolépticas, y con respecto a los alimentos nuevos, se han elaborado tanto procedimientos clásicos como innovadores para conseguir estos objetivos.



**TABLA N° 5.18**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES ALIMENTOS**  
**POTENCIALMENTE PELIGROSOS DE ACUERDO A SI SON**  
**SOMETIDOS O NO A TRATAMIENTO TÉRMICO CULINARIO (TTC)**  
**CON ELIMINACIÓN DE LAS BACTERIAS NO ESPORULADAS.**

<b>Productos de la clase I: ingeridos siempre sin TTC</b>
– Leche pasteurizada, leches fermentadas, productos de pastelería rellenos de crema, quesos blandos, «bavaroises», helados, cremas de pescado
– Productos cárnicos cocidos y productos cárnicos fermentados: embutidos, jamón, carne, pasteles o empanadas de polio y huevos, pates, etc.; carnes para sandwiches
– Carpachos, productos del pescado marinados, carnes «tartaras»
– Ensaladas de hortalizas, cereales de desayuno
<b>Productos de la clase II: como regla, ingeridos sin TTC, aunque las autoridades sanitarias desaconsejan esta practica</b>
– Ostras, platos a base de pescado crudo, filete americano, ponche de huevo crudo
<b>Productos de la clase III. siempre sometidos a TTC</b>
– Carnes recuperadas mecánicamente, carne de aves, pescado, crustáceos, huevos
– Comidas pasteurizadas refrigeradas de conservabilidad aumentada (RPFED, productos «sous vide»)
– «Pizzas», «quiches», etc.

Fuente: MOSSEL D.A.A. Microbiología de los alimentos. 2006.

En este campo de la microbiología de los alimentos, así como en el área de su seguridad, los estudios o análisis retrospectivos amplios, y por lo tanto caros, sobre muestras comerciales se de ben limitar a aquellos casos

en los que exista una necesidad muy fundada. Estos casos incluyen especialmente la realización de estudios sobre las propiedades de los microorganismos extremófilos de la asociación microbiana de los alimentos. Sin embargo, la mayor parte de la investigación y del desarrollo se debe concentrar en las estrategias de intervención dirigidas a la protección de la calidad de la producción mundial de alimentos y a la de estos productos en el comercio nacional e internacional. En este sentido, la microbiología de los alimentos puede desempeñar un papel importante para la sociedad, especialmente con respecto a la reducción de las pérdidas por alteración tanto de los alimentos naturales básicos como de los alimentos elaborados, problema aún sin resolver. (1), (10), (12), (22), (31), (35), (36), (37), (40), (41), (43), (44), (47), (53), (57), (58).



## **CAPITULO VI: INTERACCIONES MICROBIANAS Y ECOLOGÍA MICROBIANA.**

### **Conceptos**

- La mayoría de los microorganismos presentes en comunidades complejas aún no han sido caracterizados ni cultivados en el laboratorio. Este hecho ha limitado nuestro conocimiento sobre las interacciones microbianas y sus funciones en la naturaleza y durante las infecciones. Las técnicas moleculares nos están proporcionando un mejor conocimiento de estos microorganismos no cultivados.
  
- El término simbiosis, o «vivir-juntos», puede utilizarse para describir muchas de las interacciones entre microorganismos, y también entre microorganismos y organismos superiores, incluyendo plantas y animales. Estas interacciones pueden ser negativas y positivas.
  
- La ecología microbiana es el estudio de las relaciones microbianas con otros organismos y también con el entorno inanimado. Estas relaciones, basadas en la utilización interactiva de los recursos, tienen efectos globales a escala planetaria.
  
- Las interacciones positivas incluyen mutualismo, protocooperación y comensalismo. Las interacciones negativas incluirían el parasitismo, predación, amensalismo y competición. Estas interacciones son importantes en los procesos naturales y en el devenir de las enfermedades. Las interacciones pueden variar dependiendo del entorno y de las variaciones en los microorganismos que interactúan.
  
- Los microorganismos conforme interaccionan pueden formar complejas estructuras físicas que a menudo se denominan biofilms.



Éstos se producen sobre superficies vivas o inertes y tienen un gran impacto en la supervivencia microbiana y la producción de enfermedades.

- Los microorganismos también interactúan utilizando señales químicas, que permiten a la población responder a los incrementos en su propia densidad poblacional. Estas respuestas incluyen el *quorum sensing*, que controla una gran variedad de propiedades del microorganismo.
- Energía, electrones y nutrientes deben estar disponibles en un determinado entorno físico para la función del microorganismo. Los microorganismos interactúan con su entorno para obtener energía (de la luz o de compuestos químicos), electrones y nutrientes, que derivará en un proceso conocido como ciclo biogeoquímico. Los microorganismos cambian el estado físico y la movilidad de muchos nutrientes conforme los van utilizando en sus procesos metabólicos.
- Los microorganismos son una parte importante de los ecosistemas. Un ecosistema es el conjunto de comunidades biológicas autorreguladas y su entorno físico. Los microorganismos tienen un importante papel en la sucesión de los cambios predecibles que ocurren tras la alteración de un ecosistema.
- Los medios extremos limitan la variedad de los tipos microbianos capaces de sobrevivir y funcionar en ellos. Esto puede deberse a factores físicos, como la temperatura, el pH, la presión atmosférica o la salinidad. Muchos microorganismos presentes en medios «extremos» están especialmente adaptados para sobrevivir y funcionar en estas condiciones particulares.



- Los métodos utilizados para estudiar las interacciones microbianas y la ecología microbiana proporcionan información sobre las características ambientales; biomasa microbiana, número, tipos y actividad; y la estructura de la comunidad. En estos estudios se emplean técnicas microscópicas, químicas, enzimáticas y moleculares.
- Actualmente es posible determinar la secuencia de los ácidos nucleicos de microorganismos u orgánulos específicos aislados de ambientes naturales, y así estudiar la filogenia de los microorganismos no cultivables. Estos métodos van a proporcionar nuevos avances en el estudio de la ecología microbiana.

## 1 Fundamentos de la ecología microbiana

Los seres vivos no se conciben sin el medio, seres y medio constituyen una unidad esencial. En este se establecen relaciones entre ellos. Estas relaciones entre los seres vivos y el medio que los contiene, son el objetivo de la ecología. La unidad ecológica es el ecosistema definido por Harris: "Como la comunidad de seres vivos y su medio exterior".

Es necesario la definición de términos muy utilizados en ecología tales como: biomasa, biocenosis, biotopo, factores bióticos y abióticos, ecosistemas, hábitat, nicho ecológico y biosfera.

La biomasa es un conjunto de materia viva y el biotopo es el lugar o sitio donde hay una biomasa. Al conjunto de materia viva del planeta tierra se le denomina biomasa o bioma (se considera a la totalidad de la biomasa), la cual está constituida por diferentes especies.




Cuando analizamos las características de una biomasa que se encuentra en un biotopo y las conocemos y describimos, estamos señalando los factores vivos o bióticos que están en dicho biotopo. Un sitio dado puede contener también elementos sin vida o abióticos.

Cuando la biomasa se halla en equilibrio se establece la biocenosis. Un sistema es un conjunto de elementos que siguen una determinada función, por lo cual un ecosistema es una biocenosis en un biotopo determinado; pudiéramos decir entonces que la biocenosis es un conjunto de seres vivos, tan bien ordenados, que están en equilibrio en un sitio más o menos definido o biotopo.

Existen diferentes tipos de ecosistemas: los acuáticos, los terrestres y los aéreos. Se denomina biosfera al conjunto de ecosistemas del planeta tierra. Otros términos muy utilizados en ecología son: hábitat y nicho ecológico. El primero es el sitio donde vive una especie y el segundo, es la función que un organismo tiene dentro de un ecosistema.

Las relaciones entre individuos de una especie se conocen como *relaciones intraespecíficas*; las que se producen entre individuos de diferentes especies se denominan *interespecíficas*.

Los microorganismos funcionan como **poblaciones** (conjunto de organismos similares), y como **comunidades** (mezcla de poblaciones microbianas diferentes). Los microorganismos han evolucionado interactuando con el mundo inanimado y con otros organismos, siendo esta interacción mayoritariamente beneficiosa; los microorganismos que producen enfermedades son un componente minoritario de la microbiota de la biosfera. Los microorganismos, al interactuar con otros organismos y su ambiente, también contribuyen al funcionamiento de los **ecosistemas**. Un ecosistema se considera como el conjunto de



comunidades biológicas autorreguladas y su entorno. El conocimiento de estas interacciones es importante para la comprensión de las contribuciones microbianas en la naturaleza y de las enfermedades infecciosas.

Un problema importante en el conocimiento de las interacciones microbianas es que la mayoría de los microorganismos observables al microscopio no son cultivables *in vitro*. Las diferencias entre microorganismos observables y cultivables lleva destacándose desde 1932, cuando Selman Waksman, el descubridor de la estreptomicina, lo discute en su libro de microbiología del suelo, y aún hoy en día no ha sido resuelto. El empleo de técnicas moleculares está proporcionado actualmente una información muy valiosa sobre los microorganismos no cultivables, aportando informaciones muy valiosas en esta área. De hecho, los microorganismos no cultivables permanecen como el gran reto en el intento de conocer las interacciones microbianas, la ecología microbiana y la biología en sí misma.

## 2 Interacciones microbianas

Los microorganismos pueden estar físicamente asociados con otros organismos de diferentes formas. Un organismo puede estar localizado «sobre» la superficie de otro, como un **ectosimbionte**. En este caso, el ectosimbionte normalmente es un organismo más pequeño, localizado sobre la superficie de organismos más grande. A menudo, organismos muy distintos pero de tamaños similares están en contacto físico, relación física conocida como **consorcio**. Los consorcios en los medios acuáticos son normalmente muy complejos, en donde se relacionan múltiples capas de microorganismos de aspecto similar que a menudo tienen propiedades fisiológicas complementarias. Por otra parte, un organismo puede localizarse «dentro» de otro organismo, como



**endosimbionte.** También hay muchos casos en los que microorganismos viven «tanto fuera como dentro» de otro organismo, un fenómeno denominado **ecto/endosimbiosis.**

Un ejemplo interesante de ecto/endosimbiosis lo encontramos en la larva Mayfly (Insecto: *Ephemeroptera*), que es colonizada por una especie del género *Thiothrix*, bacteria oxidante del azufre, que se adhiere a su superficie, y a su vez la larva es parasitada por otra bacteria diferente. Hongos asociados con raíces de plantas (hongos micorrízicos) suelen presentar bacterias endosimbiontes, y además contienen bacterias que viven en sus superficies: Estos ejemplos de asociaciones físicas pueden ser intermitentes-cíclicas, o permanentes. En la **Tabla 6.1** se muestran algunos ejemplos de asociaciones intermitentes-cíclicas de microorganismos con plantas y animales marinos. Estas simbiosis intermitentes y cíclicas también están relacionadas con enfermedades humanas de interés, como la listeriosis, malaria, leptospirosis, legionelosis y vaginosis. Por otra parte, también se pueden producir relaciones permanentes de interés entre bacterias y animales, como se muestra en la **Tabla 6.2**, empleando como huéspedes, calamares, sanguijuelas, pulgones, nematodos y moluscos, entre otros. En cada uno de estos casos, el animal huésped adquiere alguna característica importante gracias a la simbiosis permanente con la bacteria.

La mera presencia del microorganismo no informa sobre la naturaleza de la interacción. Estas interacciones pueden ser positivas (mutualismo, proto cooperación y comensalismo) o negativas (predación, parasitismo, amensalismo y competición), como se muestra en la **Figura 6.1.** Estas interacciones se tratan a continuación.



**TABLA N° 6.1**  
**SIMBIOSIS INTERMITENTES Y CÍCLICAS DE MICROORGANISMOS**  
**CON PLANTAS Y ANIMALES MARINOS**

<b>Simbiosis</b>	<b>Huésped</b>	<b>Simbionte cíclico</b>
Planta - bacteria	<i>Gunnera</i> (angiosperma tropical)	<i>Nostoc</i> (cianobacteria)
	<i>Azolla</i> (helecho en arrozales)	<i>Anabaena</i> (cianobacteria)
	<i>Phaseolus</i> (alubia)	<i>Rhizobium</i> (fijador del N <sub>2</sub> )
	<i>Ardisia</i> (angiosperma)	<i>Protobacterium</i>
Animales marinos	Celenteros de coral	<i>Symbiodinium</i>
	Pez luminoso	(dinomastigoto)
	Calamar	<i>Vibrio</i> , <i>Photobacterium</i> , <i>Photobacterium fischerei</i>

Adaptado de L. Margulis y M. J. Chapman. Endosymbioses: Cyclical and permanent in evolution. 1998.

**TABLA N° 6.2**  
**EJEMPLOS DE SIMBIOSIS PERMANENTES ANIMAL-BACTERIA Y**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA BACTERIA EN LA**  
**SIMBIOSIS**

Huésped animal	Simbionte	Contribución del simbionte
Calamar sepiólido ( <i>Euprymna scolopes</i> )	Bacteria luminosa	Luminiscencia ( <i>Vibrio fischeri</i> )
Sanguijuela medicinal ( <i>Hirudo medicinalis</i> )	Bacteria entérica ( <i>Aeromonas veronii</i> )	Digestión de sangre Síntesis de
Afido ( <i>Schizaphis graminum</i> )	Bacteria ( <i>Budinera aphidicola</i> )	aminoácidos Predación y síntesis
Nematodo ( <i>Heterorhabditis spp.</i> )	Bacteria luminosa ( <i>Photorhabdus luminescens</i> )	de antibióticos Digestión de
Molusco bivalvo perforador ( <i>Lyrodus pedicellatus</i> )	Bacteria en célula branquial	celulosa y fijación del nitrógeno

Fuente: E. G. Ruby, Ecology of abenign «infection»: Colonization of the squid luminous organ by *Vibrio fischeri*. 1999.

### Mutualismo

El mutualismo [del latín mutuus, préstamo o recíproco] se define como la relación en la que ambos asociados obtienen un beneficio recíproco. En esta asociación, el mutualista y el huésped dependen metabólicamente uno del otro.




### ***Mutualismo dependiente del sulfuro***

La relación entre bacterias y gusanos tubiformes se produce en los océanos a varios miles de metros de profundidad, donde las placas tectónicas terrestres se separan.

Estas zonas bentónicas son anóxicas, contienen concentraciones elevadas de sulfuro de hidrógeno y pueden alcanzar una temperatura de 350 °C. El agua que rodea a estas zonas posee concentraciones de azufre de casi 250 M y temperaturas de 10 a 20 °C por encima de la media del agua de mar, que es de 2.1 °C.

Los gusanos tubiformes gigantes (de > 1 m de longitud) rojos (*Riftia* spp.), que se desarrollan en estas zonas han aportado un ejemplo incomparable de una forma de mutualismo y nutrición animal, en donde organismos endosimbióticos bacterianos quimiolitotrofos se mantienen dentro de células especializadas del gusano tubiforme huésped. Hasta la fecha, los intentos de cultivar estos microorganismos han sido infructuosos.

### ***Mutualismo dependiente del metano***

Otras cadenas alimentarias singulares están formadas por microorganismos que fijan metano como paso inicial para proveer de materia orgánica a los consumidores. Los meta-notrofos, bacterias capaces de usar metano, son simbiontes intracelulares de los mejillones que habitan en las chimeneas de metano de los fondos marinos. En estos mejillones, sus branquias carnosas y gruesas están llenas de bacterias.

### ***Mutualismo microorganismo-insecto***

Las asociaciones mutualistas son comunes en los insectos. Esto está relacionado con la dieta de los insectos, que habitualmente incluye savia de las plantas o fluidos de los animales, que carecen de vitaminas y aminoácidos. Las vitaminas y aminoácidos requeridos son



proporcionados por la bacteria simbiote a cambio de un hábitat físico seguro y abundante en nutrientes.

### **El ecosistema del rumen**

Los rumiantes son un grupo de animales herbívoros que poseen un estómago dividido en cuatro compartimientos, y rumian un bolo compuesto de comida parcialmente digerida y regurgitada. Algunos ejemplos incluyen el ganado vacuno, ovino y caprino, los ciervos, alces, camellos, búfalos y jirafas. Este método de alimentación se ha desarrollado en animales que necesitan comer una gran cantidad de alimento rápidamente, rumiando posteriormente en un lugar más seguro y cómodo. Pero más importante que esto, los rumiantes pueden digerir grandes cantidades de forraje gracias a la acción de microorganismos simbiotes que degradan las paredes gruesas de celulosa de la hierba y otras plantas que de otra manera sería inutilizable. Como los rumiantes no pueden sintetizar celulasas, han desarrollado una relación simbiótica con microorganismos anaerobios que producen estas enzimas. Las celulasas hidrolizan las uniones (3(1 — » 4) entre residuos sucesivos de D-glucosa de la celulosa y liberan glucosa, que luego es fermentada produciendo ácidos orgánicos, como acetato, butirato y propionato. Estos ácidos orgánicos son la fuente principal de energía del rumiante.

Los polisacáridos insolubles y la celulosa ingeridos por el rumiante se mezclan con la saliva y pasan al rumen. En el rumen, el alimento se agita con un movimiento de rotación constante hasta que se forma una masa pulposa, que es parcialmente digerida y fermentada por los microorganismos.

Posteriormente, el alimento pasa al retículo y de aquí es regurgitado en forma de «bolo alimenticio», que el animal rumia por



primera vez. El alimento se mezcla con saliva, se traga de nuevo y vuelve a entrar en el rumen al tiempo que llega a la boca otro bolo. A medida que avanza este proceso, el material vegetal parcialmente digerido se hace más líquido. Entonces, este líquido pasa al retículo y a la parte inferior del estómago: primero, al omaso y luego, al abomaso (el estómago verdadero). En este último compartimiento el alimento se pone en contacto con las enzimas digestivas normales del huésped y el proceso de digestión continúa de la misma forma que en los mamíferos.

El rumen contiene una gran y diversa población microbiana (aproximadamente  $10^{12}$  organismos por mililitro), incluyendo procariontas, hongos anaeróbicos como *Neocallismasti*, y ciliados y otros protozoos.

### **Sintrofismo**

El **sintrofismo** [del griego syn, juntos; trophe, alimentación] es la asociación en la que el crecimiento de un organismo depende de o mejora con los factores de crecimiento, nutrientes o sustratos aportados por otro organismo que vive cerca. A veces, ambos se benefician. Este tipo de mutualismo se denomina también alimentación cruzada o fenómeno del **satelitismo**.

### **Protocooperación**

La **protocooperación** es una relación beneficiosa mutualista similar a la del simple mutualismo, pero en la protocooperación la relación no es obligatoria. Como se muestra en la Figura 28.1, las fuentes nutritivas complementarias proceden de cada una de los microorganismos participantes.

En este tipo de asociación, los organismos involucrados no requieren contacto físico, y en el caso de que los productos proporcionados por los microorganismos complementarios se puedan obtener del medio, cada organismo podrá desarrollarse



independientemente del otro. Ejemplos de este tipo de asociación los encontramos entre *Desulfovibrio* y *Chromatium*, interconectándose los ciclos del carbono y el azufre; y entre microorganismos fijadores de nitrógeno y organismos celulolíticos, como *Cellulomonas*. En el segundo ejemplo, los microorganismos degradadores de celulosa liberan glucosa de la celulosa, que podrá ser utilizada por los microorganismos fijadores de nitrógeno.

Un excelente ejemplo de protooperación biodegradativa se muestra en la. En este caso la degradación de 3-clorobenzoato depende del funcionamiento de tres tipos de microorganismos con capacidades complementarias. Si alguno de los tres microorganismos no está presente o activo, no se producirá la degradación del sustrato.

### **Comensalismo**

El **comensalismo** [del griego com, juntos; mensa, mesa] es la asociación en la que un simbiote, el **comensal**, se beneficia, mientras que el otro (denominado a menudo huésped) ni se perjudica ni se beneficia, como se muestra en la. Éste es un proceso unidireccional. A menudo, tanto el comensal como el huésped «comen en la misma mesa». La proximidad física de los organismos asociados permite al comensal alimentarse de las sustancias que captura o ingiere el huésped, y obtiene también protección al vivir dentro o sobre el huésped. El comensal no depende metabólicamente de forma directa del huésped, y no le ocasiona un perjuicio determinado. Cuando se separan experimentalmente, el comensal puede sobrevivir sin que sea necesario aportarle ningún factor o factores originarios del huésped.

Una relación comensalistas entre microorganismos incluye la situación en la que los productos de desecho de un microorganismo son aprovechados por otra especie. Un ejemplo es la nitrificación, oxidación



del ion amonio a nitrito por microorganismos como *Nitrosomonas*; y la posterior oxidación de nitrito a nitrato por *Nitrobacter* y bacterias similares. *Nitrobacter* se beneficia de esta asociación con *Nitrosomonas* porque usa nitrito para obtener energía para el crecimiento.

Las asociaciones comensalistas también se producen cuando un grupo microbiano modifica el ambiente haciéndolo más adecuado para otro organismo. Por ejemplo, la cepa común no patógena *Escherichia coli* vive en el colon humano, pero también se desarrolla muy bien fuera del huésped, siendo por tanto un comensal típico. Estas relaciones pueden ser muy complejas. Cuando *E. coli*, bacteria anaerobia facultativa, utiliza todo el oxígeno disponible, pueden crecer en el colon anaerobios obligados, como *Bacteroides* spp. Los anaerobios se benefician de la asociación entre el huésped y *E. coli*, pero esta asociación no obtiene ningún beneficio evidente de los microorganismos anaerobios. En este caso, el comensal *E. coli* contribuye al desarrollo de otros simbioses. El comensalismo puede involucrar otras modificaciones ambientales. La síntesis de productos ácidos derivados de la fermentación estimulan la proliferación de microorganismos ácido-tolerantes, que únicamente constituyen una minoría de la microbiota a pH neutro. Un buen ejemplo es la sucesión de microorganismos durante el deterioro de la leche. Cuando se forman bio-films, la colonización de nuevas superficies por algún microorganismo (primer colonizador) hace posible la colonización de otros microorganismos que de otra forma no lo hubieran conseguido.

### **Predación**

La **predación** es un fenómeno muy extendido en el que el predador atrapa o ataca a una presa, como se muestra en la Figura 28.1. La presa puede ser mayor o más pequeña que el predador, y normalmente se



produce su muerte. En la naturaleza podemos encontrar interesantes casos de bacterias predadoras. Algunos de estos ejemplos, como *Bdellovibrio*, *Vampirococcus* y *Daptobacter*, se muestran en la. Cada una de éstas tiene un modelo único de ataque contra la bacteria susceptible. *Bdellovibrio* penetra por la pared celular y se multiplica entre la pared celular y la membrana plasmática, en el periplasma, seguido de la lisis de la célula presa y liberación de la progenie.

### **Parasitismo**

El **parasitismo** es una de las interacciones microbianas más complejas; a veces la línea entre predación y parasitismo es difícil de definir. Ésta es una relación en la que uno de los dos obtiene un beneficio del otro, y el huésped resulta normalmente dañado. Este proceso puede estar relacionado con la adquisición de nutrientes y/o el mantenimiento físico en o sobre el huésped. En el parasitismo hay un grado de coexistencia del parásito en asociación con el huésped.

Dependiendo del equilibrio entre los dos organismos, esta situación puede cambiar, y lo que podía haber sido una estable relación parasitaria puede resultar en una relación patogénica, que podría ser incluso definida como predación.

### **Amensalismo**

El **amensalismo** (del latín, que no están juntos en la misma mesa) describe el efecto negativo de un organismo sobre otro (Figura 28.1). Éste es un proceso unidireccional basado en la liberación de un compuesto específico desde un organismo que tiene un efecto negativo sobre otro organismo. Un ejemplo clásico de amensalismo es la producción de antibióticos que pueden inhibir o matar microorganismos susceptibles. La relación mutuamente dependiente entre las hormigas attini y los hongos se ve favorecida por las bacterias productoras de antibióticos que se mantienen en un sistema de cultivo



fúngico. En este caso, un estreptomiceto produce un antibiótico que controla *Escovopsis*, un hongo parásito persistente que puede destruir el cultivo fúngico de la hormiga. Este peculiar proceso de amensalismo parece haber evolucionado hace 50 millones de años en Sudamérica.

Otra importante relación amensalista depende de la acción de compuestos orgánicos específicos que rompen la integridad de las paredes celulares o de las membranas plasmáticas. Estos compuestos incluyen las bacteriocinas. Estas sustancias tienen un interés creciente como aditivos para los alimentos para el control del desarrollo de patógenos indeseables.

Finalmente, productos metabólicos, como los ácidos orgánicos formados durante la fermentación, pueden tener efectos amensalísticos. Estos compuestos pueden inhibir el crecimiento al cambiar el pH del medio, por ejemplo durante la descomposición natural de la leche.

### **Competición**

La **competición** se produce cuando microorganismos diferentes en una población o comunidad intentan adquirir el mismo nutriente limitante o bien situarse en la misma localización física (Figura 28.1). Este principio de competición fue estudiado por E.G. Gause, quien, en 1934, lo describió como el **principio de la exclusión competitiva**. Gause encontró que si dos ciliados compiten durante mucho tiempo por el uso de una fuente concreta, uno de los dos protozoos será excluido. Ejemplos de competición los podemos observar en los quimiostatos, cuando se incuban microorganismos con sistemas transportadores de diferente afinidad por un mismo nutriente limitante. Este proceso derivará en la exclusión de la especie más lenta en esas condiciones particulares. Si la velocidad de dilución del nutriente cambia, la especie de crecimiento más



lento podría ahora ser la dominante. Sin embargo, a menudo, dos poblaciones microbianas que parecen ser similares, pueden coexistir. En estos casos hay alguna sutil característica diferente en los microorganismos o en sus ambientes que hacen posible la coexistencia.

