

GUÍA PRÁCTICA DE MICROBIOLOGÍA EN AGUA Y ALIMENTOS



Dr. Santiago Pablo Baggini

Guía práctica de microbiología en agua y alimentos

Guía práctica de microbiología en agua y alimentos

Dr Santiago Pablo Baggini

Índice de contenido

Portadilla

Legales

Capítulo I: Generalidades del mundo microbiano

1.1 Consideraciones previas y objetivos del Libro

1.2. Conceptos sobre microbiología

1.2.1. Las bacterias

1.2.2. Los hongos

1.2.3. Microbiología y alimentos

1.2.4. Ecología microbiana

Capítulo II: El laboratorio de alimentos y otros conceptos

2.1 Instalaciones y control de calidad

2.2 Planes de muestreo

2.3 Criterios y Riesgos Microbiológicos

2.4 Epidemiología de los principales patógenos microbianos transmitidos por alimentos

Capítulo III: Conceptos generales de investigación clásica

3.1 Medios de cultivo en microbiología de los alimentos

3.2 Técnicas básicas de siembra

3.3 Métodos generales y fundamentos en la investigación de patógenos

3.4 Investigación de patógenos en el agua

Capítulo IV: Marchas microbiológicas clásicas en patógenos alimentarios

4.1 Enterobacterias y *Escherichia coli*

4.2 Aerobios mesófilos totales

- 4.3 Enterococos
- 4.4 Salmonella y Shigella
- 4.5 Staphilococcus aureus
- 4.6 Bacillus cereus
- 4.7 Flora micótica total: mohos y levaduras
- 4.8 Clostridios sulfito reductores

Capítulo V: Tipificación bioquímica y misceláneas

- 5.1 Pruebas bioquímicas de tipificación bacteriana
 - 5.1.1 Prueba de la oxidasa
 - 5.1.2 Prueba de la catalasa
 - 5.1.3 Prueba de óxido fermentación (O-F) o de Hugh - Leifson
 - 5.1.4 Prueba de la utilización de los hidratos de carbono
 - 5.1.5 Prueba de la β galactosidasa
 - 5.1.6 Prueba de la producción de Indol
 - 5.1.7 Prueba de RM y VP
 - 5.1.8 Prueba del Citrato
 - 5.1.9 Prueba de la Urea
 - 5.1.10 Prueba de la DNAsa
 - 5.1.11 Prueba de la decarboxilasa
 - 5.1.12 Prueba de la lisina - hierro
 - 5.1.13 Prueba de manitol y de movilidad
 - 5.1.14 Prueba de la reducción del nitrato
 - 5.1.15 Prueba del Agar TSI (Triple azúcar hierro)
 - 5.1.16 Prueba de la Fenilalanina
 - 5.1.17 Prueba de hidrólisis de la gelatina
 - 5.1.18 Prueba de la hidrólisis del almidón
 - 5.1.19 Prueba de la coagulasa
 - 5.1.20 Prueba del caldo Malonato

5.1.21 Multiprueba bioquímica Enterotube

5.1.22. Multiprueba API 20E

5.1.23 Placa Petrifilm 3M

5.1.24 Medios de cultivo cromogénicos

5.1.25 Métodos rápidos de diagnóstico de patógenos en los alimentos

Bibliografía general

Baggini, Santiago Pablo
Guía práctica de microbiología en agua y alimentos / Santiago Pablo Baggini.
- 1a ed . - La Plata : Arte editorial Servicop, 2020.
Archivo Digital: descarga
ISBN 978-987-8397-45-0

1. Microbiología. I. Título.
CDD 616.9041

Foto de portada: www.nationalgeographic.com

© 2020, Santiago Pablo Baggini

Digitalización: Proyecto451

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático.

Inscripción ley 11.723 en trámite
ISBN edición digital (ePub): 978-987-8397-45-0

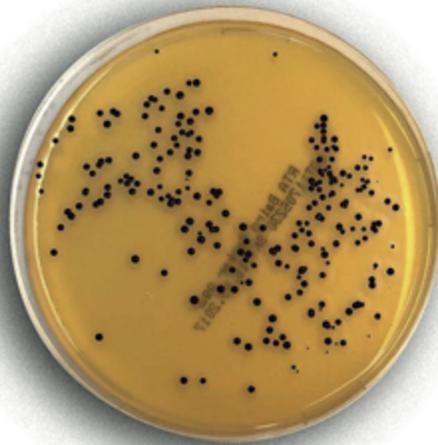
AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de toda razón y justicia.

A mis padres, que me hicieron un hombre de bien.

*A mi familia y a mis afectos, por ser incondicionalmente
fieles.*

Capítulo I: Generalidades del mundo microbiano



Un simple análisis macroscópico y organoléptico no nos pueden dar una idea acabada de la potencial contaminación del alimento o del agua; para ello está la Microbiología de los mismos, quien se encargará de determinar cuál es el patógeno que puede desencadenar una Enfermedad Transmitida por Alimentos (ETA).

GENERALIDADES DEL MUNDO MICROBIANO

Consideraciones previas y objetivos del Libro

Se pretende que el lector, recuerde o adquiera los conocimientos generales sobre la microbiología de los alimentos y el agua; sobre la ecología de los microorganismos; las principales ETA; los microorganismos alterantes y los patógenos asociados a cada tipo de alimento. Asimismo, se pretende que adquiera conocimientos de los métodos básicos oficiales del Laboratorio de Alimentos, entendiendo las técnicas de muestreo y el significado del riesgo microbiológico, interpretando los resultados obtenidos y elaborando un informe final.

Pretende éste libro, ser asequible para todos los niveles del aprendizaje: Titulados Universitarios, Diplomados Universitarios y Técnicos de Formación Profesional, así como alumnos próximos a su egreso. Se basa en un texto sencillo y accesible a todos los niveles profundizando en la dificultad a través de cada Módulo.

El agua que se consume así como el alimento que se elabora y se consume, son una responsabilidad de todos los integrantes de la cadena llamada de la Inocuidad o la Seguridad Alimentaria, abarcando desde el productor de la materia prima al consumidor final