### **Simbiosis en sistemas complejos**

Debe destacarse que las interacciones simbióticas discutidas en esta sección no se producen independientemente.

Cada vez que un microorganismo interactúa con otros organismos y sus ambientes, se producen una serie de respuestas de retroalimentación en las comunidades bióticas que impactarán también sobre otros ecosistemas. Sirva como ejemplo la interacción entre el nematodo *Eubostrichus parasitiferus* y su bacteria protocooperadora oxidante del azufre que implica una serie de interacciones simbióticas. En este caso, la interacción protocooperante entre los nematodos y el epibionte oxidante del azufre se ve influida tanto por el tamaño de la población de la bacteria asociada, como por si está libre o asociada al huésped. Este equilibrio entre bacterias de vida libre y asociadas con el huésped está controlado por una serie de procesos de retroalimentación que involucran competición por el azufre con otras bacterias, y la predación del epibionte y de la bacteria competidora. Así, el equilibrio observado en un tiempo concreto es el resultado de una serie de interacciones, que dependen de la protocooperación, predación y competición.

### **Asociaciones de microorganismos**

Las asociaciones mutuas de microorganismos intervienen en la alteración o en las fermentaciones de la mayoría de los tipos de alimentos. La competición entre las diferentes especies de bacterias, de levaduras y de mohos de un alimento, suele decidir que una de ellas se multiplicará con mayor rapidez que las demás y ocasionará el tipo de alteración que le caracteriza. Si las condiciones del medio son favorables



para todas ellas, las bacterias se suelen multiplicar con mayor rapidez que las levaduras, y éstas con mayor rapidez que los mohos. Por consiguiente, las levaduras se multiplican con mayor rapidez que las bacterias únicamente en el caso de que en el alimento original se encuentren en mayor número que las bacterias, o cuando las condiciones del alimento son las apropiadas para retardar la multiplicación bacteriana. Los mohos pueden predominar solamente en el caso de que las condiciones existentes en el alimento sean más apropiadas para su multiplicación que para la de las levaduras y la de las bacterias.

Las diferentes especies bacterianas existentes en el alimento compiten entre sí, soliendo aventajar una de ellas a las demás. Asimismo, si las levaduras resultan favorecidas, una de sus especies aventajará a las demás; y por lo que se refiere a los mohos, una de sus especies encontrará condiciones más favorables que las demás. Sin embargo, no siempre los microorganismos son **antagónicos o antibióticos** entre sí, pudiendo a veces ser **simbióticos**, es decir, útiles mutuamente, o pueden crecer de forma simultánea sin que aparentemente se beneficien ni perjudiquen mutuamente. Dos especies diferentes de microorganismos pueden ser **sinérgicas**; es decir, cuando crecen juntas, son capaces de ocasionar transformaciones, como por ejemplo fermentaciones, que ninguna de las dos podría llevar a cabo creciendo aisladamente. Cuando *Pseudomonas syncyanea* crece sola en la leche, únicamente le comunica un tinte ligeramente parduzco, mientras que *Streptococcus lactis* no modifica el color de la leche; sin embargo, cuando ambos microorganismos crecen juntos, en la leche aparece un color azul claro, resultante de la influencia del pH sobre el pigmento pardo producido por *P. syncyanea* (*S. lactis acidifica la leche por producir ácido láctico*). Una consecuencia muy importante de la influencia de un microorganismo sobre otro es el efecto **metabiótico**, fenómeno que aparece cuando un microorganismo crea condiciones favorables para que crezca otro. Es



posible que ambos microorganismos crezcan simultáneamente, aunque lo más corriente es que uno de ellos aventaje al otro. La mayoría de las fermentaciones o descomposiciones de los alimentos frescos son ejemplos de metabiosis. A temperatura ambiental, la leche fresca experimenta primeramente una fermentación ácida por *Streptococcus lactis* y por bacterias coliformes, hasta que las bacterias son inhibidas por el ácido que ellas mismas han producido. Seguidamente, los lactobacilos ácidotolerantes aumentan aún más la acidez hasta que su crecimiento se detiene. Después de ello, en la superficie de la leche crecen levaduras formadoras de película y mohos, reduciendo finalmente la acidez para que las bacterias proteolíticas puedan desarrollar su actividad. Se estudia la metabiosis que tiene lugar en la fermentación del sauerkraut. La sucesión de microorganismos que normalmente intervienen en la fermentación de este alimento son: En primer lugar, una flora bacteriana mixta en la que predominan las bacterias coliformes; en segundo lugar, **Leuconostoc mesenteroides**; en tercer lugar, **Lactobacillus plantarum**; y por último, **Lactobacillus brevis**.

El medio decide cuál de las diferentes especies de microorganismos existentes en un determinado alimento será la que crezca con mayor rapidez que las demás y ocasione el tipo de modificación o alteración que le caracteriza. Los factores que caracterizan a este medio están relacionados entre sí y la combinación de todos ellos decide tanto los microorganismos que crecerán en él, como los efectos que producirán. Los principales de estos factores son: Las propiedades físicas y químicas del alimento, la existencia de oxígeno, y la temperatura.



### 3 Interacciones en los ciclos de los nutrientes

Los microorganismos, en el curso de su crecimiento y metabolismo, interactúan unos con otros en los ciclos de los nutrientes, incluyendo los del carbono, azufre, nitrógeno, fósforo, hierro y manganeso. Estos ciclos de los nutrientes, denominados **ciclos biogeoquímicos** cuando se aplican a ambientes, consta de procesos biológicos y químicos. Los nutrientes son transformados y reciclados, normalmente mediante reacciones de oxido-reducción que puede cambiar las características químicas y físicas de los nutrientes. Todos los ciclos biogeoquímicos están ligados, y las transformaciones relacionadas con el metabolismo de estos nutrientes tiene impactos a nivel global.

En los ciclos del carbono y del nitrógeno se producen componentes gaseosos importantes, y también en el del azufre, aunque en menor grado. Así, un microorganismo del suelo, acuático o marino puede fijar formas gaseosas de compuestos de carbono y nitrógeno. En los ciclos «sedimentarios», tales como el del hierro, no hay componentes gaseosos.

#### Ciclo del carbono

El carbono puede presentarse en formas reducidas, como metano ( $\text{CH}_4$ ) y materia orgánica, y en formas más oxidadas, como monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Los agentes reductores (p. ej., hidrógeno, que es un reductor fuerte) y oxidantes (p. ej.,  $\text{O}_2$ ) influyen sobre el desarrollo de las reacciones biológicas y químicas en las que participa el carbono. El hidrógeno se puede producir durante la degradación de la materia orgánica, especialmente en condiciones anaeróbicas, durante el proceso de fermentación. El hidrógeno y metano generados en una zona anaeróbica pueden pasar a otra aeróbica, en donde podrán actuar los oxidantes del hidrógeno y del metano.



En el ciclo del carbono no se hace distinción entre los diferentes tipos de materia orgánica formada o degradada. Ello se debe a una simplificación debido a que la materia orgánica varía enormemente en cuanto a sus características físicas y en la bioquímica de su síntesis y degradación. La materia orgánica varía en términos de la composición en elementos, estructura y unidades básicas de repetición, enlaces entre las unidades de repetición y características físicas y químicas.

La degradación de esta materia orgánica, una vez formada, se ve influida por una serie de factores que comprenden: 1) los nutrientes presentes en el medio; 2) las condiciones abióticas (pH, potencial de óxido-reducción,  $O_2$ , condiciones osmóticas); y 3) la comunidad microbiana presente.

Los principales sustratos complejos que utilizan los microorganismos. De todos estos, sólo la biomasa microbiana previamente cultivada contiene todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y la multiplicación. La quitina, las proteínas, la biomasa microbiana y los ácidos nucleicos contienen nitrógeno en grandes cantidades. Si estos sustratos son utilizados para el crecimiento, el exceso de nitrógeno y otros minerales que no se usan en la formación de nueva biomasa microbiana será liberada al ambiente, proceso conocido como **mineralización**. En este proceso la materia orgánica es descompuesta para liberar compuestos inorgánicos más simples (p. ej.,  $CO_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ).

Los otros sustratos complejos de la Tabla 28.5 contienen sólo carbono, hidrógeno y oxígeno. Si han de crecer los microorganismos utilizando estos sustratos, deben adquirir del entorno los restantes nutrientes que necesitan para la síntesis de su biomasa, en el proceso de inmovilización.



## Ciclo del azufre

Los microorganismos contribuyen sustancialmente al ciclo del azufre, cuya versión simplificada. Los microorganismos fotosintéticos transforman el azufre utilizando los grupos sulfuras como fuentes de electrones. En ausencia de luz, los sulfuras pueden pasar a medios oxidados, permitiendo el desarrollo de *Thiobacillus* y de otros géneros similares quimiolitioautótrofos. Por su parte, cuando el sulfato difunde a medios reducidos permite a distintos grupos de microorganismos llevar a cabo la reducción de sulfatos.

Por ejemplo, cuando existe un compuesto reductor orgánico utilizable, *Desulfovibrio* puede obtener energía al emplear sulfato como oxidante.

Este uso de sulfato como aceptor externo de electrones para formar sulfuras, que se acumula en el ambiente, es un ejemplo de proceso de **reducción desasimilatoria** y de respiración anaerobia. En comparación, la reducción del sulfato para utilizarlo en la biosíntesis de aminoácidos y de proteínas se describe como proceso de reducción asimilatoria. Se ha observado que otros organismos llevan a cabo la **reducción desasimilatoria** del azufre elemental. Por ejemplo, *Desulfuromonas*, archaeas termófilas y también cianobacterias en sedimentos hipersalinos. Los sulfitos son también otros intermediarios críticos que pueden reducirse a sulfuras por una gama amplia de microorganismos, incluyendo los géneros *Alteromonas*, *Clostridium*, *Desulfovibrio* y *Desulfotomaculum*. *Desulfovibrio* normalmente es considerado anaerobio obligado. Sin embargo, recientes estudios indican que este interesante organismo también respira utilizando oxígeno cuando éste está disuelto a un nivel del 0.04 %.



## Ciclo del nitrógeno

Se van a exponer varios aspectos importantes del ciclo básico del nitrógeno: los procesos de nitrificación, desnitrificación y la fijación del nitrógeno. Hay que señalar que se trata de un ciclo «básico» del nitrógeno. Aunque no se menciona en la figura, los heterotrofos pueden llevar a cabo la nitrificación y algunos de éstos combinan la nitrificación con la desnitrificación anaeróbica, con lo que oxidan los iones amonio a  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ , con niveles de oxígeno bajos. Si se produce una oxidación anóxica de iones de amonio (*anammox* es el término empleado para el proceso comercial), quiere decir que la nitrificación no es sólo un proceso aeróbico.

En consecuencia, a medida que conocemos más sobre los ciclos biogeoquímicos, incluidos los del nitrógeno, los ciclos más sencillos descritos en los primeros libros de texto ya no representan con precisión los procesos naturales.

La **nitrificación** es el proceso aeróbico de oxidación de iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que posteriormente se oxida a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Por ejemplo, las bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus*, desempeñan papeles importantes en el primer paso, y las del género *Nitrobacter* y bacterias quimiolitotróficas relacionadas, realizan el segundo paso. Recientemente, se ha comprobado que *Nitrosomonas eutropha* oxida iones amonio anaeróbicamente a nitrito y óxido nítrico (NO), utilizando dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) como oxidante en una reacción relacionada con la desnitrificación. Además, la **nitrificación heterotrófica** que realizan las bacterias y los hongos contribuye sustancialmente a que estos procesos tengan lugar en medios más ácidos. Nitrificación y nitrificadores.



El proceso de **desnitrificación** requiere una serie de condiciones ambientales diferentes. En este proceso desasimilatorio, en el que se emplea nitrato como oxidante en la respiración anaerobia, participan normalmente heterotrofos como *Pseudomonas denitrificans*. Los productos principales de desnitrificación comprenden nitrógeno gas ( $N_2$ ) y óxido de nitrógeno ( $N_2O$ ), aunque también se puede acumular nitrito ( $NO_2^-$ ). Los nitritos constituyen también un problema ambiental porque contribuyen a la formación de nitrosaminas cancerígenas. Finalmente, los nitratos se pueden transformar en amoníaco mediante la reducción desasimilatoria por diversas bacterias, incluyendo *Geobacter metallireducens*, *Desulfovibrio* spp. y *Clostridium*. Desnitrificación y respiración anaerobia.

La asimilación del nitrógeno se produce cuando el nitrógeno inorgánico se utiliza como nutriente y se incorpora a una nueva biomasa microbiana. Los iones amonio, como están ya reducidos, pueden incorporarse directamente sin un coste de energía importante. Sin embargo, cuando se asimila el nitrato, debe reducirse, con un gasto sustancial de energía. En este proceso, puede acumularse el nitrito como producto intermediario transitorio. Bioquímica de la asimilación del nitrógeno.

La **fijación del nitrógeno** puede llevarse a cabo por procariontes aeróbicos o anaeróbicos, y no tiene lugar en los eucariotas. En condiciones aeróbicas, una gran variedad de géneros microbianos de vida libre (*Azotobacter*, *Azospirillum*) contribuye a este proceso. En condiciones anaeróbicas, los miembros del género *Clostridium* son los fijadores de nitrógeno de vida libre más importantes. La fijación del nitrógeno por cianobacterias como *Anabaena* y *Oscillatoria* pueden enriquecer los ambientes acuáticos con nitrógeno.



### Ciclo del hierro

El ciclo del hierro incluye diferentes géneros que realizan oxidaciones de hierro, transformando el ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) en ion férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). *Thiobacillus ferrooxidans* lleva a cabo este proceso en condiciones ácidas; *Gallionella* es activa en condiciones de pH neutro; y *Sulfolobus* actúa en condiciones ácidas y termófilas. Gran parte de la bibliografía de los inicios de la ecología microbiana antigua indicaba que otros géneros podían oxidar el hierro, incluyendo *Sphaerotilus* y *Leptothrix*. Muchos profesionales no microbiólogos denominan aún a estos dos géneros «bacterias del hierro». La confusión creada por estos dos géneros radica en que la oxidación química del ion ferroso a ion férrico (formando precipitados de hierro insoluble) se produce en condiciones de pH neutro, en las que los microorganismos crecen también utilizando sustratos orgánicos. En la actualidad estos dos géneros se clasifican como quimioheterótrofos.

Recientemente, se han observado microorganismos que oxidan  $\text{Fe}^{2+}$  utilizando nitrato como aceptor de electrones. Este proceso se realiza en los sedimentos acuáticos donde la concentración de oxígeno es baja, pudiendo ser otra vía de acumulación de hierro oxidado en amplias zonas con niveles de oxígeno bajos.

La reducción del hierro se produce en condiciones anaeróbicas, teniendo como resultado la acumulación de ion ferroso. Aunque muchos microorganismos pueden reducir cantidades pequeñas de hierro durante su metabolismo, la mayor parte de los procesos de reducción del hierro la realizan microorganismos que respiran hierro, como *Geobacter metallireducens*, *Geobacter sulfurreducens*, *Ferribacterium limneticum* y *Shewanella putrefaciens*, que pueden obtener energía para desarrollarse sobre materia orgánica utilizando ion férrico como oxidante.



## Ciclo del manganeso

La importancia de los microorganismos en el ciclo del manganeso se está valorando cada vez más. El ciclo del manganeso comprende la transformación del ion manganesoso ( $Mn^{2+}$ ) en  $MnO_2$  (equivalente al ion mangánico [ $Mn^+$ ]), que se produce en las chimeneas hidrotermales, ciénagas y como componente importante de barnices minerales. *Leptothrix*, *Arthrobacter*, *Pedomicrobium* y el microbio no cultivado denominado «*Metallogenium*» son importantes en la oxidación de  $Mn^+$ . *Shewanella*, *Geobacter* y otros quimioorganotrofos pueden realizar el proceso complementario de reducción del manganeso.

## Otros ciclos y ciclos interconectados

Los microorganismos pueden emplear otros metales como aceptares de electrones. Se pueden reducir metales como europio, telurio, selenio y rodio. Algunos microorganismos importantes que reducen estos metales incluyen los géneros *Rhodobacter*, *Rhodospirillum* y *Rhodopseudomonas*. Para el selenio, *Pseudomonas stutzeri*, *Thauera selenatis* y *Wolinella succinogenes* son activos. Este tipo de reducciones puede disminuir la toxicidad de un metal.

La transformación microbiana del fósforo comprende principalmente la transformación del fósforo (de valencia +5) del ortofosfato simple a formas más complejas, incluyendo polifosfatos, presente en los granulos metacromáticos. Un producto único (y posiblemente de carácter microbiano) es la fosfina ( $PH_3$ ), con una valencia -3, emitido en pantanos, suelos y regiones marinas, que arde al entrar en contacto con el aire, pudiendo provocar también la ignición del metano producido en el mismo ambiente.

Una vez descritos los ciclos del azufre, hierro y manganeso como ciclos independientes, es importante aclarar que numerosos microorganismos conectan metabólicamente estos ciclos utilizando



compuestos oxidantes y reductores comunes. Por ejemplo, algunos microorganismos reductores del azufre pueden reducir  $\text{Fe}^{3+}$  utilizando  $\text{H}_2$  o materia orgánica como reductores, y también pueden oxidar azufre elemental a sulfato cuando Mn (IV) está presente como aceptor de electrones. La producción de sulfato dependiente de Mn (IV) en condiciones anaeróbicas, llevada a cabo por *Desulfobulbus propionicus*, proporciona una vía para conectar anaeróbicamente los ciclos del azufre y del manganeso.

#### **4 Manipulación postcosecha de los alimentos de origen vegetal**

##### **4.1. Factores que determinan la calidad en el momento de la recolección**

La calidad final de los alimentos frescos o procesados depende de diversos factores y entre ellos, los más importantes, son: (a) los aspectos precosecha y las condiciones que se dan durante la misma, (b) los métodos de recolección y (c) los sistemas de manipulación postcosecha. Los atributos de calidad de los alimentos presentan amplias diferencias, porque los consumidores juzgan los productos frescos con unos criterios muy distintos de los que aplican a los alimentos procesados.

##### **4.1.1 Factores pre-recolección**

Las condiciones anteriores al momento de la recolección influyen sobre el valor nutritivo, el rendimiento de la producción y la calidad del producto. Estos factores son, entre otros, genéticos, climáticos, bióticos, edafológicos y químicos que ejercen además efectos combinados.

##### **a. Factores genéticos**



El tipo de cultivar y la selección de los patrones son aspectos muy importantes que determinan diferencias en la composición del producto, en su capacidad de conservación, y en el comportamiento durante el procesado. Por ejemplo, el tipo de patrón tiene una gran influencia sobre la calidad de la naranja. En muchos casos, los cultivares que se producen para la venta y consumo en fresco, no son los mejores para las transformaciones industriales, tales como la elaboración de productos en conserva, deshidratados, o congelados. Se han desarrollado muchas variedades nuevas para mejorar los rendimientos, la resistencia a las enfermedades, las características organolépticas y el valor nutritivo, así como para reducir la presencia de compuestos tóxicos indeseables.

b. Factores climáticos

La zona de producción y las condiciones ambientales o climáticas específicas de cada región, tienen una gran influencia sobre la calidad de los productos vegetales. Entre estos factores se incluyen la temperatura, humedad, luz, viento, tipo de suelo, altitud y nivel de pluviometría. La intensidad luminosa tiene una gran influencia sobre la concentración de vitaminas, y la temperatura influye sobre la velocidad de transpiración, modificando la captación de minerales y el metabolismo. La duración, intensidad y tipo de luz, también afectan a la calidad. En los tomates, la sombra de las hojas sobre los frutos produce un color rojo más intenso durante el periodo de maduración que el de los tomates expuestos a la luz. Además, los tomates cultivados al sol, contienen más azúcar y extracto seco que los que crecen a la sombra. En el caso de los cítricos, los frutos expuestos al sol tienen menos peso, una corteza más fina, mas solidos solubles y son menos



ácidos y jugosos que los que están a la sombra o crecen en la zona interior del árbol. Las diferencias en la duración del día y en la calidad de luz, afectan al comportamiento fisiológico del producto (por ej., las variedades de cebollas que se desarrollan en climas de días cortos no producen bulbos de gran tamaño) . En la col lombarda y en las berenjenas, la síntesis de los pigmentos antocianos está controlada por la luz de longitud de onda corta en las regiones del azul y del violeta. Salunkhe et al. señalan que, en general, los efectos de la luz sobre la síntesis de los nutrientes en una planta dependen de la especie, la cantidad y duración de la luz, la temperatura, y la fertilidad del suelo. La síntesis de tiamina esta estimulada por la luz y generalmente tiene lugar en las hojas, en donde la concentración va aumentando hasta que la planta alcanza la madurez. Los nabos recolectados por la mañana contienen más riboflavina que los cosechados en cualquier otro momento del día, Las frutas producidas en las zonas de clima frío suelen ser más ácidas que las de las regiones más calidas .

c. Factores ambientales y prácticas de cultivo

Entre los factores ambientales y de cultivo hay que señalar el tipo de suelo, su riqueza en nutrientes y el suministro de agua del mismo, la poda, el aclareo, el control de plagas o los tratamientos químicos, y la densidad de plantación. La utilización de fertilizantes puede influir notablemente sobre el contenido mineral de la fruta, mientras que otras prácticas como la poda y el aclareo, pueden alterar la composición nutritiva porque modifican la producción y el tamaño del fruto. Cuanto más densa sea la plantación, menos dulces serán las frutas. En las hortalizas foliares, las hojas son más grandes y más finas cuanto menor es la intensidad luminosa. Muchos



desordenes fisiológicos pueden tener su origen en el estado de los nutrientes en el suelo, y la respiración de las frutas después de la recolección también cambia por efecto de la fertilización. Las patatas cultivadas en suelos arenosos, pedregosos, o ligeramente margosos, en condiciones de baja humedad, o en suelos poco fértiles, presentan consistentemente un contenido en extracto seco mayor que las que crecen en turba o suelos poco húmedos. Una elevada relación nitrógeno: potasio, aumenta la tendencia de las patatas al oscurecimiento después del cocinado. La deficiencia de los suelos en fósforo también origina el pardeamiento de las patatas. Las plantas de piña que reciben una cantidad excesiva de nitrógeno, producen frutos agrios, blancos, opacos y que no tienen casi aroma ni sabor. Los residuos de pesticidas pueden generar sabores extraños en los productos frescos y procesados. El uso excesivo de pesticidas puede llegar a producir metabolitos nocivos y toxicidad, que no siempre se destruyen durante el procesado.

#### **4.1.2 Madurez en la recolección**

El grado de madurez en el momento de la recolección es uno de los principales factores que determinan la composición de las frutas, hortalizas y otros vegetales, influyendo sobre su calidad y su capacidad de conservación. La recolección en el momento óptimo, es absolutamente imprescindible para conseguir la máxima vida postcosecha del producto. A pesar de que la mayoría de las frutas solo alcanzan su óptima calidad sensorial cuando se cosechan maduras, suelen recolectarse una vez que completan la madurez fisiológica pero sin haber alcanzado la madurez organoléptica, porque en ese estado son más resistentes a las lesiones mecánicas durante la manipulación postcosecha. Los frutos inmaduros son más



susceptibles al marchitamiento y a los danos físicos y son de inferior calidad cuando maduran. Las frutas excesivamente maduras se ablandan rápidamente después de la recolección, adquieren una consistencia harinosa y pierden enseguida el flavor. Tanto las frutas cosechadas excesivamente pronto como demasiado tarde, son más proclives a los desórdenes fisiológicos y tienen una vida útil más corta que las recolectadas en un momento. La recolección de las frutas verdes o excesivamente maduras, origina importantes pérdidas económicas, y por lo tanto, es muy importante disponer de unos índices de madurez para proceder a la cosecha en el momento adecuado. El óptimo grado de maduración para el consumo en fresco y para el procesado, se determina en función del propósito para el que se va a utilizar cada producto. El estado exacto de maduración que resulta óptimo para la fabricación de conservas, no tiene por qué ser el mismo que cuando el producto se va a destinar a la deshidratación, congelación, o elaboración de mermeladas y confituras . Por ejemplo, las frutas más maduras son muy adecuadas para la deshidratación o para la fabricación de conservas, porque los productos elaborados con esa materia prima presentan un intenso sabor y aroma, pero si se comercializan como fruta fresca, sufren numerosas lesiones. Para su consumo en fresco, las frutas deben recolectarse en un estado de madurez óptimo.

Para determinar el grado de maduración existen distintos índices, que son muy variables entre los distintos tipos y cultivares. Los índices de madurez que se utilizan más frecuentemente son: (a) los aspectos visuales (tamaño y forma, color global, color de la piel, color de la pulpa, presencia de hojas exteriores secas, desecación de la planta, días



transcurridos desde el cuajado del fruto hasta la recolección, unidades medias de calor durante el desarrollo, aparición de una zona o capa de abscisión, estructura y morfología superficial, y plenitud del fruto); (b) aspectos físicos (facilidad de separación o abscisión, firmeza de la pulpa, textura, peso específico, densidad); (c) análisis químicos (sólidos solubles, almidón, acidez, relación azúcares/ácidos, contenido en zumo, en aceite, en taninos); (d) computo de días (días tras el cuajado desde la floración o desde la fecha de cuajado); y (e) índices fisiológicos (respiración y concentración interna de etileno). Para determinar con más precisión el estado en el que debe procederse a la recolección del producto, lo ideal es combinar varios índices de madurez. Además de estos parámetros de maduración, la calidad también depende del momento de la recolección y de las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, hay que evitar la recolección de las frutas y hortalizas durante o inmediatamente después de la lluvia, y es preferible cosechar en el momento más frío del día (generalmente por la mañana temprano) para evitar la pérdida de agua y el marchitamiento.

#### **4.1.3 Métodos de recolección**

En el mismo momento de la recolección, el producto vegetal puede sufrir los primeros daños mecánicos, y por lo tanto, es necesario seleccionar el método más adecuado para mantener la calidad. La cosecha puede realizarse manual o mecánicamente. Las principales ventajas de la recolección manual son: (a) una precisa selección en función de grado de madurez; (b) mínimas lesiones para el producto; (c) pequeña inversión de capital; y (d) posibilidad de ayudarse con dispositivos mecánicos. Los inconvenientes de este sistema son que se necesita mucho personal y que es una operación



relativamente lenta. Las principales ventajas de la recolección mecánica son su rapidez y que se puede realizar con pocos operarios; los inconvenientes son que las frutas y hortalizas se lesionan fácilmente por abrasiones en la piel o golpes en los tejidos, y que hace falta personal especializado, una disposición determinada de las parcelas y cultivos, y una planificación de la cosecha. La utilización de maquinaria o equipos inadecuados durante la recolección mecánica, puede originar grandes pérdidas. Cuando se usan cuchillos para la recolección de hortalizas de hoja o de bananas, hay que poner un cuidado especial para evitar las lesiones mecánicas. Además hay que enseñar a los cosechadores como identificar los productos que deben recolectar.

El sistema de cosecha y la forma en la que esta se realiza influyen directamente sobre la incidencia y severidad de las lesiones mecánicas. Las operaciones de recolección, sea manual o mecánica, tienen importantes repercusiones sobre la calidad del producto cosechado. Para obtener los mejores resultados, los manuales de procedimiento deben incluir: (a) la determinación del momento óptimo de recolección según el grado de madurez y las condiciones climatológicas; (b) el entrenamiento y supervisión de los trabajadores; y (c) los sistemas de control de calidad efectivos .

Las hortalizas que no son raíces no deben colocarse directamente sobre el suelo, ni exponerse a la luz solar, calor, ni lluvia. Si se someten a condiciones adversas, pueden alcanzar una temperatura interna muy elevada, que tiene efectos muy perjudiciales para la calidad del producto . Una simple sombra o una cubierta de hierba pueden proporcionar una protección suficiente hasta que los productos cosechados



se retiran del campo. No obstante, para algunas raíces resulta beneficiosa una breve exposición al sol, que sirve para secar la superficie o facilitar la eliminación de las partículas de tierra adheridas.

## **5 Manipulación tras su obtención de los alimentos de origen animal**

### **5.1. Manipulación post-mortem de la carne**

#### **A. Causas del deterioro de la carne**

La carne es el musculo comestible de varias especies de mamíferos y de las aves, tanto salvajes como domésticas. La flacidez y blandura del musculo y la aceitosidad de la grasa cambian inmediatamente tras el sacrificio. El musculo se vuelve duro y rígido y la grasa se endurece. La carne se torna blanda de nuevo tras un periodo en la que está colgada o de «oreado» pero no vuelve a su anterior condición de blandura. Este hecho puede ser debido al asentamiento de la grasa y a los cambios post-mortem. Generalmente se acepta que la alteración tiene lugar cuando el número de bacterias alcanza los  $10^7/\text{cm}^2$  en la superficie de la carne, aunque todavía persisten algunas discrepancias sobre estas cifras en relación a la calidad para su aceptación. La alteración de la carne no se debe únicamente al número de microorganismos sino a los metabolitos producidos utilizando la carne como sustrato . Bailey et al. identificaron 179 compuestos volátiles provenientes de la carne, durante el almacenamiento en refrigeración de muestras inoculadas previamente con bacterias consideradas como contaminantes de la carne.



La temperatura es el factor extrínseco más importante que afecta al crecimiento de los microorganismos en la carne. Normalmente se clasifica a los microorganismos en función del rango de temperaturas de crecimiento como termófilos, mesofilos y psicofilos, dependiendo de su capacidad para crecer a temperaturas altas (45-64°C), medias (25-40°C) y bajas (10-30°C) respectivamente.

El rigor mortis es el cambio que tiene lugar en el musculo tras la muerte. Los cambios incluyen (a) el endurecimiento, agarrotamiento y acortamiento del musculo, (b) la pérdida de transparencia, (c) la pérdida de elasticidad, (d) y las articulaciones se vuelven rígidas e inamovibles. Estos cambios aparecen generalmente alrededor de las 10 horas tras la muerte, son pronunciados a las 24 horas y posteriormente van desapareciendo gradualmente. Empiezan en la cabeza y se van extendiendo a las extremidades y al resto del cuerpo. El desarrollo del rigor está influenciado por (a) la temperatura ambiente -una temperatura elevada adelanta su aparición y una baja la retarda- (b) el estado del animal antes de la muerte, (c) las reducciones del glucógeno muscular durante su vida.

El cambio más inmediato causado por el desangrado o la muerte es la pérdida del oxígeno transportado por la sangre circulante. Uno de los resultados es que deja de producirse adenosín trifosfato (ATP) y que el ATP que ya se encuentra presente en los músculos va disminuyendo gradualmente. Según van desapareciendo las dos proteínas musculares mayoritarias, la miosina y la actina, se unen formando la actomiosina, lo que da lugar a la contracción de los músculos y se convierten en firmes y extensibles (endurecimiento).



También debido a la bajada del ATP, se forma fosfato inorgánico, el cual estimula la ruptura del glucógeno para dar ácido láctico. La bajada del pH producida por este ácido provoca que las proteínas del músculo sean más vulnerables al ataque por parte de enzimas musculares, que se mantienen bajo control en vida. La ruptura de estas proteínas da lugar a un medio muy adecuado para el crecimiento de las bacterias.

El pH final de la carne está determinado por las reservas de glucógeno muscular que el animal tuviera antes del sacrificio. Tras la muerte, el músculo consume el glucógeno a través de la vía glicolítica anaeróbica para dar ácido láctico, bajando así el pH del músculo. Si las reservas de glucógeno del animal son consumidas antes del sacrificio, por ejemplo por estrés o ejercicio, no se producirá suficiente ácido láctico como para bajar el pH del músculo a su valor normal, alrededor de 5,6. Un pH elevado afecta a parámetros de la calidad de la carne como su apariencia, su capacidad de retención de agua, su ternura y el sabor a cocido. En el caso extremo, la carne adquiere una apariencia oscura, dura y reseca. A pHs por encima de 5,8, la calidad de conservación de la carne fresca refrigerada se ve afectada de forma negativa por el crecimiento microbiano debido a los bajos contenidos en glucosa y ácido láctico y al pH. Se han utilizado inyecciones de adrenalina antes del sacrificio para controlar el pH final.

Según baja la temperatura corporal, la grasa se solidifica. Finalmente la grasa se oxida, es decir, adquiere un cierto flavor a rancio ya que no hay sangre que produzca antioxidantes. Una de las propiedades más importantes de la carne es el color. Si no se protege el color durante su vida útil, aparecerá



un color marrón en la carne cruda y gris en la carne curada, como resultado de la oxidación. El principal pigmento de la carne cruda es la mioglobina. Este pigmento se deteriora a un color marrón debido a la formación de metamioglobina a través de la oxidación de la mioglobina, cuando se expone la carne a bajas concentraciones de oxígeno y se encuentran activas las enzimas. En este punto se dice que la carne ha perdido su «lozanía o bloom». Esta es la causa por la que la carne cruda de ternera envasada al vacío es purpura. El color rojo brillante es debido a la oxigenación de la mioglobina para dar oximioglobina en presencia de concentraciones elevadas de oxígeno, por ejemplo, mayores del 20%. La Tabla 6.3 resume los factores que afectan a la vida útil de la carne y los productos cárnicos.

**TABLA N° 6.3**  
**FACTORES QUE AFECTAN A LA VIDA ÚTIL.**

Factores intrínsecos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de animal, por ejemplo, porcino, bovino</li> <li>• Raza y régimen de alimentación</li> <li>• Edad del animal en el sacrificio</li> <li>• Microflora inicial</li> <li>• Propiedades químicas, índice de peróxidos, pH, acidez, potencial redox</li> <li>• Disponibilidad de oxígeno</li> </ul>
Factores extrínsecos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control y condiciones de procesado</li> <li>• Higiene, estado del personal y limpieza del equipo</li> <li>• Sistema de gestión de la calidad, tales como los procedimientos HACCP</li> <li>• Control de la temperatura</li> <li>• Sistema de envasado: materiales del equipamiento, gases</li> <li>• Tipos de almacenamiento</li> </ul>

Fuente: Frazier W, Westhoff D. Microbiología de alimentos 2000.




El efecto de la temperatura sobre la velocidad de descenso del pH, se refleja en la velocidad de producción de ácido láctico. Cassens y Newbold estudiaron los cambios a lo largo del tiempo en el pH y en las concentraciones de algunas de las fracciones de fosfatos en musculo de ternera almacenado a 1, 15 y 37°C tras el sacrificio. Se encontró un efecto de la temperatura en el metabolismo de una fracción del fosfato orgánico estable tanto a ácidos como álcalis. A 15°C el descenso del pH muscular, la creatina-fosfato y otras formas de fosfato sensibles a las condiciones acidas, tuvieron lugar de manera más lenta que a 37°C. Lesiak et al. estudiaron los efectos de la temperatura post-mortem (0, 12 y 30°C) y del tiempo en la capacidad de retención de agua de las pechugas de pavo deshuesadas en caliente y en el muslo. Encontraron que cuanto mayor era la temperatura y el tiempo de almacenamiento aparecían mayores pérdidas por goteo en la pechuga. Tiempos de almacenamiento más prolongados inducían mayores pérdidas por goteo, pero las menores perdidas ocurrían a 12°C en el muslo. Temperaturas más elevadas aumentaron el peso del sobrenadante en la pechuga pero lo disminuyeron en los muslos.

En el flavor global de la carne, influyen una gran variedad de sabores. En general, algunos de los factores que influyen en el flavor son la edad del animal, la raza, el sexo, el tipo de dieta y los nutrientes aportados al animal, las operaciones de procesado y los sistemas de cocinado. Aparte del flavor deseable, se desarrollan sabores anómalos u «off-flavors». La oxidación de los Lípidos parece ser el punto de mira en la lucha contra «off flavors» concretos descritos como de rancidez oxidativa, flavor a ternera alimentada con hierba y el flavor a cocido.



## **B. Manipulación de la carne tras el sacrificio**

### ***Condiciones del sacrificio***

Las condiciones o factores previos al sacrificio que afectan a la calidad de la carne son (a) órganos como el hígado y el riñón que pueden albergar microorganismos (el músculo de los animales sanos es generalmente estéril), (b) el estrés del animal durante el transporte, (c) la disponibilidad de alimento en el periodo previo al sacrificio y (d) características genéticas y fisiológicas.

La velocidad a la que transcurre la alteración microbiológica de la carne varía mucho, dependiendo de la contaminación microbiana inicial, la temperatura, el pH, la presencia de oxígeno, la presencia de nutrientes y la de sustancias inhibitoras que incluyen al dióxido de carbono. Las formas más comunes de alteración de la carne fresca transcurren lentamente y puede presentarse un crecimiento considerable de microorganismos sin que haya un detrimento de la calidad para el consumo de la carne. La alteración, cuando resulta aparente, adquiere la forma de un agriado o la producción de un limo superficial, que son fácilmente reconocidos por el consumidor de a pie antes de que la carne se vuelva en no apta para su consumo. Menos frecuentemente, las alteraciones toman forma de putrefacciones, produciendo olores desagradables y sabores asociados a la ruptura de sustancias nitrogenadas. Los factores más importantes en la manipulación de la carne fresca son la rapidez en el manipulado, el control de la temperatura y un buen estado higiénico. Las prácticas de sacrificio deberán minimizar, tanto la contaminación física como química de las canales. Smulders halló que un control integrado de la higiene (esto es, el Análisis de Peligros y



Control de Puntos Críticos, HACCP) a lo largo de la línea de producción de la carne puede ser la herramienta más efectiva de la que el productor dispone para aumentar el tiempo de conservación de estos productos.

Las carnes están sujetas a contaminación a partir de una gran variedad de fuentes del interior y del exterior del animal. Tales contaminaciones pueden tener lugar durante el sacrificio y procesado. El grado de contaminación microbiana de una canal recién desollada y la composición de la flora depende de la estructura técnica del matadero y de las condiciones higiénicas durante el procesado tras el sacrificio. Ismail et al. identificaron un total de 34 géneros de mohos, representados por 6 especies y una variedad, procedentes del aire, del agua, de las paredes y de los suelos de los mataderos. También mencionaron que los alrededores pueden constituir importantes fuentes de contaminación de canales de ternera por mohos. Ishikawa menciona cuatro factores principales: el material, las máquinas, los métodos y los trabajadores.

#### ***El material: el animal***

Las principales fuentes de la microflora son (a) la microflora habitual de la piel, tales como estafilococos, micrococos, pseudomonas, levaduras y mohos, (b) los microorganismos de origen fecal y telúrico y (c) los microorganismos presentes en los intestinos o en el pellejo o la lana del animal vivo. La importancia de estas fuentes depende de el estrés durante el transporte de los animales, la mezcla de animales en los mercados, una desinfección insuficiente de los vehículos de transporte y una infección cruzada durante periodos de transporte prolongados. En muchos casos, el duchado en el



momento de su llegada al matadero reduce la contaminación; sin embargo el lavado de las aves se considera normalmente como impracticable ya que es extremadamente difícil volver a secar a los animales.

***Maquinaria: equipamiento y utensilios***

El equipamiento, los utensilios y las instalaciones en el matadero (diseño, distribución, acabados interiores movimiento de materiales y operarios) deben estar adecuadamente diseñados deben haberse establecido unos procedimientos de limpieza y desinfección apropiados. El suelo y las paredes de las instalaciones del matadero deben ser lisas para permitir una limpieza y desinfección adecuada. La limpieza del proceso del sacrificio y el suelo de la cámara del matadero pueden emplearse con el fin de mejorar la calidad microbiológica de la carne. Se ha demostrado que las juntas y los cuchillos húmedos pueden ser fuente de contaminación interna de órganos así como del musculo. Los cuchillos, las protecciones de acero y los delantales del personal del matadero que maneja las canales de ternera antes del desollado también pueden ser una importante fuente de contaminación; el equipo de escaldado y pelado es, probablemente, el factor de mayor importancia en la contaminación de las canales de cerdo. Entre otras fuentes de contaminación cruzada se incluyen los guantes de protección, que con frecuencia se utilizan en las líneas de desollado y deshuesado, y las superficies de las mesas de trabajo en las que se lleva a cabo el despiezado de la canal. Deben realizarse procedimientos en los que se especifique los métodos de limpieza, calendarios y su frecuencia tanto para la estructura como para el equipamiento de la nave. La limpieza de las mesas de despiece y la



esterilización de los cuchillos para el deshuesado debe estar garantizada mediante un lavado con agua caliente (82°C). No deben de utilizarse las mesas de despiece durante más de 4 horas sin limpiarlas o cambiarlas.

***Método: matadero y procesado de la carne fresca***

El agua de escaldado contaminada con heces y suciedad es la principal fuente de contaminación bacteriana. El agua puede penetrar en los pulmones y las heridas de las varas, La inmersión de las canales en agua de escaldado a una temperatura próxima a 60°C eliminara los pelos de la epidermis del cerdo y podría reducir la contaminación bacteriana. Se ha propuesto el escaldado de las canales mediante vapor como una alternativa para evitar la recontaminación. Los pasos más peligrosos en la línea de desollado de los terneros son la retirada de los cuernos y la liberación de la piel que rodea las zonas inferiores de las patas y de la región esternal. En la carne fresca, la reducción de tamaño de la carne es un factor importante, por ejemplo, el picado o troceado, con el subsiguiente aumento en la superficie más la posibilidad de una contaminación microbiológica.

***Operarios: el personal del matadero***

Las fuentes más importantes de bacterias a partir del personal incluyen las cavidades nasales y orales, el tracto digestivo y la piel. Estas pueden reducirse mediante (a) lavado, limpieza regular y desinfección, (b) mejorando las condiciones de trabajo no higiénicas (c) bajas cargas bacterianas iniciales, (d) contratando solo a personal cuidadoso y cualificado, y (e) mediante una comisión de gestión para controlar la calidad y la seguridad.



### **Refrigeración**

El mantenimiento en refrigeración a temperaturas inferiores a 10°C es el procedimiento más sencillo para almacenar la carne. Para un almacenamiento prolongado, la temperatura debe estar tan cerca del punto de congelación como sea posible (esto es, -1,5°C) y la humedad relativa debe estar entre 85-95% para prevenir que la superficie se seque o se produzcan condensaciones. Los principales organismos que producen alteración durante el almacenamiento aeróbico a baja temperatura son las especies del género *Pseudomonas*, mientras que en el almacenamiento a vacío son las especies de *Lactobacillus* y las levaduras.

### **Estimulación eléctrica**

La estimulación eléctrica es el proceso por el que se hace pasar una corriente eléctrica a través del cuerpo o de la canal de animales recién sacrificados. En la estimulación eléctrica de la carne se aplica un gradiente de voltaje de 5-10 V/cm en forma de pulsos de corriente continua a través de electrodos colocados en los extremos contrarios de la columna vertebral. La estimulación eléctrica que aplica un voltaje bajo tan pronto como es posible tras el sacrificio, proporciona un efecto uniforme en la musculatura. Cuando se retrasa la estimulación unos 30-45 min, debe utilizarse un voltaje más alto. Respecto al tiempo necesario para alcanzar el pH 6,0, Carne mostro que este tiempo disminuye marcadamente al aumentar el voltaje hasta 250 V. En todas las frecuencias utilizadas en sus experimentos, un aumento en el voltaje empleado en la estimulación de 50 a 320 V aumento el pH más de un 60% durante un periodo de estimulación de 30 segundos. El aumento del voltaje también afecta a la terneza de las piernas y



lomos de cordero cocinados. Se ha sugerido que el aumento en la terneza se debió principalmente a que se evitaba el acortamiento por el frío.

El efecto de la estimulación eléctrica en la terneza depende en gran medida de la velocidad de enfriamiento posterior . A veces, las velocidades de enfriamiento muy lentas aceleran el ya elevado descenso del pH a tal punto que el tejido se endurece de manera importante. El uso de la estimulación eléctrica de bajo voltaje (40 V) y las velocidades normales de enfriamiento podrían proporcionar un ahorro máximo en la manipulación de las canales de vacuno clasificadas. Polidori et al. establecen que la mayoría de autores estaban de acuerdo en que los voltajes bajos son más prácticos que los voltajes elevados. Por razones de seguridad, un sistema de bajo voltaje es más atractivo para su aplicación comercial. En general, cuanto más bajo es el voltaje, menor es el peligro para el operario y los requerimientos legales para el protector de la canal y el equipo impuestos por las autoridades en materia de electricidad, son menores .

La elección de un periodo de estimulación efectivo para las canales de ternera o similares también depende de la prolongación del periodo post-mortem. Para periodos de hasta 20 minutos, se recomienda un tiempo de estimulación de 90 segundos, pero para tiempos más largos, hasta 60 minutos tras la muerte, el tiempo de estimulación debe de ser de 120 segundos. Un pH inicial más elevado implica la necesidad de un tiempo más largo para alcanzar un pH de 6,0.



La frecuencia del voltaje aplicado es un factor determinante importante. Los valores de pH fueron mayores a 40 y 75% cuando las frecuencias subieron de 10 a 20 pulsos/segundo a 50 y 100 pulsos/segundo. La frecuencia óptima para la mayoría de los músculos de ovino y las canales de ternera parece encontrarse entre 9-16 pulsos por segundo. Los periodos de estimulación más prolongados de unos 120 segundos con una frecuencia de 9-16 pulsos/segundo dieron un valor más elevado de pH en el caso de la ternera. La ventaja del uso de unas frecuencias de estimulación más bajas es un menor gasto de energía, lo que reduce el calentamiento en el lugar de contacto entre el electrodo y la musculatura. Por ejemplo, a 14,28 pulsos/segundo el gasto de energía es solo una séptima parte de lo que se consume a 100 pulsos/segundo.

Se observa un descenso en los recuentos de bacterias cuando se inoculan muestras de carne que sufren una estimulación en placas de Petri estériles, mediante una corriente de 21mA a 60 Hz y durante choques de 2 segundos de duración a lo largo de 4 minutos. También se observó una reducción en la resistencia térmica de las bacterias tras la estimulación eléctrica.

Palaniappan et al. revisaron las hipótesis relativas a los mecanismos mediante los cuales la estimulación eléctrica de la carne puede afectar a los microorganismos. Estos son:

- Una disminución en el valor de pH del musculo que retrase el crecimiento microbiano .
- La estimulación eléctrica afecta al metabolismo de las celulas bacterianas.



- La estimulación eléctrica inicia la liberación de algunas enzimas proteolíticas procedentes del tejido cárnico, lo que causa la muerte de las bacterias.
- Cambios en el potencial redox de la carne o la generación de radicales libres que da lugar a la disminución de bacterias.

A la estimulación eléctrica aplicada rápidamente tras el sacrificio, le sigue una caída rápida del pH mientras la temperatura del musculo todavía es elevada. Los cambios bioquímicos incluyen un aumento de la glicolisis como resultado de unas actividades aceleradas de la adenosina trifosfatasa y fosforilasa.

La estimulación eléctrica de un musculo pre-rigor ha sido objeto de un considerable interés como un sistema para aumentar la terneza o disminuir los efectos del acortamiento por el frío, Polidori et al. revisaron los efectos del uso de la estimulación eléctrica en canales de animales sobre las propiedades sensoriales de la carne. Los datos recogidos pueden resumirse de la siguiente manera:

- La temperatura del musculo puede caer y el pH se reduce de manera importante.
- La estimulación eléctrica acelera los cambios del rigor mediante la prevención de que la canal sufra el acortamiento por el frío, una de las principales causas de la dureza de la carne, debido a procesos de estiramiento y acortamiento o a la liberación de enzimas lisosomales.
- La estimulación eléctrica también tiene como resultado una mejora en el color de la carne, un mayor vetado y un realce en el flavor. La estimulación eléctrica acelera la




glicolisis a través de la disminución de la concentración de trifosfato de adenosina (ATP) y de otros fosfatos que aportan energía y mediante una caída rápida del pH con un incremento paralelo del lactato en el musculo y una caída en el glucógeno.

- La estimulación eléctrica mejora el desarrollo del flavor. Se ha establecido que el proceso de maduración acelerado aumenta la ternura y da lugar a compuestos químicos que pueden ser responsables del flavor de la carne madurada. La maduración de las canales tras el sacrificio durante 8-14 días a 0-4°C, para mejorar su ternura, se ha practicado a lo largo de mucho tiempo y todavía es un procedimiento de importancia en la obtención de carne tierna. Calkins et al. encontraron que las diferencias en la concentración de creatín-fosfato, nucleótidos de adenina y sus derivados eran responsables de las diferencias entre filetes de buey.
- La principal causa de la mejora de la ternura de la carne estimulada eléctricamente es debido a la prevención del acortamiento por el frío. Polidori et al. han revisado otros mecanismos.
- La aparición de un «heat ring» o anillos de temperatura puede disminuirse significativamente mediante el uso de la estimulación eléctrica. Los «heatring» aparecen debido a la diferente velocidad de refrigeración dentro del musculo de las costillas, que da lugar a diferencias en color y desarrollo del rigor entre las porciones externas e internas del musculo.

La seguridad ha sido de máxima importancia durante la puesta en práctica de la estimulación eléctrica en Nueva Zelanda,



Australia, Estados Unidos y Europa. En algunos casos, la presencia de riesgos ha evitado la aplicación comercial del proceso.

### **Descontaminación de carne y canales de aves**

En la industria cárnica se utilizan muchos tratamientos descontaminantes. Estos se pueden agrupar en químicos, físicos y combinaciones de los dos.

#### ***El lavado con agua caliente***

El lavado y el pelado se utilizan para eliminar la contaminación de las canales. Barkate et al. utilizaron un lavado con agua caliente a 95°C para aumentar la temperatura de la superficie de las canales de ternera hasta 82°C durante 10 segundos, lo que tiene como resultado la reducción del número de bacterias. Smith informa que es posible lograr más de 3 reducciones logarítmicas para *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas fragi* y *Listeria monocytogenes* en la superficie de tejidos de carne de vacuno mediante la aplicación de agua a 80°C durante 10 a 20 segundos. De modo similar, el lavado mediante pulverización con agua a 83,5°C durante 10 a 20 segundos tiene como resultado la reducción de 2,2 y 3 ciclos logarítmicos respectivamente en los recuentos bacterianos. Es posible una reducción de un 95% en el recuento de aerobios totales en placa en las medias canales de ternera mediante un lavado mediante pulverización a 75°C y 300 kPa.

El lavado mediante pulverización resultó más efectivo en la reducción de los recuentos bacterianos y la contaminación fecal visible cuando se aumentó la presión y la temperatura .



Kelly et al. hallaron que el número de bacterias en las canales de cordero disminuyó de 0,5 a 1 log/cm<sup>2</sup>, cuando la temperatura del agua pulverizada aumentó de 57 a 80°C.

### ***Tratamiento de la superficie con ácidos orgánicos***

El tratamiento de la superficie con ácidos orgánicos es una opción más realista para eliminar patógenos sin afectar de forma negativa a la calidad. Smulders ha revisado con detalle el tratamiento con ácidos. Los efectos antimicrobianos de los ácidos orgánicos están bien documentados. Muchos alimentos fermentados se conservan por la formación de ácido láctico. Además los ácidos también contribuyen al flavor, aparte de mantener la calidad.

La acción antimicrobiana de los ácidos depende de tres factores: pH, el grado de disociación y un efecto específico relacionado con las moléculas ácidas. Solo tienen lugar una inhibición efectiva del crecimiento cuando se haya presente la cantidad apropiada de la molécula sin disociar. Esta cantidad puede obtenerse bien adicionando más ácido o bien bajando el pH. Consecuentemente, la mayoría de los ácidos orgánicos son efectivos únicamente a un pH bajo, esto es 5,5. Sin embargo, en muchos casos un pH > 6 puede ser efectivo para algunos ácidos. Ingram et al. mencionaron que las diferentes actividades antimicrobianas (efecto específico) de varios ácidos orgánicos está relacionada con su capacidad para penetrar en la célula, con la parte de la célula atacada y con la naturaleza química del ataque. Por ejemplo, las moléculas heteropolares tienen actividad de superficie y, por ello, afectan a la superficie de la célula bacteriana y a su permeabilidad, de manera que la



parte Ligeramente lipófila penetra en la membrana celular. La entrada del ácido afecta a la biología de la célula.

**Eficacia de la descontaminación de la carne mediante ácidos:** los factores que influyen en la eficacia de los tratamientos con ácidos son (a) la naturaleza de la superficie de la carne y el grado inicial de contaminación, (b) la carga bacteriana inicial, (c) los tipos de ácidos utilizados, (d) la concentración y temperatura de los ácidos, (e) los tipos de microorganismos presentes en la superficie y (f) el tiempo de espera entre el sacrificio y la duración del tratamiento con ácidos.

El contenido en grasa de la carne afecta a la eficacia de su descontaminación. Es más fácil conseguir reducir el número de microorganismos en la ternera grasa que en la ternera magra. La principal causa de esto es que la capacidad tampón del tejido magro es muchas veces mayor que la del tejido graso, lo que permite una caída mucho más rápida del pH superficial. Prasai et al. sugirieron que tal vez los ácidos no sean capaces de llegar a un contacto adecuado con las bacterias firmemente adheridas a las grietas de la piel del cerdo. Un alto grado de contaminación en la superficie de la carne con materia orgánica y unas cantidades crecientes de la misma en los tanques de escaldado reducen la eficacia de los tratamientos ácidos por lo que se requiere mayores concentraciones de ácidos. Los niveles iniciales de contaminación bacteriana en la carne afectan de forma significativa al tratamiento variando el comportamiento entre las diferentes especies.



### ***Fosfatos, peróxido de hidrogeno y ozono***

Los fosfatos inorgánicos, el peróxido de hidrogeno y el ozono también son utilizados para la descontaminación de las canales de carne. El tratamiento con fosfato trisodico esta aceptado oficialmente y se lleva a cabo en los mataderos de aves. No produce efectos no deseados sobre las propiedades sensoriales que pudieran ser detectados por el consumidor. Se puede utilizar una solución alcalina al 10-12% .

La formación de radicales a través del peróxido de hidrogeno, producen danos a los ácidos nucleicos, las proteínas y los lípidos, proporcionando un efecto bactericida-bacteriostático. El uso del peróxido de hidrogeno para la descontaminación de las canales de aves ha sido de una efectividad mínima a una concentración de 0,5% (v/v) en agua. A estas concentraciones se observa un hinchamiento y blanqueamiento pasajero y una excesiva formación de espuma en el agua fría. Bolder lleo a la conclusión de que la aplicación de peróxido de hidrogeno para la descontaminación parece ser un método efectivo y seguro para controlar la proliferación de patógenos.

El agua ozonada también se utiliza para el lavado de las canales [107]. Sheldon y Brown [115] demostraron que el agua ozonada no producía defectos visuales ni sabores desagradables, pero la disminución de bacterias fue baja, esto es, menos de un ciclo logarítmico y sin un incremento de la vida útil. Gorman et al. mencionan que la pulverización de canales de vacuno con agua seguido de un tratamiento con pulverización de agua ozonada tiene como resultado una higienización bacteriológica efectiva.



### **Cloro y dióxido de cloro**

El cloro en agua es ampliamente utilizado en el procesado de alimentos para controlar el crecimiento de microorganismos. Su actividad bactericida disminuye en condiciones alcalinas y/o en presencia de altas cantidades de materia orgánica. Además, durante los tratamientos de los alimentos con cloro se forman productos de reacción potencialmente tóxicos/mutagénicos, incluyendo los trihalometanos.

El dióxido de cloro ha sido objeto de una gran atención debido a sus ventajas frente al cloro en agua. Es siete veces más potente que este en la destrucción de bacterias durante el procesado de las aves con agua fría, su actividad bactericida no se ve afectada por las condiciones alcalinas o por la presencia de cantidades elevadas de materia orgánica y es menos reactivo que el cloro en el agua a la hora de interaccionar con compuestos orgánicos como los ácidos grasos insaturados, sus esteres metílicos . y el triptófano y sus derivados. La Food and Drug Administration (FDA) permite un residuo de 3 ppm de dióxido de cloro para el control de las poblaciones microbianas en el agua utilizada en el procesado de aves.

### **Antibióticos**

Es posible mejorar el nivel higiénico mediante antibióticos. Los de uso más frecuente y los menos costosos son la clortetraciclina y la oxitetraciclina. Se ha llegado a la conclusión de que las aplicaciones más efectivas implicaban combinaciones de antibióticos. En muchos casos, la aplicación de antibióticos a las carnes se enfrenta a críticas y protestas. Muchos no están de acuerdo con la aplicación de antibióticos a



la carne como un método legal debido a que los antibióticos pueden producir reacciones tóxicas y alérgicas a los consumidores debido a la resistencia de las bacterias y a efectos acumulativos en el cuerpo humano. Por ello, deben mantenerse un control estricto en sus aplicaciones. (11), (22), (31), (33), (34), (38), (39), (42), (46), (50), (51), (55), (56).



## **CAPITULO VII: PREVENCIÓN DEL USO INCORRECTO DE LOS ALIMENTOS DESPUÉS DE LA ELABORACION**

### **1. Introducción**

Una vez los alimentos salen de las plantas de elaboración, con frecuencia entran en un laberinto complejo de almacenamiento, distribución, comercialización y sistemas de consumo. Esto es especialmente cierto por lo que se refiere a las mercaderías y a los productos en el comercio internacional. Los productos se almacenan en una gran variedad de tipos de almacenes, y se distribuyen por medios que varían desde las carretillas de mano hasta los aviones a reacción para el transporte de cargas. De modo parecido, los sistemas de comercialización amplían el espectro desde la venta callejera hasta los grandes supermercados de venta al por menor, a la venta por correo y al pedido directo por ordenador y video marketing. De modo parecido, la preparación puede implicar el servicio de abastecimiento de comidas, la alimentación institucional, la venta callejera y las cocinas caseras. Típicamente, el uso incorrecto (por ej., el tiempo-temperatura, la contaminación durante la manipulación) que puede ocurrir en cualquiera de estos sitios, cae fuera del control directo de los fabricantes, pero puede conducir a la enfermedad alimentaria o a la alteración. Los fabricantes deben tener en cuenta estas situaciones cuando realizan el análisis de los peligros e idean los sistemas de HACCP. Los directores de operaciones de transporte de alimentos, los almacenes, los mercados y los establecimientos del servicio de alimentación y las amas de casa deben conocer los posibles usos incorrectos (peligros) y las operaciones (puntos críticos de control) donde las medidas preventivas deben ser aplicadas y controladas para garantizar la inocuidad del producto. (Otros aspectos de uso incorrecto en relación con la venta al por menor, al servicio de alimentos y al uso casero, se describen en ICMSF, 1988).



## **A. Definiciones**

**Transporte.** Los alimentos son transportados desde el sitio de su producción, cosecha, sacrificio, o elaboración en camión, por ferrocarril, en barco o en avión y generalmente son transportados hasta los concesionarios en camión. En función de la formulación y del tratamiento pueden ser transportados y almacenados a temperaturas ambientales, refrigerados o congelados, dependiendo de su estado y del tratamiento aplicado. Además, las condiciones de almacenamiento refrigerado pueden ser ampliadas modificando la atmosfera que rodea a los alimentos en paquetes o a granel.

**Almacenes.** Los almacenes o depósitos son sitios donde se almacenan los alimentos hasta tanto no se reparten a los distribuidores, a los proveedores, a los mercados o a los establecimientos del servicio de alimentación. En estas instalaciones, las condiciones pueden ser ambientales, refrigeradas o congeladas.

**Mercados.** En los mercados, que incluyen las instalaciones al aire libre y las instalaciones cerradas, los pequeños almacenes de ultramarinos y los grandes supermercados, los alimentos son recibidos, almacenados y expuestos en su estado crudo o son envasados para la venta. En estas instalaciones, las carnes crudas, el pescado, las aves de corral y sus productos, y los quesos generalmente se trocean o se cortan en rodajas y se envasan; algunas carnes crudas se trituran (se pican). En los mercados más importantes, con frecuencia se preparan sopas, ensaladas, pate y una diversidad de platos cocidos y se exponen para la venta. El polio con frecuencia se fríe o se asa, la carne de vaca puede ser asada, y los panes y pasteles pueden ser horneados.

**Servicio de alimentación.** Los establecimientos del servicio de



alimentación o de hostelería preparan una diversidad de alimentos para distribuir o para el autoservicio de los clientes, para el servicio de mesas, o para llevar. Determinados productos o comidas pueden ser servidos en otros lugares (por ej., en líneas aéreas o en acontecimientos sociales). A veces se preparan alimentos en una cocina central y son transportados a instalaciones satélites para conservarlos y distribuirlos. Otras veces los alimentos se preparan y se distribuyen a los hogares de personas ancianas y enfermas. Los alimentos llegan a los establecimientos del servicio de alimentación crudos o preparados (por ej., refrigerados, deshidratados, tratados por el calor o congelados). La preparación complementaria, y por tanto los problemas microbiológicos, difiere en función del tipo de preparación y servicio (es decir, reunir-servir, cocinar-servir, cocinar-guardar caliente, cocinar-refrigerar) y de la duración de la conservación después de la preparación. Estos problemas se resumen al final de este capítulo y se tratan con mayor detalle en ICMFS (1988).

**En casa.** En general, los alimentos para consumo en las casas se compran en mercados y se guardan hasta que se preparan. La preparación es parecida a la de los establecimientos del servicio de alimentación, pero en menor escala y con frecuencia con material menos sofisticado desde el punto de vista técnico. Algunos de los problemas resultantes se tratan en ICMFS (1988). En los últimos años ha habido un aumento notable de las ventas de platos preparados, algunos de los cuales requieren una preparación mínima en casa y, con frecuencia, solamente calentamiento a temperaturas adecuadas para comerlos, en vez de calentamiento a fondo para cocerlos.

**Venta callejera.** Los alimentos también se pueden vender en las calles, en ferias, o en acontecimientos deportivos o culturales. Los alimentos que se venden en las calles, preparados en pequeña escala, son cosa corriente en los países no industrializados, especialmente en los centros



urbanos. Pueden ser preparados en el punto de venta o bajo techado y ser llevados al punto de venta en carros (Bryan, 1993).

**Operaciones.** En principio, siempre que se prepara alimento para consumo, las operaciones (tratamientos, métodos, procedimientos) y los problemas asociados y sus soluciones son parecidos, pero dependen del volumen de alimento y del tamaño y sofisticación del material utilizado. Por tanto, el texto que sigue tiene subtítulos correspondientes a las operaciones: compra, recepción, almacenamiento, preparación (manipulación de alimentos crudos), cocción, conservación de alimentos cocidos, manipulación de alimentos cocidos, enfriamiento, conservación en frío, recalentamiento, exposición y servicio, que son aplicables en un sentido general a cualquiera de los sitios definidos y siguen la corriente típica de los alimentos. Las operaciones y su orden varían por causa de los tipos de alimentos preparados y/o del sistema de servicio de alimentación utilizado.

**Manipulador de alimentos.** Toda persona que recolecta, elabora, prepara, almacena, cocina o sirve alimento, recibe la denominación de manipulador de alimentos.

### **B. Consideraciones importantes**

Los datos epidemiológicos demuestran que los alimentos implicados como vehículos de brotes de enfermedad alimentaria con frecuencia han sido manipulados incorrectamente y/o maltratados (es decir, utilizados incorrectamente) después de salir de la planta de elaboración y especialmente en los establecimientos del servicio de alimentación y en las casas particulares (Bryan, 1978, 1982, 1988). Sin embargo, algunos de los brotes más importantes (por ej., la salmonelosis por leche; Ryan *et al.*, 1987) que incluyen algunos con muchas muertes (por ej., listeriosis



por queso; Linnan *et al.*, 1988) han derivado de alimentos elaborados comercialmente en los que las operaciones en la planta fueron defectuosas. Además, algunos alimentos elaborados contienen patógenos que posteriormente se diseminan durante la manipulación, se multiplican cuando los alimentos se almacenan inadecuadamente o sobreviven si los alimentos son calentados insuficientemente (Bryan, 1974; Bryan *et al.*, 1979).

Los brotes de enfermedad alimentaria resultan de una secuencia de acontecimientos, que difieren un tanto en cada agente etiológico, pero que se inician con la contaminación del alimento con un agente infeccioso o toxigénico. En el caso de algunos patógenos que son sumamente infecciosos, por ejemplo en los virus y en determinadas bacterias (por ej., *Shigella*, *Escherichia coli* 0157:H7), la simple presencia del agente es considerada peligrosa. Sin embargo, en el caso de algunas bacterias toxigénicas e infecciosas, el alimento debe tener una composición determinada (por ej.,  $a_w$ , pH, nutrientes) y ser mantenido en un ambiente que permita la multiplicación del microorganismo contaminante hasta niveles que suponen una posibilidad importante de enfermedad. Después de este crecimiento microbiano, el alimento no debe mostrar signos suficientes de alteración de modo que un consumidor precavido lo rechazarla, y cualquier tratamiento subsiguiente no debe destruir el microorganismo o inactivar la toxina. La confirmación epidemiológica demuestra que los procedimientos defectuosos que se relacionan en la Tabla 7.1 son factores importantes que conducen a brotes de enfermedad alimentaria (Bryan, 1978,1988; Roberts, 1982; Todd, 1983; Davey, 1985).

Los exámenes de las pérdidas económicas resultantes de brotes de enfermedades alimentarias han demostrado que los costes totales de un solo brote de enfermedad con frecuencia se expresan en millones de dólares de los EE UU (CAST, 1994). Estas pérdidas son compartidas por



el fabricante y/o por el preparador, por las víctimas y sus familias, y por los organismos gubernamentales implicados en la investigación y en las actividades de control (Archer y Kvenberg, 1985; Todd, 1985; Garthright *et al.*, 1988; Roberts, 1989; Sockett, 1991). Los costes anuales estimados por caso vanan con la enfermedad bajo investigación y con el país. Por ejemplo, los costes estimados en los Estados Unidos son, por término medio, 1.000 \$ por caso de salmonelosis y más de 10.000 \$ por caso de listeriosis (Todd, 1989).

### **C. Métodos de preparación**

Los alimentos pueden ser transportados, almacenados, vendidos o servidos sin preparación alguna, o pueden ser tratados posteriormente durante la preparación con las finalidades de conservación, comodidad o presentación. En los capítulos anteriores se ofrecen detalles del tratamiento aplicado a varios alimentos.

## **2. Microflora inicial**

Los alimentos contienen microorganismos característicos de los ingredientes de los productos y de los tratamientos a los cuales han sido sometidos. La microflora existente en la superficie de los alimentos al concluir el tratamiento ha sido descrita anteriormente en cada producto incluido en este volumen. Las poblaciones microbianas existentes en los alimentos rara vez son estáticas, y cada una de las especies y la flora total aumentan o disminuyen después de que los alimentos salen de las plantas de tratamiento dependiendo del tipo de alimento, del tratamiento aplicado, y del modo con el que son manipulados, almacenados y calentados antes del consumo. El grado del cambio de la población microbiana depende de propiedades intrínsecas del alimento (por ej., el



pH, la  $a_w$ , el potencial de óxido-reducción), del grado hasta el cual el alimento está protegido de la contaminación subsiguiente, y de factores extrínsecos del ambiente (por ej., la temperatura) a los cuales el alimento está expuesto durante el transporte, durante el almacenamiento y durante la preparación.

#### **A. Alimentos crudos**

Los patógenos penetran en los ambientes de manipulación y tratamiento de los alimentos, en la superficie de los alimentos crudos y en sus líquidos asociados. Por ejemplo, los huevos han sido vehículos de salmonelas cuando se añaden crudos a la leche (ponche de huevo), cuando son revueltos ligeramente, y cuando se incorporan a mezclas para helados, a natillas, a mayonesa y a pasteles rellenos de nata. *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* son casi siempre contaminantes inevitables de la carne cruda (Capítulo 1) y de las aves de corral crudas (Capítulo 2). Los cereales (Capítulo 8), las hortalizas (Capítulo 5), y las especias (Capítulo 7) contienen con frecuencia poblaciones importantes de esporas bacterianas procedentes de la tierra. Las hortalizas que han sido abonadas con «contenido de las letrinas» pueden estar contaminadas con diversas bacterias entéricas, virus o parásitos y en cualquier caso pueden estar contaminadas con esporas bacterianas procedentes de la tierra. El pescado de agua salada, el marisco y los crustáceos, especialmente en las épocas del año más calurosas, pueden albergar *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *V. cholerae* no-01 (Capítulo 3). Además, pueden ser contaminados por *V. cholerae* 01, por virus parecidos al virus Norwalk y/o por el virus de la hepatitis A si han sido recolectados en aguas contaminadas con aguas residuales. La leche fresca puede contener campylobacterias, listerias, estafilococos, estreptococos, salmonelas u otros patógenos transmitidos



por la leche, por ejemplo, brucelas cuando no han sido erradicadas del animal. Estos microorganismos pueden sobrevivir si los alimentos que los albergan se sirven sin cocción o si se cuecen insuficiente mente, o pueden ser diseminados desde los productos crudos a otros alimentos durante la manipulación y preparación (por ej., por contaminación cruzada).

**TABLA N° 7.1**  
**PORCENTAJE DE LOS FACTORES QUE COADYUVAN EN LA**  
**APARICIÓN DE ENFERMEDAD ALIMENTARIA SEGÚN SE DEDUJO**  
**DE LOS DATOS DE VIGILANCIA NACIONAL.<sup>a,b</sup>**

<i>Factor</i>	<i>Total de EE. UU 1961-1982</i>	<i>Servicio de alimentos de EE UU 1973-1982</i>	<i>Hogares de EE UU 1973-1982</i>	<i>Total del RU</i>
Enfriamiento incorrecto	43,7	55,8	22,3	69,9
Tiempo de 12 o más horas entre preparación y consumo	22,6	30,8	12,8	31,6
Personas colonizadas que manipulan alimentos implicados	18,1	24,2	9,9	4,4
Incorporación de un alimento/ ingrediente crudo que después no se cuece	15,8	8,8	42,0	6,3
Tratamiento de cocción/enlatado/calor insuficiente	15,5	4,4	31,3	15,8
Conservación caliente incorrecta	13,3	16,2	3,2	5,2
Recalentamiento insuficiente	10,6	19,7	3,5	26,4
Obtención de alimentos de procedencias peligrosas	10,0	6,4	28,7	
Alimentos elaborados contaminados (origen no identificado)				16,6
Contaminación cruzada	5,4	4,7	3,2	6,4
Limpieza incorrecta de material y utensilios	5,4	5,8	0,3	

Uso de sobras	3,3	4,7	2,6	4,2
Descongelacion incorrecta/insuficiente	0,4	0,9		6,4
Recipientes/tuberías tóxicos	3,2	3,5	3,5	
Preparación de cantidades muy grandes				3,2
Aditivos intencionales	2,4	2,0	2,3	
Error de variedades comestibles	1,7	0,2	7,0	
Fermentaciones incorrectas	1,3		4,6	
Aditivos incidentales	1,3	1,4	0,9	
Otros factores	1,6	0,7	3,0	0,7

<sup>a</sup> Fuentes: Bryan, 1988 (1.918 brotes resumidos que se presentaron desde 1961 a 1982); Roberts, 1982, 1986 (1.479 brotes resumidos que se presentaron desde 1970 a 1982).

<sup>b</sup> El porcentaje excede de 100 porque los factores coadyuvan en brotes únicos.

#### **a. Alimentos tratados mediante calor**

También pueden existir esporas bacterianas en alimentos tratados convenientemente con calor (es decir, cocidos). Las bacterias patógenas termosensibles (por ej., *Salmonella*) pueden sobrevivir al tratamiento térmico insuficiente de los alimentos o hallarse presentes en los mismos si se produjo contaminación después del tratamiento.

### **3. Transporte**

#### **A. Efecto de la operación**

Durante el transporte, los alimentos pueden ser mantenidos a temperatura ambiente, de refrigeración o de la atmosfera que rodea a los alimentos refrigerados puede ser modificada o controlada con respecto a la composición del gas y/o a la humedad, modificando la atmosfera en los envases unitarios o controlando la atmosfera de los contenedores de transporte.




En tierra, los alimentos pueden ser transportados por carretera o por ferrocarril, a granel, apilados en bloques o en plataformas. Los vagones/coches del ferrocarril y los remolques por carretera pueden estar abiertos, cubiertos con un toldo impermeable o cerrados por completo. Los vagones o los remolques cerrados por completo pueden ser refrigerados mecánicamente o, más rara vez, criogénicamente. Los alimentos transportados por vía marítima pueden ser estibados a granel o apilados en bloques en bodegas de carga que pueden ser refrigeradas mecánicamente; o estibados a granel, apilados en bloques, o colocados sobre plataformas en contenedores que pueden ser refrigerados, mediante unidades refrigeradoras integrales o adaptables al contenedor o mediante conexión a un sistema de refrigeración del barco. La atmosfera del contenedor también puede ser controlada. Con frecuencia, los contenedores que se transportan por vía marítima son transportados después por carretera y/o por ferrocarril a los puntos de llenado y vaciado de tierra adentro y desde los mismos. Los alimentos transportados por flete aéreo pueden estar en contenedores aislados o con hielo, pero casi todos los alimentos fletados por aire están expuestos a las temperaturas ambientales de los compartimentos de carga del avión.

Las condiciones apropiadas para el transporte son las descritas en los capítulos anteriores para el almacenamiento de varios alimentos. En Frith (1991) se encontrara más información detallada, escrita de una manera clara, concisa y comprensible, sobre el transporte de alimentos perecederos, que incluye las condiciones que influyen en el producto alimenticio durante el almacenamiento, el material disponible, los sistemas de refrigeración, y una larga lista de alimentos como ejemplos.

Los alimentos secos transportados en vagones o remolques abiertos y cubiertos con un toldo pueden estar expuestos a la mojadura directa por



lluvia o por salpicadura. En estos medios de transporte, los alimentos pueden ser contaminados por tierra de los ambientes que atraviesan.

Los alimentos a granel pueden ser contaminados por material de cargas anteriores que quedo en el medio de transporte. Si se alterna el transporte de productos crudos y cocidos, es necesario el saneamiento riguroso del medio de transporte (por ej., en el caso de camiones cisterna que transporten leche pasteurizada y huevos líquidos crudos). Asimismo, es necesario un cuidado especial si en el mismo contenedor se alternan cargas de alimentos con cargas que no son de alimentos. Las diferencias de temperatura entre las superficies de los remolques, camiones, contenedores o compartimentos y las partes internas de las masas de alimento, se pueden traducir en el desplazamiento del agua y en la hidratación de las superficies de las masas de alimento seco, suficiente para permitir el crecimiento microbiano.

El apilado inadecuado del producto introducido en cajas o el desplazamiento de las cajas durante el transporte se puede traducir en que las tapas de las cajas, en vez de las partes laterales, sean sometidas al peso de las pilas. Esto puede conducir a que las pilas de cajas se derrumben, con daño al resto del embalaje que está destinado a proteger el alimento de la contaminación exterior. Todo humedecimiento de las cajas de cartón, por ejemplo, cargando medios de transporte con piso húmedo o por causa de la protección insuficiente contra la lluvia y la salpicadura, debilitara en gran manera las cajas y tendera a acelerar el derrumbamiento de las pilas de cajas.

Las capacidades de las unidades de refrigeración adaptadas a muchos remolques, vagones y contenedores, son limitadas. Las unidades están planeadas para mantener una envoltura de aire refrigerado en torno a la pila contenida, y para proteger a la pila contra las cargas de calor



externas, pero no están planeadas para reducir la temperatura del producto. De este modo, solo pueden ser garantizadas temperaturas adecuadas cuando el alimento está a la temperatura de transporte deseada, o por debajo de la misma, cuando es cargado. En la práctica, las unidades de refrigeración relativamente grandes que se utilizan en los vagones y contenedores son capaces de reducir la temperatura de las pilas, aunque transcurrirán varios días antes de que la temperatura del alimento que se encuentra en el centro de una pila se equilibre con la temperatura del aire refrigerado. Cuando la carga está equilibrada del todo, es probable que exista una diferencia de temperatura de 1 a 2°C entre el producto contiguo y el alejado de la unidad de refrigeración. Las unidades de refrigeración pequeñas de los remolques por carretera no pueden reducir de modo eficaz la temperatura del producto, de modo que es de esperar que el producto refrigerado en los centros de las pilas transportadas por carretera permanezca a su temperatura de carga desde el principio hasta el final de cualquier trayecto (Frith, 1991).

## **B. Alteración**

El humedecimiento de los alimentos secos y la exposición de los alimentos a temperaturas indebidamente elevadas probablemente son los factores principales que inician o aceleran la alteración de los alimentos que están siendo transportados. El humedecimiento de alimentos secos, que por otra parte están dotados de estabilidad de almacén debido a su baja actividad de agua, es probable que permita el crecimiento local de mohos. Aumentos posteriores del contenido de agua permitirán el crecimiento de bacterias.

La estabilidad de almacenamiento de los alimentos enlatados «comercialmente estériles» planeada para climas templados se puede perder si sus temperaturas se elevan hasta las que permiten la



germinación y crecimiento de las esporas termófilas supervivientes. Este uso incorrecto de la temperatura es posible durante el transporte, ya que el calentamiento radiante puede elevar la temperatura decenas de grados por encima de la temperatura ambiente en los remolques, en los vagones o en los contenedores cerrados no refrigerados. El transporte prolongado a temperaturas ambientales elevadas cuando existe una frecuencia elevada de luz solar puede conducir a la alteración de los alimentos enlatados por organismos esporógenos termófilos. Cuando se prevén estas circunstancias, el tratamiento térmico aplicado es mucho más intenso que el que se aplica a los alimentos enlatados de acidez baja, siendo el valor  $F_0$  para «conservas tropicales» del orden de 20.

Con el tiempo, los alimentos refrigerados no estériles serán alterados por el crecimiento de organismos psicrotrofos. Típicamente, a temperaturas en torno a  $0^{\circ}\text{C}$ , las tasas de crecimiento de las bacterias psicrotrofas de la alteración se duplican con un aumento de la temperatura de solo  $2-3^{\circ}\text{C}$ . Por esta razón, el hecho de no mantener las temperaturas óptimas de almacenamiento durante el transporte puede acelerar en gran manera la alteración de los alimentos refrigerados.

Los alimentos congelados son estables desde el punto de vista microbiológico si se mantienen a temperaturas apropiadas de congelación debido a la temperatura baja y a la baja actividad de agua asociada (HR, 1986). Puede existir crecimiento de levaduras y mohos si las temperaturas se elevan por encima de  $-8^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. Por lo general, la alteración de los alimentos congelados por levaduras y mohos es el resultado de la descongelación de la superficie cuando el crecimiento de las bacterias está precedido por la desecación de las superficies descongeladas. Puede existir alteración bacteriana si la descongelación de la superficie no va acompañada de desecación.



El hecho de cargar alimentos no envasados, o alimentos en envases porosos, en medios de transporte no limpios se puede traducir en que los alimentos sean contaminados por bacterias. La contaminación con bacterias esporógenas también puede ser consecuencia del hecho de no eliminar la suciedad de los medios de transporte que se cargan o del daño a los envases que protegen al alimento de la contaminación.

### **C. Patógenos**

Los cambios de la actividad de agua de los alimentos desecados hacia las que permiten el crecimiento de organismos de la alteración también pueden permitir el crecimiento de especies patógenas.

Los alimentos refrigerados pueden estar contaminados a la vez con patógenos psicrotrofos y mesófilos. Cuando las temperaturas se elevan, los tipos de patógenos que son capaces de crecer aumentan en número, y las tasas de crecimiento de las especies patógenas que son capaces de crecimiento lento a temperatura próxima a 0°C aumentan hasta el punto de ser competitivas con las bacterias psicrófilas de la alteración. Cualquier riesgo de patógenos aumentara con los aumentos de las temperaturas durante el transporte. El efecto de la  $a_w$  y de la temperatura sobre el crecimiento y supervivencia de las bacterias patógenas y de los hongos toxígenos está expuesto en forma de tabla en ICMSF(1996).

### **D. Control**

Los puntos de control de las operaciones de transporte son: la selección de los medios de transporte apropiados para el tipo de alimento; la limpieza de los medios de transporte; el apilamiento adecuado del producto para garantizar que las pilas no se derrumben o se desplacen



durante el transporte con el consiguiente daño a los envases protectores; el control de la duración del transporte; la organización de las operaciones de manejo de los alimentos en los puntos de transbordo durante un trayecto; y el control de las temperaturas del producto y cualquier modificación proyectada controlable de la atmosfera en el interior del medio de transporte.

El tipo de medio de transporte elegido debe proteger adecuadamente el producto contra la contaminación externa y el humedecimiento de los alimentos secos o de aquellos envases sensibles a la humedad como el cartón, el mantenimiento de la temperatura y la composición de la atmosfera. Las revisiones de los medios de transporte, con el fin de garantizar su integridad funcional y su limpieza apropiada entre cargas, deben ser una parte de rutina de la gestión de la operación de transporte.

Los tiempos que los alimentos permanecen en una operación de transporte no se deben prolongar indebidamente, especialmente en el caso de alimentos refrigerados cuya vida de almacén es limitada. Las costumbres que deben evitarse incluyen la carga anticipada de los medios de transporte en respuesta a las presiones de producción en vez de que se adapten al horario de transporte, de modo especial cargando producto inadecuadamente enfriado, y la carga retrasada porque no existe demanda inmediata del producto. Los tiempos de transporte también se pueden prolongar innecesariamente por planificación incorrecta de los puntos de transbordo.

Los alimentos a veces están expuestos a ambientes nocivos en los puntos de transbordo. Esta exposición debe ser mantenida a un mínimo inevitable porque el hecho de no gestionar adecuadamente el transbordo se puede traducir en un maltrato incorrecto manifiesto para el producto.



Por ejemplo, los alimentos refrigerados transbordados de un avión a otro pueden quedar expuestos a temperaturas ambientales elevadas y directamente a los rayos del sol sobre el alquitranado durante varias horas, a no ser que se hayan realizado adaptaciones para la manipulación adecuada o el almacenamiento del producto en el aeropuerto de tránsito.

Los malos tratos durante el transporte que producen daño visible inmediatamente o deterioro del producto y de los envases, con frecuencia conducirán al rechazo del alimento y a intentos para mejorar las operaciones de transporte. Sin embargo, el uso incorrecto de la temperatura puede no ser evidente, y puede persistir indefinidamente en una operación de transporte. En los alimentos refrigerados en particular, generalmente es asumido por aquellas personas que manipulan alimentos que, en cualquier transporte o instalación de almacenamiento, el alimento estará a la temperatura controlada del aire. De hecho, las temperaturas generalmente son las del aire que entra en el equipo de refrigeración o sale del mismo. La distribución desigual del aire refrigerado, se traduce inevitablemente en temperaturas más elevadas en algunas partes de cualquier medio de transporte refrigerado, mientras que la corriente de aire débil en algunas zonas se puede traducir en tiempos muy prolongados antes de que la temperatura del producto se equilibre con la del aire que le rodea (Frith, 1991). Evidentemente, gran parte del producto refrigerado se envía a temperaturas muy por encima de la temperatura óptima de almacenamiento, y no se enfriara durante el transporte, independientemente de la temperatura del aire refrigerado que entra en el medio de transporte. Por esta razón, quienes envían productos sensibles a la temperatura deben observar y controlar sus operaciones de almacenamiento para asegurarse de que los productos alcancen constantemente una temperatura que se aproxime a la óptima de almacenamiento antes de que sean cargados en el transporte. Este es un punto crítico de control. Se deben determinar por rutina las historias de las



temperaturas de los productos transportados, para permitir la identificación y corrección de los puntos débiles en la operación de transporte. A tal fin, son apropiados los registros de los datos de la temperatura electrónica que recogen las historias exactas de tiempo-temperatura, ya que los resultados permiten la identificación de los momentos de los incidentes de uso incorrecto de la temperatura, y por tanto del punto o puntos de la operación en los que fallo el control de la temperatura.

La supervisión de la temperatura es especialmente necesaria cuando alimentos que normalmente están refrigerados son transportados en medios de transporte no refrigerados. Estas costumbres pueden ser aceptables solo cuando el tiempo en tránsito es reducido hasta un máximo tolerable y el producto es colocado en una instalación refrigerada capaz de restablecer rápidamente una temperatura apropiada del producto.

Los medios de transporte en los que se controla la composición de la atmosfera deben estar provistos de aparatos de control apropiados, a fin de que se pueda identificar fácilmente que la atmosfera no se mantiene y se puedan tomar las medidas apropiadas con respecto a la posterior manipulación o al desecho del alimento.

#### **4. Almacenamiento y estiba**

##### **A. Efecto de la operación**

Las condiciones bajo las cuales son transportados los diversos alimentos (a temperatura ambiente, refrigerados, en atmosferas controladas y modificadas, en hielo o congelados) también son aplicadas



a los alimentos en almacenamiento, con la diferencia de que estas condiciones con frecuencia pueden ser controladas más fácilmente y con mayor exactitud que durante el transporte. La duración de la estiba es con frecuencia más prolongada y es considerada en detalle en Frith (1991).

*Con refrigeración insuficiente.* El almacenamiento seco es apropiado para alimentos que son estables porque: (i) han sido tratados con calor y han sido protegidos contra la recontaminación (esto es, enlatados, envasados); (ii) tienen una  $a_w$  baja ( $<0,7$ ); (iii) tienen un pH bajo ( $<4,0$ ); o (iv) han sido estabilizados por una combinación de estos factores. Las partidas almacenadas secas pueden estar sometidas a contaminación por perforación en la parte superior, por inundación, por vectores, por sustancias casi venenosas (por ej., pesticidas), por manipulación grosera, por los efectos perjudiciales de la humedad elevada, del calor y de la luz.

*Almacenamiento a temperatura baja.* Los alimentos crudos perecederos y muchos alimentos preparados poseen factores intrínsecos insuficientes para controlar el crecimiento de los microorganismos a temperatura ambiental. Se pueden refrigerar o congelar para evitar la multiplicación de microorganismos patógenos o de la alteración durante el transporte y el almacenamiento. En los frigoríficos domésticos y comerciales, así como en los utilizados para exponer alimentos, las temperaturas no son suficientemente frías para inhibir el crecimiento de todas las bacterias. Además, en los frigoríficos comerciales, la temperatura del aire fluctúa considerablemente cuando se depositan alimentos calientes y cuando se abren con frecuencia las puertas. Con la reducción de la temperatura, la actividad bacteriana disminuye, y el mantenimiento de la temperatura fría retarda el crecimiento bacteriano. Muchos microorganismos de la alteración son psicrotrofos, y algunas bacterias patógenas crecen lentamente a las temperaturas de frigorífico usadas corrientemente. Por tanto, para garantizar la inocuidad y la estabilidad microbiológicas de los



productos no estériles por aplicación de temperaturas bajas, en muchos alimentos es necesaria la congelación por debajo de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Los alimentos son estables desde el punto de vista microbiológico mientras permanecen congelados y a temperatura por debajo de  $-8^{\circ}\text{C}$ . Durante el almacenamiento en congelación, las poblaciones de microorganismos viables disminuyen en casi todos los alimentos pero, en función del tipo de sustrato y del tipo de microorganismos presentes, existe una variación considerable en la reducción de las poblaciones (véase también ICMSF, 1980, Capítulo 1, pags. 1-37). Sin embargo, algunos sobreviven y, por lo general, el almacenamiento en congelación prolonga la supervivencia comparado con el almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración de alimentos en los que no puede existir crecimiento. Si (por falta de energía eléctrica o por control incorrecto de la temperatura) un alimento congelado se descongela, las bacterias supervivientes se multiplicaran hasta un punto que depende de la naturaleza del alimento, de la microflora, de las temperaturas alcanzadas, y de la duración de estas temperaturas.

El pescado y el marisco con frecuencia se almacenan en hielo en los mercados y en los establecimientos del servicio de alimentación, pero es posible que otros alimentos perecederos también se almacenen de esta manera. Comparado con el almacenamiento refrigerado típico, este método mantiene temperaturas cercanas a las de la congelación y prolonga la vida comercial. Se impide la multiplicación de determinados microorganismos y la multiplicación de otros se retarda por las temperaturas bajas creadas por el contacto con el hielo.

*Almacenamiento en atmosfera controlada y modificada.* Los alimentos crudos de origen animal o vegetal en una bolsa cerrada respiraran y por tanto utilizaran oxígeno y producirán dióxido de carbono. La atmosfera

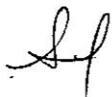


resultante es modificada por la composición normal del aire. La creación de un cierto vacío, la introducción de un gas y los materiales del envasado contribuyen a crear atmosferas modificadas. Estas atmosferas pueden inhibir el crecimiento de determinados microorganismos y prolongar la duración del almacenamiento. El termino atmosferas modificadas alude a las circunstancias en las que el porcentaje de varios gases se mantiene controlando la composición de las mezclas de gases, la temperatura y el tipo de envasado. Típicamente, los gases que se utilizan son el dióxido de carbono, el nitrógeno o asociaciones de uno de estos gases o de ambos con el oxígeno. Muy frecuentemente, las atmosferas modificadas y controladas crean condiciones en las que las bacterias aerobias Gram negativas son inhibidas y que evitan la alteración por bacterias y mohos que producen mucilago, pero en las que pueden prosperar bacterias anaerobias y anaerobias facultativas. En Oraikul y Stiles (1991), Parry (1993) y Farber y Dodds (1995), se ofrece información detallada.

### ***B. Alteración***

La estabilidad microbiana intrínseca de los alimentos con estabilidad comercial puede desaparecer cuando no se mantienen condiciones de almacenamiento apropiadas. Por ejemplo, normalmente los alimentos enlatados no son tratados suficientemente para destruir las esporas de las bacterias termófilas; estas esporas germinan y las células resultantes se multiplican si las latas se almacenan en zonas muy calientes de un almacén o en condiciones tropicales que acaban en la alteración.

La captación de humedad y la subsiguiente alteración por mohos es el peligro principal en los alimentos desecados. Por tanto, si la humedad relativa de las zonas de almacenamiento es elevada, existe condensación y absorción de humedad en los alimentos envasados inadecuadamente. Este es un problema particular en los trópicos húmedos. Las fluctuaciones



de temperatura que existen cuando los alimentos son trasladados desde exteriores fríos a zonas de almacenamiento calientes bajo techado y desde frigoríficos a zonas no refrigeradas, pueden permitir que se forme condensación sobre las superficies frías y ocasionar cambios en la  $a_w$ . Esto también puede suceder cuando las temperaturas frías de la noche aumentan a medida que el día se calienta. Algunas levaduras y algunos mohos crecen en niveles de humedad relativamente bajos.

Las bacterias psicrotrofas también pueden alterar los alimentos cuando están almacenados en frigoríficos. Algunos productos pasteurizados (por ej., jamones, leche) se deben mantener refrigerados; de lo contrario, las bacterias anaerobias y anaerobias facultativas que sobrevivieron a la pasteurización son capaces de multiplicarse. Algunos microorganismos psicrófilos son capaces de crecer por debajo de 0°C y ocasionalmente pueden alterar productos almacenados en congeladores. Durante el almacenamiento en congelación también se producen reacciones enzimáticas y oxidaciones químicas que, junto con el envasado inadecuado que se traduce en deshidratación local («quemadura por congelación»), son formas de alteración corrientes.

### **C. Patógenos**

La multiplicación de patógenos en los alimentos depende: (i) de las características intrínsecas del alimento (por ej., pH,  $a_w$ ); (ii) de la posibilidad de que los patógenos hayan sobrevivido al tratamiento o de que hayan llegado al alimento después; (iii) de la temperatura de almacenamiento; (iv) de la duración del almacenamiento; y (v) de la atmósfera que rodea al alimento. El almacenamiento de alimentos de  $a_w$  elevada a temperaturas ambientales calurosas favorece el crecimiento microbiano rápido y es peligroso. Un brote de botulismo, por ejemplo, se produjo por ensalada de col preparada con col hecha tiras envasada en



atmosfera modificada y dejada a temperatura ambiente durante varios días (Solomon *et al.*, 1990). En algunos alimentos, el crecimiento de *Staph. aureus* y la producción de enterotoxina puede ocurrir a valores de  $a_w$  superiores a 0,91.

La mayoría de las bacterias patógenas son incapaces de multiplicarse por debajo de aproximadamente 5°C, aunque *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *L. monocytogenes* y los tipos no proteolíticos B, E y F de *Clostridium botulinum* pueden hacerlo. La respuesta de las bacterias patógenas y de los hongos toxigénicos a la temperatura está expuesta en forma de tabla en ICMSF (1996). En los alimentos en los que la microflora natural ha sido destruida o inhibida durante el tratamiento, las bacterias supervivientes y las recién adquiridas pueden proliferar con competencia mínima. Los patógenos existentes en los alimentos antes de la congelación, todavía se hallan presentes después de la congelación, pero es posible que sus poblaciones sean reducidas.

#### **D. Control**

La formulación, el binomio tiempo-temperatura y, a veces, el control de la humedad son puntos de control en el transporte y en las operaciones de almacenamiento, especialmente cuando los patógenos constituyen una preocupación.

En el almacenamiento seco adecuado, la disposición de los alimentos almacenados debe permitir que el aire circule para reducir al mínimo la acumulación de humedad sobre el alimento y sobre las superficies de los paquetes. Los alimentos almacenados no deben estar expuestos a goteos de agua, de los sumideros o de las conducciones de aire acondicionado, o a la inundación de agua, al flujo de retorno de los



sumideros, o a otras fuentes de humedad. Los sacos de hortalizas se deben colocar en plataformas (preferentemente de 45 cm de altura) para permitir la circulación del aire y se deben almacenar de modo que la tierra y la suciedad asociadas con ellas no contamine otros alimentos. Las estanterías, las cajas individuales, las latas o los frascos deben estar por lo menos a 5 cm de las paredes y de otros productos almacenados. Los alimentos desecados (como la harina, el azúcar, la leche en polvo, los huevos desecados, el arroz o el coco) de los envases abiertos o dañados se deben almacenar en recipientes con tapas de cierre hermético. Las sustancias venenosas no se deben almacenar en el mismo local en el que se almacenan los alimentos. Las instalaciones de almacenamiento deben disponer de barreras físicas (como tela metálica en las ventanas y refuerzos metálicos o manguitos alrededor de los cables y en las entradas de las tuberías en las paredes exteriores) para roedores, pájaros e insectos.

Para prolongar la vida comercial, los alimentos crudos de origen animal se deben mantener refrigerados o congelados cuando es apropiado. El almacenamiento frío próximo a 0°C aumentara espectacularmente la vida comercial sobre aquellos que con frecuencia se especifican en los códigos de costumbre (es decir, 5 a 7°C) (véase Elliott y Michener, 1962). Por lo general, se recomienda que la temperatura de las unidades de almacenamiento congeladoras sea -18°C o inferior para las carnes, para las aves de corral y para algunos platos preparados congelados. Las temperaturas recomendadas para los mariscos, zumos y helados suelen ser más bajas (por ej., <-20°C), y para las frutas y hortalizas suele estar próxima a 0°C. En los productos comerciales, las temperaturas de los frigoríficos se deben controlar mediante termómetros, preferentemente de un tipo registrador o conectado a una esfera digital o a una alarma.



En el almacenamiento refrigerado correcto, son esenciales un amplio espacio de almacenamiento refrigerado y una capacidad de refrigeración adecuada. Para reducir al mínimo el crecimiento bacteriano durante el almacenamiento frío, se deben dar instrucciones para:

- mantener las temperaturas del frigorífico a 0°C o más bajas, preferentemente entre 1 y 4°C;
- leer las temperaturas del frigorífico al menos diariamente, preferentemente con mayor frecuencia;
- desescarchar los frigoríficos periódicamente, si esto no se hace automáticamente;
- dejar espacio (aproximadamente 5 cm) para la circulación de aire alrededor de cada producto;
- no apilar cacerolas encima de otras;
- evitar el amontonamiento excesivo;
- no dificultar la circulación de aire cubriendo las estanterías con papel o cartón;
- utilizar toldos durante la noche;
- llevar a cabo un sistema de «primero dentro, primero fuera».

El control del tiempo de almacenamiento es esencial para productos refrigerados, envasados al vacío en atmosfera modificada/atmosfera controlada. La temperatura baja prolonga la vida comercial pero con el tiempo las bacterias psicrotrofas anaerobias y facultativas se multiplicaran. Típicamente, las atmosferas modificadas son más eficaces cuanto más baja es la temperatura de almacenamiento.

El hielo se debe fabricar con agua potable. Cuando se utiliza para el almacenamiento frío, debe rodear los productos y el agua de descongelación se debe eliminar y se debe añadir hielo cuando sea necesario para mantener la temperatura próxima a 0°C. Los productos



crudos y cocidos no deben ser almacenados sobre o dentro del mismo lote de hielo ni por encima de productos cocidos a elevación más baja mientras estén en un expositor con hielo.

## **5. Preparación para el consumo**

### **A. Efecto de la operación**

*Descongelación.* Los alimentos congelados pueden ser descongelados por conducción de calor desde la superficie hacia el interior o por el calor generado en cada una de las moléculas de agua del alimento, lo mismo que durante el calentamiento por microondas.

Se recomienda la descongelación en frigoríficos o en dispositivos de descongelación rápida a temperaturas de 10°C o inferiores porque estas temperaturas reducen al mínimo el crecimiento microbiano, la pérdida de peso, y la decoloración (James *et al.*, 1977). Cuando los productos se mantienen en el frigorífico después de la descongelación, la degradación y el crecimiento bacteriano se retrasan pero, con el tiempo, las bacterias psicrotrofas se multiplican hasta los niveles de la alteración. La descongelación de los alimentos a temperatura ambiente aumenta la pérdida de peso, el cambio de color y, con el tiempo, la posibilidad del crecimiento de microorganismos, especialmente de psicrotrofos, tanto en las partes descongeladas como en el agua de descongelación.

El tiempo de descongelación se puede disminuir más exponiendo los productos a temperatura elevada como en el caso de la cocción. Este modo de descongelación suele ser satisfactorio para productos de tamaño pequeño como los palitos de pescado, las patatas para freír cortadas a la francesa, los bistecs, las hamburguesas, las comidas precocinadas, o los



envases pequeños de hortalizas. Sin embargo, no siempre es satisfactorio cuando se trata de productos de gran tamaño. Debido al tiempo de cocción aumentado, los pavos enteros congelados, por ejemplo, con frecuencia se cocinan durante un tiempo excesivamente corto para que alcancen temperaturas letales para bacterias vegetativas como las salmonelas. Varios brotes de salmonelas han resultado de pavos enteros congelados cocinados insuficientemente (Sanders *et al.*, 1963; Rogers *et al.*, 1967; Tucker *et al.*, 1968). Sin embargo, este problema puede ser evitado si, durante la cocción, se sigue la costumbre recomendada de controlar la temperatura interna del producto, en vez de fiarse de los tiempos de cocción aproximados.

La descongelación en agua es parecida a la descongelación en aire, excepto que la operación es más rápida. Sin embargo, existen problemas prácticos con el procedimiento. Las canales de tamaño grande o los envases de formato grande son difíciles de manipular. Se rompen porciones de los productos no envueltos y durante la descongelación se dispersan partículas. Los productos se mojan, lo que les hace vulnerables al crecimiento microbiano, y a veces adquieren un aspecto descolorido. Los microorganismos se concentran en el agua de descongelación de los productos no envueltos a no ser que el agua se cambie con una frecuencia considerable. La contaminación puede proceder de las superficies contaminadas por alimentos crudos, del agua que salpica o del agua de descongelación y de los aerosoles formados por el agua que entra al chocar con las superficies del producto o del agua que se utiliza para la descongelación.

La descongelación de alimentos congelados mediante microondas es más rápida que la descongelación por conducción, pero puede ser irregular a no ser que se adopten precauciones especiales y la descongelación sea realizada por personas con conocimiento de la



operación.

**Rehidratación.** Los alimentos desecados envasados convenientemente son estables al ataque microbiano hasta tanto no son reconstituidos. Con la adición de agua, la actividad de agua de los productos rehidratados es elevada hasta el nivel que sustentara de nuevo el crecimiento microbiano.

**Cocción.** La cocción es capaz de convertir a muchos alimentos en digestibles, de hacerlos apetitosos, los lleva a la temperatura agradable para comerlos, y mata o daña los virus, los parásitos o las formas vegetativas de las bacterias. Los microorganismos, sin embargo, pueden sobrevivir en función de la exposición al binomio tiempo-temperatura, de los tratamientos anteriores y de las características de los organismos contaminantes. Además, este tratamiento no conserva los alimentos, y puede volverlos más sensibles al crecimiento bacteriano permitiendo aumentos en las poblaciones de las bacterias patógenas o de la alteración o la producción de toxinas. La cocción puede destruir los microorganismos termosensibles a la vez que permite que sobrevivan las formas termorresistentes (que incluyen las esporas bacterianas), traduciéndose en una selección. Por ejemplo, las bacterias Gram negativas predominan en las canales crudas de las aves de corral, pero las esporas de *Bacillus subtilis*, las de *Cl. perfringens* y las de *Cl. bifermentans* predominaron después del calentamiento a temperaturas internas de 79°C o superiores (Patterson y Gibbs, 1973). En las partes que todavía están congeladas, en las masas espesas, y en las cavidades o en las capas aisladas por el relleno, las formas vegetativas de los patógenos sobreviven a las temperaturas de cocción que son excesivamente bajas o si el tiempo de cocción es insuficiente. Las respuestas de patógenos a las temperaturas de cocción están expresadas en formas de tabla en ICMSF (1996).



Cuando los alimentos se asan en hornos, puede parecer que las temperaturas de la superficie son suficientemente elevadas para ser letales para las formas vegetativas de las bacterias, pero existe deshidratación de las superficies y la disminución concomitante de la actividad de agua que prolonga la supervivencia (Goodfellow y Brown, 1978). La temperatura interna de las grandes masas de alimentos sigue aumentando después de retirarlos del horno durante un tiempo que varía desde unos pocos minutos hasta más de 30 minutos dependiendo de su volumen y de la temperatura de la unidad calentadora (Bryan y McKinley, 1974, 1979; Sawyer, 1985). Esto coadyuva en el efecto letal global de la cocción sobre los microorganismos.

La fritura en aceite, la ebullición en agua y el asado en parrilla calientan rápidamente las superficies. La cocción lenta puede ser eficaz para destruir microorganismos por los efectos acumulativos de la exposición al binomio tiempo-temperatura (Fruin y Guthertz, 1982). Que las partes internas de los alimentos cocidos por estos métodos alcancen temperaturas que serían letales para los patógenos, tiene que ver principalmente con:

- el espesor del alimento que está siendo cocido;
- que el alimento este congelado o no congelado;
- la temperatura del aceite o del agua, y
- la duración de la cocción.

Debido a las superficies calientes, el calor se sigue transmitiendo al interior de los alimentos durante un tiempo breve después de retirarlos de la fuente de calor.

Las microondas calientan los alimentos por activar las moléculas de agua que transmiten calor a los tejidos contiguos. El tiempo de cocción es



más corto que en los métodos convencionales. Durante la cocción con microondas, la distribución del calor es variable en los diferentes productos y en el interior de un mismo producto. Durante la cocción con microondas, a no ser que el producto este encerrado en alguna forma de envase (por ej., en una envoltura flexible), el aire que rodea al producto se diferencia poco del aire del ambiente del recinto del horno microondas. Esto, unido a la falta de contacto con el tejido y a la falta de evaporación, reduce al mínimo las probabilidades de que las superficies se calienten de otra manera que no sea por conducción a partir de las zonas internas del alimento. Estas circunstancias pueden permitir la supervivencia de microorganismos en las superficies y sus proximidades. Si bien ha habido una cantidad importante de investigación para determinar si hay algo insólito desde el punto de vista microbiológico con respecto al calentamiento de microondas, generalmente se ha llegado a la conclusión de que la inactivación bacteriana es solo una función de las relaciones convencionales de tiempo-temperatura.

*Conservación de alimentos cocidos.* A veces, los alimentos cocidos se conservan a la temperatura ambiente o a la temperatura del exterior antes de la venta o del consumo. Esto es típico de los alimentos que se venden en la calle, pero también se da en otros mercados y en establecimientos del servicio de alimentación (Bryan *et al*, 1982a,b). La duración de esta conservación se puede prolongar varias horas o toda la noche, tiempo durante el cual se pueden multiplicar poblaciones importantes de bacterias, que incluyen patógenas. Esta costumbre es potencialmente peligrosa en productos que sustentan el crecimiento de bacterias patógenas, y debe ser evitada.

A veces, los alimentos se mantienen calientes en mesas de vapor, en baños María, en armarios de aire caliente, o bajo lámparas de infrarrojos. Si el material se diseña o funciona incorrectamente, los



alimentos pueden permanecer durante periodos prolongados a temperaturas conducentes al crecimiento bacteriano (Bryan y Kilpatrick, 1971; Bryan, 1977; Bryan *et al.*, 1978; Bryan y McKinley, 1979). Estas costumbres son frecuentes en muchos mercados y cafeterías. Lo mismo que las unidades de refrigeración en los camiones, estos aparatos que mantienen el calor están planeados para mantener el alimento a una temperatura elevada, una vez que esta temperatura ha sido alcanzada. Los dispositivos que mantienen el calor no se deben utilizar como medios para elevar la temperatura de un alimento.

Las muestras de alimentos conservados a temperatura de 60°C o más en unidades de calentamiento, por lo general contienen cifras bajas de organismos aerobios o anaerobios mesofilos, cifras bajas de organismos indicadores, y no contienen *Salmonella*. Sin embargo, si la temperatura ha sido inferior a 50°C durante unas cuantas horas, las cifras de microorganismos pueden ser elevadas, y es posible que los patógenos se hayan multiplicado.

*Manipulación de alimentos cocidos.* Los alimentos cocidos están sometidos a la contaminación por las manos de los manipuladores de alimentos o por los utensilios y por el material cuando son cortados, cortados en rodajas, triturados, molidos o mezclados. Los paños de limpieza y las esponjas recogen microorganismos del material sucio y pueden transmitirlos a otras superficies que se limpian después. En estos materiales húmedos que contienen partículas de alimentos puede existir crecimiento bacteriano durante los intervalos intermedios. La presencia de organismos indicadores tales como coliformes, coliformes fecales, Enterobacteriaceae, *E. coli* o *S. aureus* en alimentos cocidos convenientemente, indica contaminación después de la cocción.

*Enfriamiento de alimentos cocidos.* Las temperaturas frías retardan el

crecimiento bacteriano. Enfriando rápidamente los alimentos por medio de intervalos de temperatura que son conducentes al crecimiento bacteriano, se ralentiza y se puede impedir la multiplicación. Los alimentos líquidos, como la leche o el caldo, se enfrían por convección, mientras que los alimentos sólidos, semisólidos, o viscosos se enfrían por conducción.

Los alimentos se enfriaran más rápidamente en frigoríficos que a temperatura ambiente, más rápidamente en congeladores que bajo refrigeración y, al principio, más rápidamente en baños de hielo que en frigoríficos o que en congeladores (Longree y White, 1955; Miller y Smull, 1955; Hodge, 1960; Bryan y McKinley, 1974; Bailey y Cox, 1976; Bryan y Bartleson, 1985). El enfriamiento a temperatura ambiente es lento debido a la pequeña diferencia de temperatura entre el alimento y el aire que le rodea. El enfriamiento refrigerado de grandes masas de alimento también es lento debido a la baja conductividad a través de la masa, incluso con una gran diferencia de temperatura entre el alimento y el aire refrigerado. El movimiento del aire alrededor de los alimentos disipa el calor más rápidamente que el aire en reposo (Bailey y Cox, 1976). Las velocidades del enfriamiento se aumentan agitando el alimento. El hecho de colocar los alimentos de modo que exista espacio alrededor de cada producto, el hecho de disponer de bastidores de tela metálica, y el uso de cacerolas en los frigoríficos, aumentan la circulación de aire (Moragne *et al.*, 1960; Newcomer *et al.*, 1962).

El tamaño y la forma del recipiente y el límite hasta el cual se llena (relación de la masa y de la superficie con respecto al volumen) influye sobremanera en los tiempos de enfriamiento. En una cacerola de poca profundidad, la temperatura interna de un volumen dado de alimento desciende más rápidamente de lo que lo hará en un recipiente grande y profundo. Por ejemplo, se tardó 24 horas para que una ensalada de polio colocada en una cacerola de 13,62 kg de capacidad (30 lb) se enfriase



desde 26,1°C hasta 8,3°C (la temperatura del frigorífico), mientras que se tardó solo 3 horas cuando se llenó hasta una altura de solo 10 cm en una cacerola de poca profundidad (Weiser *et al.*, 1954). *Staphylococcus aureus* creció en natillas que fueron almacenadas en cacerolas de 20 y 14 litros en refrigeración a 4,4°C, pero no creció en natillas almacenadas en cacerolas de poca profundidad (McDivitt y Hammer, 1958).

El hecho de tapar los recipientes impide el enfriamiento porque se forma una barrera de aire entre la tapa y la superficie del alimento (Bryan y Bartleson, 1985; Bryan *et al.*, 1990). Esta barrera se comporta como un aislante cuando el calor del alimento queda atrapado. Sin embargo, las tapas o cubiertas pueden ser necesarias tanto para reducir al mínimo la transferencia de humedad y de olor como para proteger los alimentos almacenados de la contaminación por arriba. En estos casos, la profundidad se debe reducir más para compensar.

Los recuentos bacterianos elevados en los alimentos cocidos enfriados suelen ser indicativos de crecimiento bacteriano y pueden reflejar métodos de enfriamiento incorrectos. Cuanto más corto es el tiempo que se tarda en enfriar a una temperatura por debajo del intervalo que permite el crecimiento microbiano, tanto menos probable es que las bacterias se multipliquen y, si lo hacen, las poblaciones son más reducidas. Algunos manipuladores de alimentos no saben que un volumen grande de alimento colocado en un frigorífico puede tardar varias horas en enfriarse, tiempo durante el cual puede existir crecimiento de bacterias mesófilas, que incluyen patógenas.

*Recalentamiento.* Con frecuencia, los alimentos cocidos refrigerados se vuelven a calentar para servirlos un día o dos después de la cocción. El recalentamiento se hace para llevar los alimentos a temperaturas agradables para consumirlos, o a temperaturas de conservación seguras



y/o a temperaturas letales para los microorganismos que produjeron esporas o que contaminaron los alimentos después de la cocción y se multiplicaron durante la conservación y/o el enfriamiento incorrectos.

### **B. Alteración**

*Descongelación.* Una vez los alimentos han sido descongelados, puede haber alteración si se mantienen durante varias horas a temperatura ambiente o en baños de agua o si se conservan durante varios días en frigoríficos.

*Rehidratación.* Los microorganismos existentes al principio en los productos desecados o los adquiridos del agua, de los envases o de los utensilios para mezclarlos, con el tiempo, se multiplican en los productos rehidratados. Puede resultar alteración a no ser que después de la rehidratación se utilice otro método de control del crecimiento microbiano (por ej., refrigeración).

*Conservación de alimentos cocidos.* Los alimentos cocidos rara vez son estériles y con frecuencia se contaminan de nuevo. El mantenimiento de las temperaturas en la escala del crecimiento microbiano conduce inevitablemente a la alteración. A temperaturas de conservación elevadas también puede haber alteración por organismos termófilos. Por ejemplo, en las máquinas de venta, los alimentos enlatados se mantienen a 66°C aproximadamente a fin de que estén a la temperatura apropiada para consumirlos. A esta temperatura, son capaces de crecer y alterar el producto termófilos como *Cl. thermosaccharolyticum* (Peterson et al., 1960).

*Enfriamiento de alimentos cocidos.* Las bacterias se multiplican mientras los alimentos se mantienen a temperatura ambiente o a temperaturas



calurosas del exterior y durante el enfriamiento lento en frigoríficos, y resulta alteración (por ej., formación de mucilago en las superficies de los alimentos, agriado, putrefacción o formación de moho). Si bien las temperaturas de refrigeración ralentizan el crecimiento microbiano, no impiden la alteración ya que algunos microorganismos psicrotrofos son capaces de multiplicarse a temperaturas por debajo de 0°C.

### **C. Patógenos**

*Descongelación.* Los patógenos transmitidos por alimentos existentes en las superficies de los alimentos se pueden multiplicar si los alimentos descongelados se dejan a temperatura ambiente o en un baño de agua durante varias horas. El líquido liberado de los alimentos crudos durante la descongelación es un origen importante de salmonelas, de campilobacterias y de otros varios microorganismos patógenos para el material, utensilios y manos de los operarios, y de aquí que desempeñe un papel importante en la contaminación cruzada (van Schothorst *et al.*, 1976). Las aguas de descongelación fueron con frecuencia el origen de campilobacterias en las cocinas de los hospitales, de los colegios y de los servicios comerciales de alimentación (Hutchinson *et al.*, 1983). Si los alimentos se descongelan de modo incompleto, se necesita más tiempo para inactivar los patógenos.

*Rehidratación.* En los productos desecados, con frecuencia existen esporas de *Bacillus cereus*-, estas germinan y las células resultantes se multiplican después de la rehidratación si los productos se mantienen dentro de un intervalo de temperatura conducente a su crecimiento. Esta circunstancia se ha dado en alimentos infantiles que han sido preparados y mantenidos sin refrigeración durante varias horas. La aparición reciente de cepas psicrotrofas de *B. cereus* indica que esto podría ocurrir aún bajo



*perfringens* crece abundantemente a 45°C, crece algo a 50°C, pero no crece en absoluto a 55°C (Smith, 1963; Rey *et al.*, 1975). En el pollo asado entero abierto conservado a 40°C,  $10^3$  células de *Salmonella typhimurium* aumentaron hasta  $10^7$  UFC/g en 4 horas y hasta  $10^8$  UFC/g en 8 horas. Después de 24 horas a 22°C, las salmonelas aumentaron hasta  $10^7$  UFC/G, pero a 4 o a 55°C ni crecieron ni murieron (Pivnick *et al.*, 1968).

Durante la conservación caliente, se observaron aumentos de las poblaciones microbianas a temperaturas por debajo de 50°C pero, transcurrido un tiempo, se observó una disminución de los niveles microbianos por encima de esta temperatura (Makukutu y Guthries, 1986).

*Escherichia coli*, *Staph. aureus*, *Cl. perfringens* y dos serotipos de *Salmonella*, inoculados en la superficie de trozos de carne asados al horno sobrevivieron a una temperatura interna de 60°C durante un tiempo de incluso 2 horas. Se supuso que la supervivencia fue debida al efecto refrigerante de la humedad que se evapora en la superficie del trozo de carne. *Escherichia coli* disminuyó  $10^6$  veces en 6 horas cuando los asados de carne de vaca eran conservados a 60°C. Una reducción equivalente tardó 12 horas a 54°C (Ockerman y Dowiercial, 1981).

*Clostridium botulinum* ha producido toxina botulínica que se tradujo en brotes de botulismo en casas particulares o en establecimientos del servicio de alimentación cuando se dejaron durante varias horas a temperatura ambiente patatas (Seals *et al.*, 1981), ajo picado (St. Fouis *et al.*, 1988), estofado y asado de pavo (MacDonald *et al.*, 1986; Sugiyama *et al.*, 1989). La conservación a temperaturas calientes se ha traducido en botulismo por cebollas (MacDonald *et al.*, 1985), y por empanadillas de carne preparadas comercialmente (MacDonald *et al.*, 1986).

*Manipulación de alimentos cocidos.* Los microorganismos patógenos



pueden proceder de manipuladores de alimentos que son portadores intestinales, nasales o cutáneos. Además de varios representantes patógenos de las Enterobacteriaceae, *Cl. perfringens* habita en el tracto intestinal de los seres humanos sanos. Con frecuencia, las personas son portadoras de *Staph. aureus* en sus ventanas nasales anteriores y sobre su piel, y con frecuencia este patógeno está relacionado con granos y con cortes y quemaduras infectados. Las personas que están infectadas con el virus de la hepatitis A, con virus parecidos al virus Norwalk, con shigelas, con salmonelas, con *E. coli* entero hemorrágico, o con otros patógenos entéricos, y no se lavan con eficacia sus manos después de la defecación, pueden transmitir estos microorganismos a los alimentos que ellos tocan.

Los alimentos crudos de origen animal son fuentes importantes de patógenos que contaminan los alimentos cocidos. Durante varias investigaciones de brotes de salmonelosis, las máquinas que los cortan en lonchas han sido implicadas en la difusión de salmonelas (Jordan *et al.*, 1973). Cuando se cortó en lonchas carne de cerdo inoculada con *Staph. aureus* en una máquina cortadora, se aislaron estafilococos hasta la 41ª loncha de varias carnes cocidas cortadas en la misma máquina cortadora (Gilbert, 1969). La carne de pavo cocida fue recontaminada prontamente por *C. jejuni* por contacto con una mesa en la que había sido manipulada la carne cruda de pavo (Acuff *et al.*, 1986). Este organismo sobrevivió al lavado manual de las mesas. Picadoras limpiadas incorrectamente después de haber sido utilizadas para productos de carne de cerdo han permitido que los quistes de *T. spiralis* contaminen carne picada de vaca y de cordero que posteriormente ha conducido a brotes de triquinosis.

*Enfriamiento de alimentos cocidos.* Las esporas de las bacterias patógenas germinan y las células vegetativas resultantes y los patógenos



bacterianos que contaminan los alimentos después de la cocción, se multiplican durante la conservación prolongada a temperatura ambiente o a temperatura del exterior o mientras se tienen en recipientes grandes durante el almacenamiento refrigerado. El enfriamiento incorrecto es el factor más frecuente que coopera en brotes de enfermedad alimentaria (Bryan, 1978; Roberts, 1982; Tabla 17,1). La conservación de alimentos cocidos a temperatura ambiente constituye un riesgo elevado, lo mismo que lo es el almacenamiento en frigoríficos de volúmenes grandes de alimentos calientes.

Algunos patógenos dejan de multiplicarse a 7°C o a temperaturas por debajo de esta, pero otros (por ej., los tipos no proteolíticos de *Cl. botulinum*, *Y. enterocolitica*, *A. hydrophila*, *L. monocytogenes*) son psicrotrofos y son capaces de crecer a temperaturas entre 7°C y 0°C. Por tanto, ya no se puede considerar que el almacenamiento refrigerado a 7°C especificado en muchas disposiciones sobre alimentos sea seguro para mantener los alimentos exentos de crecimiento bacteriano (Palumbo, 1986).

*Recalentamiento.* Las enterotoxinas elaboradas por *Staph. aureus* (Bergdoll, 1979, 1989) y la toxina emética producida por *B. cereus*, por *E. coli* y por otros varios patógenos entéricos son termoestables y no son inactivadas cuando los alimentos se calientan de nuevo.

#### **D. Control**

*Almacenamiento congelado.* El almacenamiento congelado para duraciones suficientes se traduce en la destrucción de los parásitos tanto en el pescado (Khalil, 1969; Healy y Juranek, 1979) como en la carne (Zimmermann *et al.*, 1985).



*Descongelación.* Los alimentos se deben descongelar en frigoríficos, en baños de agua o mediante calentamiento cuando es aplicable al producto. La descongelación en frigoríficos es preferible para la mayoría de los productos, en especial para los alimentos precocinados. La descongelación de alimentos crudos es un punto de control de la alteración y puede ser un punto crítico de control para patógenos en los alimentos cocidos cuando se realiza a temperaturas más elevadas que las de la refrigeración.

*Rehidratación.* Para la rehidratación se debe usar agua potable o agua hervida. Los alimentos rehidratados se deben consumir inmediatamente después de la rehidratación o se deben almacenar bajo refrigeración.

*Cocción.* En los alimentos húmedos, las temperaturas centrales que exceden de 70°C destruirán las formas vegetativas de las bacterias patógenas en segundos. Las temperaturas más bajas pueden ser eficaces si el tiempo de exposición se prolonga suficientemente. Para determinar la temperatura en las zonas del centro geométrico de los alimentos se debe usar un par termoeléctrico o un termómetro de tipo bayoneta, a no ser que la cocción se realice en hornos microondas en cuyo caso son necesarias determinaciones complementarias en las superficies o cerca de ellas. La cocción puede ser considerada un punto de control crítico para alimentos crudos que es probable que contengan formas vegetativas de patógenos (por ej., *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli* 0157:H7) pero no es un punto de control crítico para alimentos que contienen esporas bacterianas.

Existe poco peligro de contraer la mayoría de las enfermedades alimentarias por patógenos vegetativos si los alimentos se consumen inmediatamente después de su cocción completa debido al bajo nivel de células que es probable que sobrevivan. Sin embargo, a medida que aumenta el tiempo entre la cocción y el consumo, el control de la



temperatura en el intervalo es de interés creciente. Si los alimentos no pueden ser cocidos en el día que se sirven, deben ser enfriados rápidamente, si el enfriamiento es aplicable, y se deben volver a calentar completamente inmediatamente antes de servirlos.

*Conservación de alimentos cocidos.* La conservación caliente (>55°C) es un punto de control crítico que es capaz de inhibir la propagación de patógenos transmitidos por alimentos, sobre todo *Cl. perfringens* (Roberts, 1972; Bryan y McKinley, 1974). Con frecuencia se utilizan temperaturas más elevadas porque son óptimas para hacer agradable el consumo (Blaker *et al.*, 1961; Thomson y Johnson, 1963). Normalmente, los alimentos deben entrar en las unidades de conservación caliente a temperaturas más elevadas que las necesarias para la conservación, y el tiempo de conservación debe ser lo más corto que sea factible.

*Manipulación de alimentos cocidos.* Las personas que tienen diarrea, que están resfriadas, que tienen anginas, ictericia o lesiones infectadas, no deben manipular alimentos. Sin embargo, los microorganismos pueden ser eliminados por los manipuladores de alimentos aunque existan escasos signos o ninguno de enfermedad, por ejemplo durante el periodo de incubación de infecciones, en el caso de infecciones benignas o inaparentes, en los convalecientes y en los portadores asintomáticos. No se recomienda que las heces o la sangre de los manipuladores sean examinadas rutinariamente en cuanto a patógenos transmitidos por alimentos (OMS, 1989).

La contaminación de los alimentos cocidos se puede reducir al mínimo si los manipuladores de alimentos se lavan las manos concienzudamente después de manipular carne cruda, aves de corral y pescado y sus envolturas, después de ir al lavabo, después de toser o estornudar, y antes de manipular alimentos cocidos después de las



se alcanza la temperatura de refrigeración necesaria. Las lonchas, los trozos o las mezclas de alimentos se deben extender sobre una zona superficial de sección transversal lo más extensa factible de forma que en ninguna parte la profundidad no sea de más de 10 cm. Preferentemente, las profundidades deben ser aún más superficiales, de modo que en las zonas internas no existirá multiplicación importante de bacterias patógenas transmitidas por alimentos. En general, una temperatura de 10°C retardan el crecimiento de las bacterias psicrotrofas de la alteración aproximadamente un día; una temperatura de 7°C lo retardara 2-3 días; y una temperatura de 4°C lo retardara 1 semana aproximadamente. La mayoría de los patógenos mesófilos no crecen a temperaturas por debajo de 8-10°C; sin embargo, los patógenos psicrotrofos son capaces de crecer a temperaturas de refrigeración. *Cuando sea posible, se deben mantener temperaturas de almacenamiento.* Se debe fijar la vida comercial del producto de modo que el producto sea consumido antes de que exista crecimiento significativo de patógenos psicrotrofos clave.

*Recalentamiento.* El recalentamiento es un punto crítico de control para los alimentos refrigerados y cocidos si existe alguna duda acerca del tiempo de conservación después de la cocción o si el enfriamiento fue lento. Las temperaturas de 70°C o superiores, con exposiciones de menos de 1 minuto, deben inactivar los niveles de células bacterianas vegetativas que es probable que existan en los alimentos húmedos manipulados correctamente. De nuevo, estas temperaturas son insuficientes para inactivar las toxinas termoestables. Se ha demostrado que el recalentamiento periódico (por ej., cada 4-6 horas) es eficaz para prolongar la conservación sin peligro de los alimentos callejeros (Bryan, 1992a). (27), (28), (29), (46).



## V. REFERENCIALES

1. Alexander, M. **Introducción a la microbiología del suelo**. New York. John Wiley & Sons, Inc., 1961.
2. Allen, L. A. **The biochemistry of industrial microorganisms**. Chem. Ind. May 23, pp. 877-880. 1964.
3. American Public Health Association. **Métodos estándar para el examen de Agua y aguas residuales**. New York. 16th ed. 1985.
4. Avens, J. S., and B. F. Miller. **Cuantificación de bacterias en pieles de carcasas de aves de corral**. Poultry Sci. 49:1309-1315. 1970.
5. Baldock, J. D. **Seguimiento microbiológico de la planta alimenticia: métodos para evaluar Contaminación bacteriana en superficies**. J. Milk Food Technol. 37:361-368. 1975.
6. Bibek R., Arun B., . **Fundamentos de Microbiología de los alimentos**. México. Editorial McGrawHill Interamericana Editores S.A.. 4<sup>ta</sup> Ed.. (pp. 9-16). (2008).
7. Boddy, L. and Wimpenny, J.W.T., **Ecological concepts in food microbiology**. En: **Ecosystems: Microbes: Food**. Oxford. Blaclavell, Board, R.G., Jones, D., Kroll, R.G. and Pettipher, G.L., Editors. pp. 23S-38S. 1992.



8. Bryan, F. L. **Enfermedad transmitida por alimentos contaminados por aguas residuales.** J. Foc.1 Prot. 40:45-56. 1977.
9. Cannon, R. Y. **Poblaciones y tipos de microorganismos en el aire de plantas de la leche fluida.** J. Dairy Sci. 49:704-709. 1966.
10. Collins, V. G. **El entorno del agua dulce y su importancia en la industria.** J. Appl. Bacteriol. 27: 143-150. 1964.
11. Deak, T. and Beuchat, L.R., **Handbook of Food Spoilage Yeasts.** Fla,USA. Boca Raton, CRC Press. 1996.
12. Desrosier, N. W. **The technology of food preservation.** Rev. ed. AV1 Publishing Co., Inc., Westport, Conn. 1963.
13. Doyel M, ed. **Patógenos Bacterianos Transmitidos por Alimentos.** Marcel Dekker, Nueva York, 1989.
14. Doyle MP, Beuchat LR. **Microbiología de los alimentos.** Zaragoza- España. Ed. Acribia S.A. 2000.
15. Dubos, R., **Pasteur and Modern Science.** Washington. ASM Press. 1998.
16. **Ecología microbiana de los alimentos. Volume I.** Factores que afectan la vida y la muerte de los microorganismos. Academic Press, New York.



17. Frazier W, Westhoff D. **Microbiología de alimentos** Zaragoza- España. edit. Acribia S.A. 3ª ed., 2000.
18. Gainey, P. L., and T. H. Lord. . **Microbiología del agua y de las aguas residuales**. Englewood Cliffs, N.J. . Prentice-Hall, Inc. | 1952.
19. Green, K. M., and D. O. Cliver. .**Eliminación del virus de los efluentes del tanque séptico**. En Actas del simposio nacional sobre la eliminación de aguas residuales domésticas. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Mich. 1975.
20. Gregory, P. H. **La microbiología de la atmósfera**. New York. Interscience Publishers (Division of John Wiley & Sons, Inc.). 1961.
21. Gunsalus. I. C.. and R. Y. Stanier (eds.). **The bacteria**. Volume 2. New York. Metabolism. Academic Press, Inc., 1961.
22. Guthrie, R. K. (ed.). **Food sanitation**. AV1 Publishing Co., Inc., Westport, Conn. 1972.
23. Haasum, I. and Nielsen, P.V., **Ecophysiological characterization of common food-borne fungi in relation to pH and water activity under various atmospheric compositions**. *J. Applied Microbiol.* 84,451-460. 1998.
24. Hayes P. **Microbiología Moderna de los alimentos**. Zaragoza- España. Edit. Acribia S.A. 1993.



25. Heldman, D. R. 1974. **Factores que influyen en la contaminación atmosférica de los alimentos: una revisión.** ICMSF. 1980.
26. Holt IG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST, eds. **Manual de Bergey de Determinación Bacteriológica.** Baltimore. Williams & Wilkins. 9ª ed. 1994
27. ICMSF **Ecología microbiana de los Alimentos.** Productos alimenticios. Vol II. España. Editorial Acribia. (1980).
28. ICMSF. **Ecología microbiana de los Alimentos.** Factores que afectan la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Vol I. España. Editorial Acribia. (1980).
29. International Commission on Microbiological Specifications of Foods (ICMSF), **Microbiología de los Alimentos Vol 6. Ecología microbiana de los productos alimenticios.** Zaragoza, España. Editorial Acribia. 2001.
30. JAY, J.M. **Microbiología Moderna de los Alimentos.** Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 6º Edic. 1994.
31. Johnson, S.M., Parsons, E.Y., Stringer, S.C. et al. **Multixenic growth of microorganisms in food.** *Food Sci. Technol Today* 12, 53-56. 1998.
32. Kotula, A. W., and J. A. Kinner. **Microorganismos transmitidos por aire en plantas de procesamiento de pollos de engorde.** *Appl. Microbiol.* 12: 179-185. 1964.




33. LAMOTHE AR. **La Gnatostomiasis en México: un problema de salud pública.** Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología; 74(1):99-103. [Serie en línea] 2003.
  
34. Lansing M. Prescott, John P. Harley y Donald A. Klein. **Microbiología.** McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. 5° Edicion. 2004.
  
35. Lappin-Scott, H.M. and Costerton, J.W. (Editors), **Microbial Biofilms.** New York, Cambridge University Press. 1995.
  
36. Larkin, E. P. **La importancia para la salud pública de las infecciones virales de los animales alimentarios.** London. *In* B. C. Hobbs and J. H. B. Christian (eds.), The microbiological safety of foods. Academic Press, Inc. 1973.
  
37. M.R. ADAMS y M.O. Moss. . **Microbiología de los alimentos.** Zaragoza, España. Acribia. (pp. 7-21). (2005).
  
38. Man, C.D. and Jones, A. A. (Editors), **Shelf life Evaluation of Foods.** London, Blackie. 1994.
  
39. Marcellino, S.W. and Benson, D.R., **Scanning electron and light microscopic study of microbial succession on Bethlehem St. Nectaire cheese.** *Applied Environm. Microbiol.* 58,3448-3454. 1992.
  
40. Michael T., John M., Jack P. **Brock biología de los microorganismos,** 10 edic., Pearson Prentice Hall Madrid – ESPAÑA. 2010.




41. Miller, B. M., and W. Litsky. **Industrial microbiology**. New York. McGraw-Hill Book Company. 1976.
42. Molin, N., and A. Erichsen. **Microbial inhibitors in food**. Almquist and Wiksell, Stockholm. 1964.
43. Moreno B., **Microbiología de los alimentos**. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. Ed.II. 2003.
44. MOSSEL D.A.A., MORENO, B. Y STRUIJK C.B. **Microbiología de los alimentos**. Zaragoza, España: Acribia. . (pp. 15-77). 2006.
45. Moulton, F. R. (ed.). **Aerobiologia**. Washington, D.C. American Association for the Advancement of Science, 1942.
46. Naidu, A.S. (Editor). **Natural Food Antimicrobial Systems**. London, CRC Press UK. 2000.
47. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL .**Código Sanitario para los Animales Acuáticos**. [Serie en línea] 2009. [Citado: 2010 febrero 1º]. Disponible en: Patterson, J. T. **Evaluación microbiológica de superficies**. Food Technol. 6:63-72. 1971.
48. Pitt, J.I. and Hocking, A.D., **Fungi and Food Spoilage**. Andover, UK, Chapman & Hall, Blackie Academic & Professional. 1997.
49. QUIJADA J, LIMA DS C, AVDALOV N: **Enfermedades parasitarias por consumo de pescado. Incidencia en América Latina**. [Serie en línea] Infopesca Internacional; 24:17-23. 2010.



50. Rahman, M.S. (Editor), ***Handbook of Food Preservation***. New York, Marcel Dekker. Existe una traducción al español de la primera edición de esta obra, publicada en el 2003 por Editorial Acribia, Zaragoza. 1999.
  
51. Robins, M.M. and Wilson, P.D.G., **Food structure and microbial growth**. *Trends Food Sci. Technol.* 5, 289-293. 1994.
  
52. Rosenberg, E. (Editor), ***Microbial Ecology and Infections Disease***. Washington, ASM Press. 1999.
  
53. Samish, z., R. Etinger-Tulczynska, and M. Bick. **La microflora dentro del tejido de frutas y verduras**. *J. Food Sci.* 28:259-266. 1963.
  
54. Schultz, H. W. (ed.). **Food enzymes**. AV1 Publishing Co., Inc., Westport, Conn. 1960.
  
55. Sinell, H. J. . **Infeción alimentaria comunicada de un animal a otro**. London. In B. C. Hobbs and J. H. B. Christian (eds.), *La seguridad microbiológica de los alimentos*. Academic Press, Inc., 1973.
  
56. Sunga, F.C.A., D. R. Heldman, and T. I. Hendrick. **Características del aire Poblaciones de microorganismos en áreas de envasado de una planta lechera**. *Mich. Agr. Exp. Stn. Q. Bull.* 49. 1966.




57. Troller, J. A. **Saneamiento en el procesamiento de alimentos.** New York. Academic Press, Inc. 1983.
58. Vanderzant C, Splittstoesser DF, eds. **Compendio de métodos para el examen microbiológico de los alimentos.** Washington, DC. American Public Health Association. 3a ed. 1992.

**Webb sites de interés:**

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=5HbKW029CcvXzgK795jwDw&q=contaminacion+y+alteracion+de+alimentos+por+microorganismos&oq=contaminacion+y+alteracion+de+alimentos+por+microorganismos&gs\\_l=psyab.12...37800.43710.0.45168.13.13.0.0.0.156.1814.0j13.13.0....0...1c.1.64.psyab..0.0.0....0.IWTdzydBAZw#imgrc=SP1zSoom4AvHM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=5HbKW029CcvXzgK795jwDw&q=contaminacion+y+alteracion+de+alimentos+por+microorganismos&oq=contaminacion+y+alteracion+de+alimentos+por+microorganismos&gs_l=psyab.12...37800.43710.0.45168.13.13.0.0.0.156.1814.0j13.13.0....0...1c.1.64.psyab..0.0.0....0.IWTdzydBAZw#imgrc=SP1zSoom4AvHM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=V3LKWruBBYjazwKfmlD4Dg&q=alteraci%C3%B3n+de+los+alimentos&oq=alyteracion+de+los+alimentos&gs\\_l=psyab.1.0.0i13i30k1.227171.237544.0.239149.28.27.0.0.0.191.3450.0j22.22.0....0...1c.1.64.psyab..6.21.3294...0j0i67k1j0i24k1j0i10i24k1j0i13k1j0i8i13i30k1.0.iUhhUNDcnTw#imgrc=mpv-h2xclJed1M:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=V3LKWruBBYjazwKfmlD4Dg&q=alteraci%C3%B3n+de+los+alimentos&oq=alyteracion+de+los+alimentos&gs_l=psyab.1.0.0i13i30k1.227171.237544.0.239149.28.27.0.0.0.191.3450.0j22.22.0....0...1c.1.64.psyab..6.21.3294...0j0i67k1j0i24k1j0i10i24k1j0i13k1j0i8i13i30k1.0.iUhhUNDcnTw#imgrc=mpv-h2xclJed1M:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=jnfKwsvOM3pzigK4\\_b\\_IDg&q=MICROORGANISMOS++DE+IMPORTANCIA+EN+LOS+ALIMENTOS&oq=MICROORGANISMOS++DE+IMPORTANCIA+EN+LOS+ALIMENTOS&gs\\_l=psyab.12..0i8i30k1.92636.94637.0.99142.5.5.0.0.0.147.679.0j5.5.0....0...1c.1.64.psyab..0.1.145....0.s7PgxyvcY18#imgdii=Y\\_bDV26pRnuJcM:&imgrc=dFvhoDnNLyyCGM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=jnfKwsvOM3pzigK4_b_IDg&q=MICROORGANISMOS++DE+IMPORTANCIA+EN+LOS+ALIMENTOS&oq=MICROORGANISMOS++DE+IMPORTANCIA+EN+LOS+ALIMENTOS&gs_l=psyab.12..0i8i30k1.92636.94637.0.99142.5.5.0.0.0.147.679.0j5.5.0....0...1c.1.64.psyab..0.1.145....0.s7PgxyvcY18#imgdii=Y_bDV26pRnuJcM:&imgrc=dFvhoDnNLyyCGM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=8nfKWt2nPI\\_CzgLXmliQBg&q=fuentes+de+contaminaci%C3%B3n+de+los+alimentos&oq=CONTAMINACI%C3%93N+DE+LOS+ALIMENTOS+&gs\\_l=psyab.1.3.0i30k1i3j0i5i30k1j0i8i30k1i4j0i24k1.446223.446223.0.452609.1.1.0.0.0.153.153.0j1.1.0....0...1c.2.64.psyab..0.1.152....0.Qt8BBIOW5YE#imgrc=ci\\_mSQNJEQKHBM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbn=isch&sa=1&ei=8nfKWt2nPI_CzgLXmliQBg&q=fuentes+de+contaminaci%C3%B3n+de+los+alimentos&oq=CONTAMINACI%C3%93N+DE+LOS+ALIMENTOS+&gs_l=psyab.1.3.0i30k1i3j0i5i30k1j0i8i30k1i4j0i24k1.446223.446223.0.452609.1.1.0.0.0.153.153.0j1.1.0....0...1c.2.64.psyab..0.1.152....0.Qt8BBIOW5YE#imgrc=ci_mSQNJEQKHBM:)




[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=uHnKWvIHsHpzgK956QCg&q=alimentos+apto+para+el+consumo&oq=alimentos+apto+para+el+consumo&gs\\_l=psyab.12...816599.846351.0.848259.24.19.0.5.5.0.390.2922.0j17j0j2.19.0...0...1c.1.64.psyab..0.12.1249...0j0i67k1j0i30k1j0i5i30k1j0i8i30k1j0i24k1.0.nHe1S6EAD80#imgdii=c9iq4Inx\\_-OuKM:&imgrc=HrQAjZA5UBzfHM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=uHnKWvIHsHpzgK956QCg&q=alimentos+apto+para+el+consumo&oq=alimentos+apto+para+el+consumo&gs_l=psyab.12...816599.846351.0.848259.24.19.0.5.5.0.390.2922.0j17j0j2.19.0...0...1c.1.64.psyab..0.12.1249...0j0i67k1j0i30k1j0i5i30k1j0i8i30k1j0i24k1.0.nHe1S6EAD80#imgdii=c9iq4Inx_-OuKM:&imgrc=HrQAjZA5UBzfHM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=CX3KWqXINYv9zgK33LnQDQ&q=Clasificaci%C3%B3n+de+los+alimentos+por+la+facilidad+con+que+se+alteran+&oq=Clasificaci%C3%B3n+de+los+alimentos+por+la+facilidad+con+que+se+alteran+&gs\\_l=psyab.12...303293.309133.0.311683.6.5.0.0.0.0.161.564.0j4.4.0...0...1c.1j2.64.psy-ab..2.0.0...0.TPjELGkHRVE#imgrc=IX833h4\\_gz6KoM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=CX3KWqXINYv9zgK33LnQDQ&q=Clasificaci%C3%B3n+de+los+alimentos+por+la+facilidad+con+que+se+alteran+&oq=Clasificaci%C3%B3n+de+los+alimentos+por+la+facilidad+con+que+se+alteran+&gs_l=psyab.12...303293.309133.0.311683.6.5.0.0.0.0.161.564.0j4.4.0...0...1c.1j2.64.psy-ab..2.0.0...0.TPjELGkHRVE#imgrc=IX833h4_gz6KoM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=HJHkWpSRCIqWzwLTmafYDg&q=parametros+intrinsecos+en+la+PREVENCi%C3%93N+DE+LAS+ALTERACIONES+MICROBIANAS+DE+LOS+ALIMENTOS.&oq=parametros+intrinsecos+en+la+PREVENCi%C3%93N+DE+LAS+ALTERACIONES+MICROBIANAS+DE+LOS+ALIMENTOS.&gs\\_l=psyab.12...42808.77511.0.80349.30.30.0.0.0.0.272.4017.0j27j2.29.0...0...1c.1.64.psyab..1.0.0...0.P0ZbvSTksts#imgrc=ao8OmjxkRT0cTM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=HJHkWpSRCIqWzwLTmafYDg&q=parametros+intrinsecos+en+la+PREVENCi%C3%93N+DE+LAS+ALTERACIONES+MICROBIANAS+DE+LOS+ALIMENTOS.&oq=parametros+intrinsecos+en+la+PREVENCi%C3%93N+DE+LAS+ALTERACIONES+MICROBIANAS+DE+LOS+ALIMENTOS.&gs_l=psyab.12...42808.77511.0.80349.30.30.0.0.0.0.272.4017.0j27j2.29.0...0...1c.1.64.psyab..1.0.0...0.P0ZbvSTksts#imgrc=ao8OmjxkRT0cTM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=OYDKWtyAAYuyzwKi8Z3QCg&q=INTERACCIONES+MICROBIANAS+MICROBIANA+en+los+alimentos&oq=INTERACCIONES+MICROBIANAS+MICROBIANA+en+los+alimentos&gs\\_l=psyab.12...116932.127795.0.129693.19.19.0.0.0.0.134.2225.0j18.18.0...0...1c.64.psyab..1.0.0...0.f4yXlyW\\_Qlw#imgrc=o8RF1dyIpBafjM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=OYDKWtyAAYuyzwKi8Z3QCg&q=INTERACCIONES+MICROBIANAS+MICROBIANA+en+los+alimentos&oq=INTERACCIONES+MICROBIANAS+MICROBIANA+en+los+alimentos&gs_l=psyab.12...116932.127795.0.129693.19.19.0.0.0.0.134.2225.0j18.18.0...0...1c.64.psyab..1.0.0...0.f4yXlyW_Qlw#imgrc=o8RF1dyIpBafjM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=noLKWvDDHMKWzwLGrpywCg&q=PREVENCi%C3%93N+DEL+USO+INCORRECTO+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=PREVENCi%C3%93N+DEL+USO+INCORRECTO+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs\\_l=psyab.12...270434.270434.0.272273.1.1.0.0.0.0.139.139.0j1.1.0...0...1c.2.64.psyab..0.0.0...0.Sc1IrYEIAKw#imgdii=JtKcVT1mH06ZrM:&imgrc=IDx6bTjDbri5KM:](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=noLKWvDDHMKWzwLGrpywCg&q=PREVENCi%C3%93N+DEL+USO+INCORRECTO+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=PREVENCi%C3%93N+DEL+USO+INCORRECTO+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs_l=psyab.12...270434.270434.0.272273.1.1.0.0.0.0.139.139.0j1.1.0...0...1c.2.64.psyab..0.0.0...0.Sc1IrYEIAKw#imgdii=JtKcVT1mH06ZrM:&imgrc=IDx6bTjDbri5KM:)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=r4PKWwLsSYzwLx9a2wBQ&q=transporte+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=transporte+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs\\_l=psyab.12...178582.183543.0.185818.10.10.0.0.0.0.135.989.0j8.8](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=r4PKWwLsSYzwLx9a2wBQ&q=transporte+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=transporte+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs_l=psyab.12...178582.183543.0.185818.10.10.0.0.0.0.135.989.0j8.8)



.0...0...1c.1.64.psyab..2.0.0...0.vvJAeMnSwY4#imgdii=bdrvH1FNORQDnM:&imgrc=Z16  
uEwh2FHLUSM:

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=aoTKWpiaJovezwLu4DgDg&q=almacenamientoDE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=almacenamientoDE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs\\_l=psyab.12...159465.164178.0.169751.14.14.0.0.0.0.359.2126.0j13j0j1.14.0...0...1c.1.64.psyab..0.0.0...0.Afn9OhaDABU#imgrc=7PvA9JuZX8jpXM](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=aoTKWpiaJovezwLu4DgDg&q=almacenamientoDE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=almacenamientoDE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs_l=psyab.12...159465.164178.0.169751.14.14.0.0.0.0.359.2126.0j13j0j1.14.0...0...1c.1.64.psyab..0.0.0...0.Afn9OhaDABU#imgrc=7PvA9JuZX8jpXM)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=FYXKWqmvFo4zwKfiJGwDQ&q=preparacion+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=preparacion+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs\\_l=psyab.12...2176867.2181424.0.2188718.12.12.0.0.0.0.171.1473.0j11.11.0...0...1c.1.64.psy-ab..1.0.0...0.OgvPG-WVbX8#imgrc=tirmdozzrAlxpM](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=FYXKWqmvFo4zwKfiJGwDQ&q=preparacion+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&oq=preparacion+DE+LOS+ALIMENTOS+DESPU%C3%89S+DE+LA+ELABORACION&gs_l=psyab.12...2176867.2181424.0.2188718.12.12.0.0.0.0.171.1473.0j11.11.0...0...1c.1.64.psy-ab..1.0.0...0.OgvPG-WVbX8#imgrc=tirmdozzrAlxpM)

<https://www.google.com.pe/search?q=taxonomia+bacteriana++segun+bergey+pdf&sa=N&dcr=0&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwiS5cq59pnaAhVBtVMKHRP3Cag4ChCwBAhV&biw=1073&bih=723#imgrc=nYzeu2yjiYqnHM>

<https://www.google.com.pe/search?q=taxonomia+bacteriana++segun+bergey+pdf&sa=N&dcr=0&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwiS5cq59pnaAhVBtVMKHRP3Cag4ChCwBAhV&biw=1073&bih=723#imgrc=QXZ6Vr2YSxnMoM>

[https://www.google.com.pe/search?q=taxonomia+del+reino+fungi+pdf&dcr=0&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiW56af\\_5naAhVFoFMKHeMYAkYQ\\_AUICigB&biw=1073&bih=723#imgrc=Q0CcbinWhj1xxM](https://www.google.com.pe/search?q=taxonomia+del+reino+fungi+pdf&dcr=0&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiW56af_5naAhVFoFMKHeMYAkYQ_AUICigB&biw=1073&bih=723#imgrc=Q0CcbinWhj1xxM)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=z0zBWpS8L8L7zgLC1JDwDg&q=taxonomia+de+los+parasitos+pdf&oq=taxonomia+de+los+parasitos+pdf&gs\\_l=psyab.12..0i24k1.411231.417219.0.421611.16.16.0.0.0.0.166.2043.0j16.16.0...0...1c.1.64.psyab..0.4.557...0i7i30k1.0.gO8e4AjL564#imgrc=sgjTTf6cQSPf-M](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=z0zBWpS8L8L7zgLC1JDwDg&q=taxonomia+de+los+parasitos+pdf&oq=taxonomia+de+los+parasitos+pdf&gs_l=psyab.12..0i24k1.411231.417219.0.421611.16.16.0.0.0.0.166.2043.0j16.16.0...0...1c.1.64.psyab..0.4.557...0i7i30k1.0.gO8e4AjL564#imgrc=sgjTTf6cQSPf-M)

[https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=dk7BWtT9EYP5zgld2ajoDA&q=taxonomia+de+los+virus+pdf&oq=taxonomia+de+los+virus+pdf&gs\\_l=psyab.12..0i24k1.385940.390247.0.392058.6.6.0.0.0.0.144.773.0j6.6.0...0...1c.1.64.psyab..0.1.143...0.8j8UtNBTN5w#imgdii=cRH6q2NyN23epM:&imgrc=D7ZAJ03snqRd2M](https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1073&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=dk7BWtT9EYP5zgld2ajoDA&q=taxonomia+de+los+virus+pdf&oq=taxonomia+de+los+virus+pdf&gs_l=psyab.12..0i24k1.385940.390247.0.392058.6.6.0.0.0.0.144.773.0j6.6.0...0...1c.1.64.psyab..0.1.143...0.8j8UtNBTN5w#imgdii=cRH6q2NyN23epM:&imgrc=D7ZAJ03snqRd2M)



## VI. APÉNDICES

Figuras, que son el respaldo del texto.

### CAPITULO I

#### FIGURA N° 6.1

#### CONTAMINACION DE ALIMENTOS



*Sp*

*Sp*

FIGURA N° 6.2  
ALTERACION DE ALIMENTOS



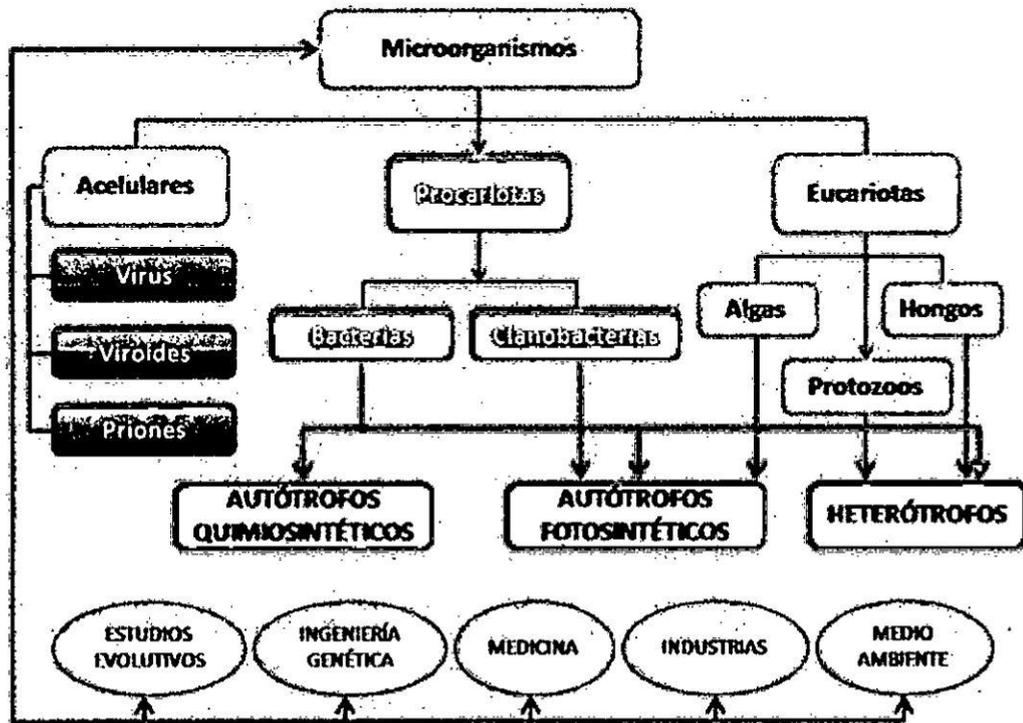
Los alimentos alterados suelen darnos pistas, porque sus características organolépticas: sabor, gusto, textura, olor..., normalmente se modifican.

SP

SP

CAPITULO II

FIGURA N° 6.3  
MICROORGANISMOS EN LOS ALIMENTOS



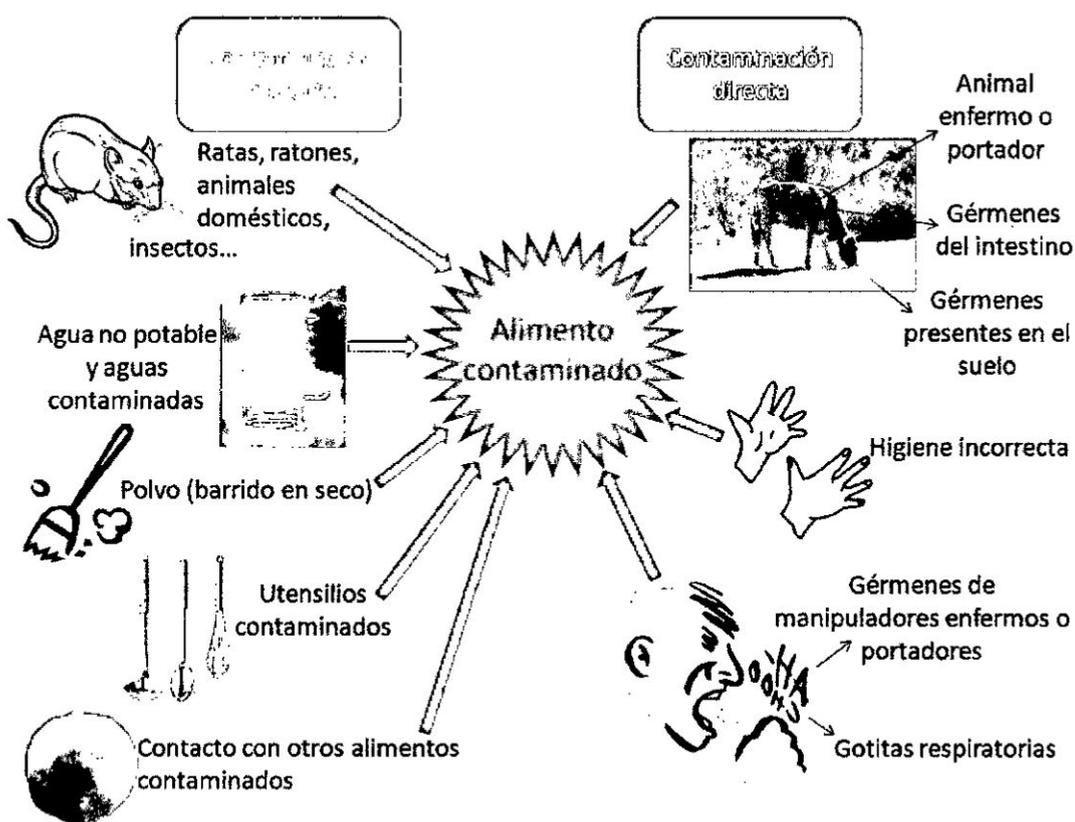
*Handwritten signature*

*Handwritten signature*

### CAPITULO III

#### FIGURA N° 6.4

### VÍAS DE CONTAMINACIÓN EN LOS ALIMENTOS



*Sl*

*J*

CAPITULO IV

FIGURA N° 6.5

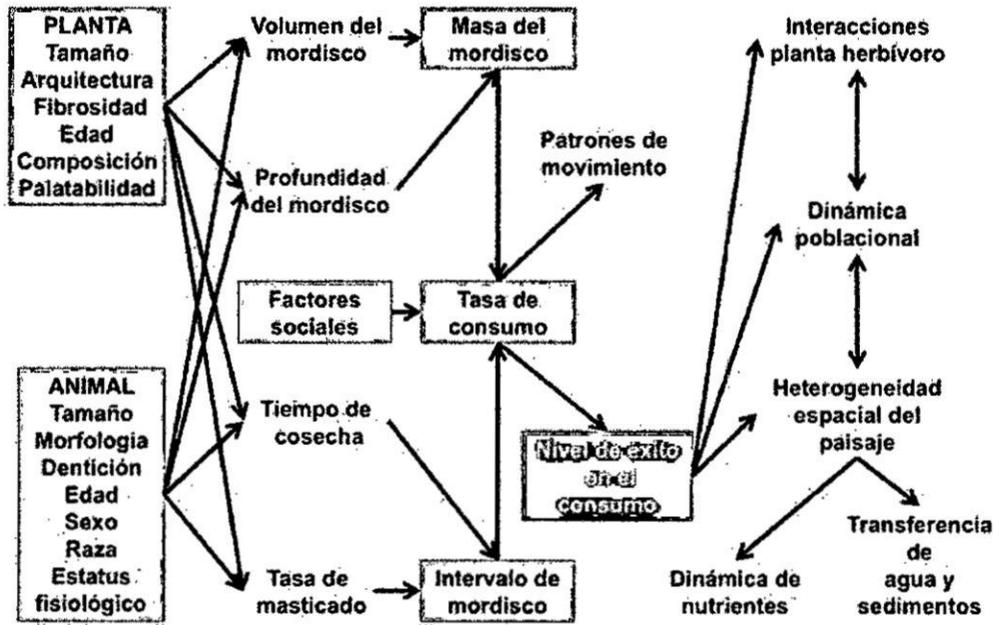
ALIMENTOS APTOS PARA SU EXPENDIO Y CONSUMO



*sf*

*SP*

**FIGURA N° 6.6**  
**EL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO DE ALIMENTOS Y NIVEL**  
**ECOSISTEMICO**

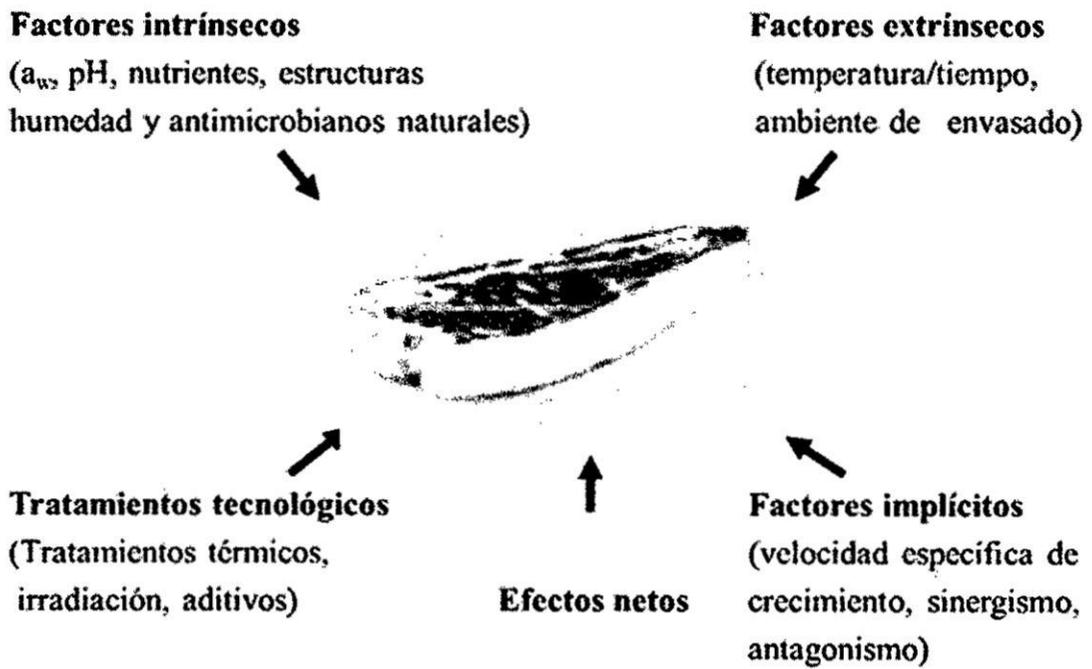


*SP*

*SP*

CAPITULO V

FIGURA N° 6.7  
FUNDAMENTOS DE LA PREVENCIÓN DE LAS ALTERACIONES  
MICROBIANAS DE LOS ALIMENTOS

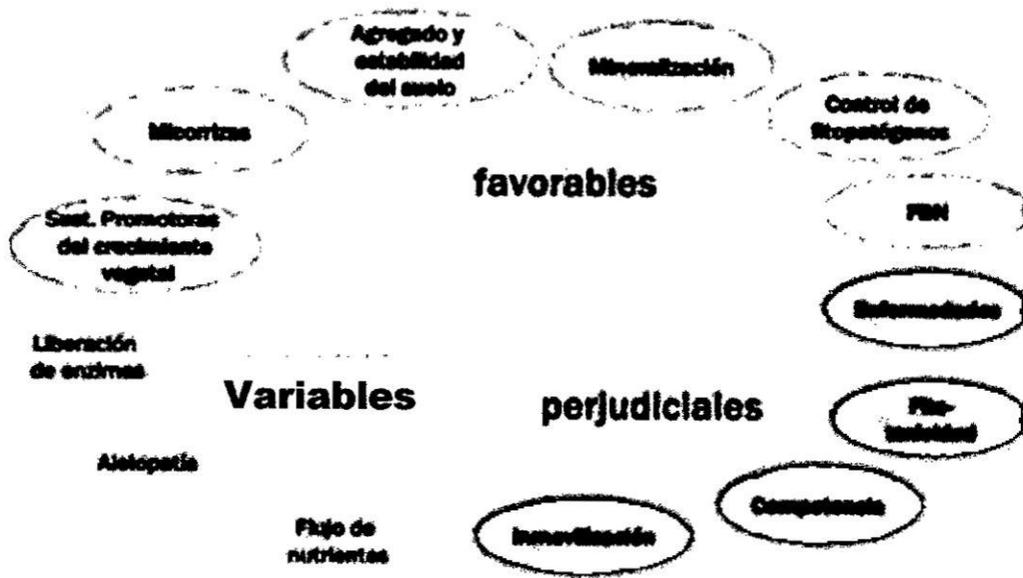


*AP*

*AP*

CAPITULO VI

FIGURA N° 6.8  
TIPOS DE INTERACCIONES ENTRE MICROORGANISMOS



**CAPITULO VII**

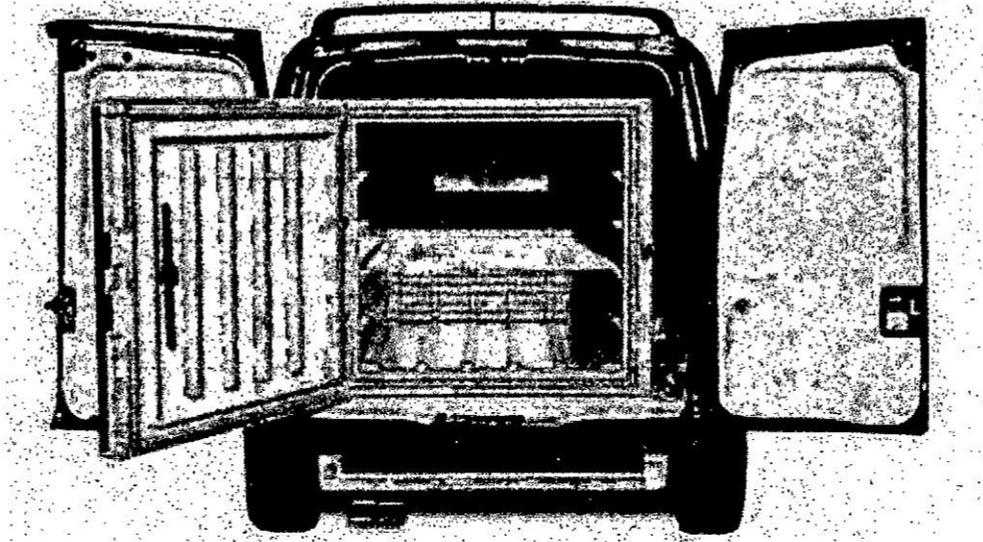
**FIGURA N° 6.9**  
**PREVENCIÓN DEL USO INCORRECTO DE LOS ALIMENTOS**  
**DESPUÉS DE LA ELABORACIÓN**



*LP*

*A*

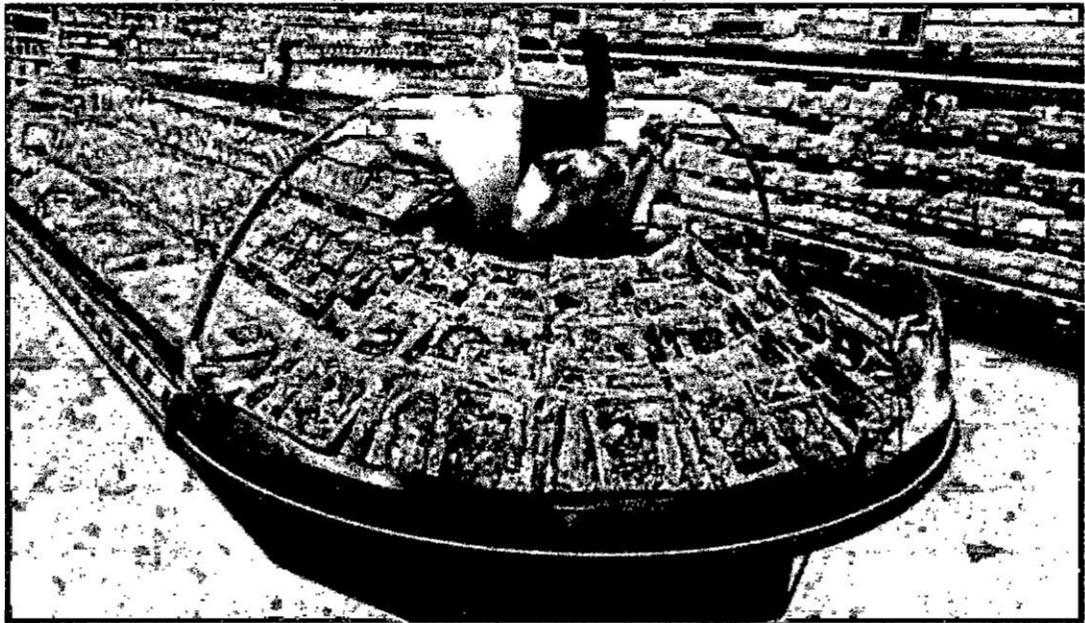
**FIGURA N° 6.10**  
**TRANSPORTE DE LOS ALIMENTOS DESPUÉS DE LA**  
**ELABORACION**



*AF*

*AF*

**FIGURA N° 6.11**  
**ALMACENAMIENTO DE LOS ALIMENTOS DESPUÉS DE LA**  
**ELABORACIÓN**



*Sl*

*A*

**FIGURA N° 6.12**  
**PREPARACIÓN PARA SU CONSUMO DE LOS ALIMENTOS DESPUÉS**  
**DE LA ELABORACION**



*SP*

*SP*

## VII. ANEXOS

Las tablas, gráficas Taxonomicas , fuentes de clasificación.

Comprende:

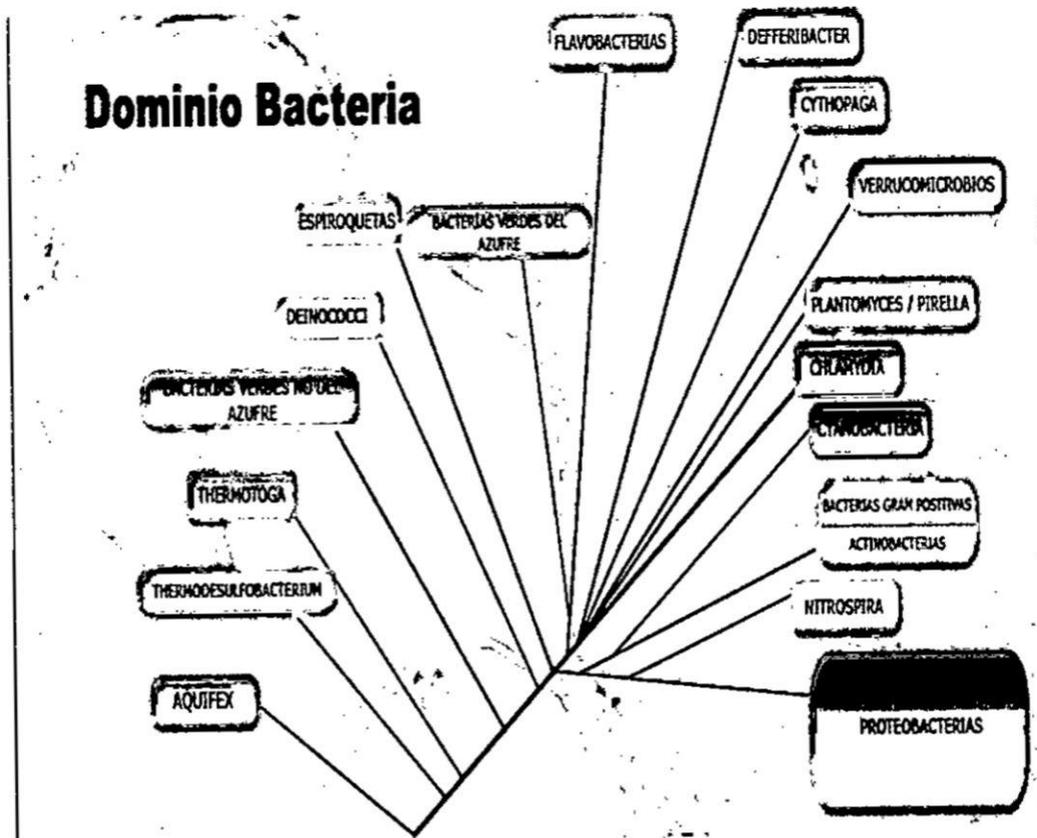
**El Bergey's Manual of Systematic Bacteriology** es un tratado que se ocupa de la clasificación, taxonomía e identificación de las bacterias. Se divide en cuatro volúmenes y las bacterias se distribuyen en secciones. Las distintas secciones se han constituido sobre la base de caracteres descriptivos morfológicos y metabólicos, por ejemplo: espiroquetas, cocos y bacilos aerobios gramnegativos, cocos grampositivos etc.

Las bacterias está situadas en el Manual Bergey en el reino **Procaryotae**, en el que se reconocen cuatro divisiones: **Gracillicutes** (procariotas con pared celular gramnegativa), **Firmicutes** (procariotas con pared grampositiva), **Tenericutes** (sin pared celular) y **Mendosicutes** (procariotas filogenéticamente anteriores a las divisiones anteriores, como las Arqueobacterias y otras). (26).

**La clasificación de Baltimore** En este sistema de clasificación los virus están agrupados en grupos dependiendo de su tipo de genoma (ADN, ARN, monocatenario o bicatenario etc.) y en su método de replicación. Clasificar los virus según su genoma implica que los que quedan encuadrados en la misma categoría se comportarán básicamente de la misma manera, lo cual facilita las investigaciones. (26).



FIGURA N° 7.2  
 MANUAL BERGEY EN EL REINO PROCARYOTAE  
 DOMINIO BACTERIA



Fuente: Holt IG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT., Manual de Bergey 1994

Al

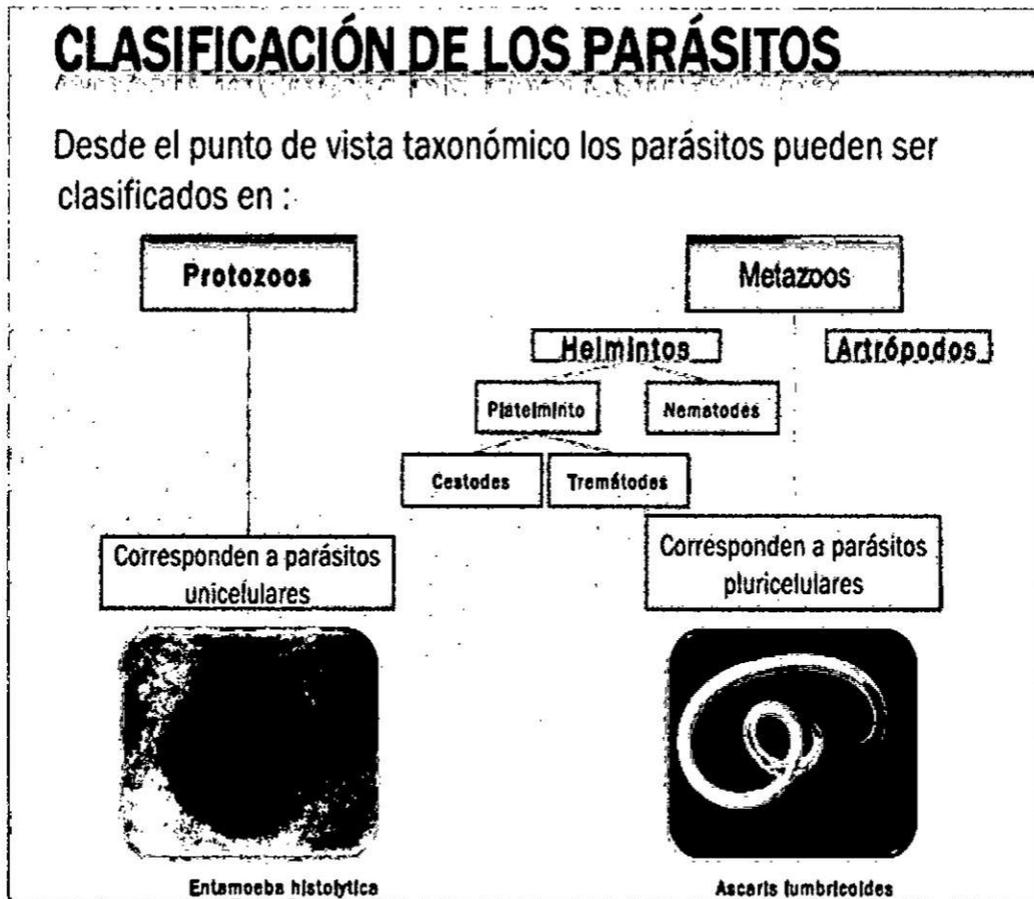
A

**FIGURA N° 7.3**  
**MANUAL BERGEY EN EL REINO EUCARYOTAE**  
**REINO FUNGI**

REINO	DIVISIÓN	SUBDIVISIÓN	CLASE	ORDEN
Fungi	Eumycota	Basidiomycotina	Hymenomycetes	Agaricales
				Aphylophorales
				Tremellales
			Gasteromycetes	Hymenogasterales
				Lycoperdales
				Nidulariales
				Phallales
				Podaxales
				Tulostomatales
		Ascomycotina	Dyscomycetes	Heliotales
				Pezizales
				Tuberales
			Pyrenomycetes	Cordyceps
				Hypomyces
				Podostroma
Xylaria				
Daldinia				

Fuente: Holt IG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT., Manual de Bergey 1994

**FIGURA N° 7.1**  
**MANUAL BERGEY EN EL REINO EUCARYOTAE**  
**DOMINIO PARASITOS**

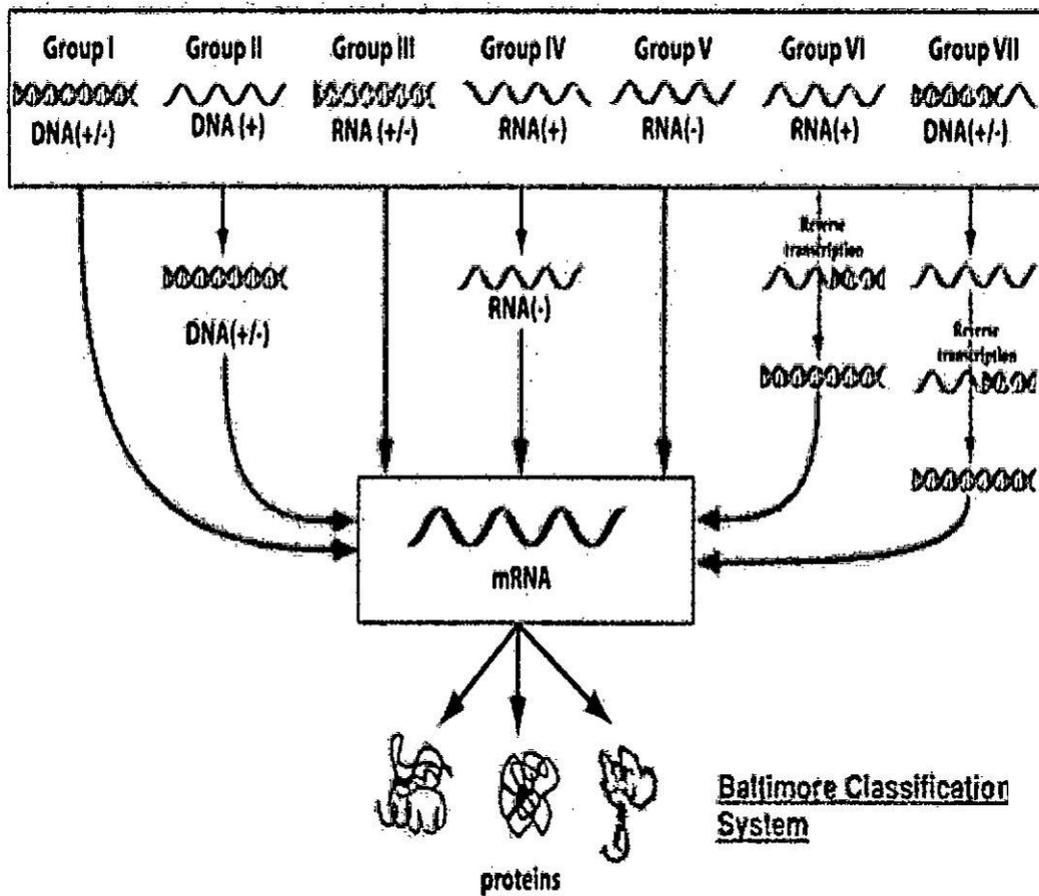


Fuente: Holt IG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT., Manual de Bergey 1994

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*

**FIGURA N° 7.1**  
**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE VIRUS - BALTIMORE**  
**MATERIAL GENÉTICO PRESENTE EN EL VIRIÓN**



Fuente: Baltimore. Williams & Wilkins. 1994

*Sf*

*Q*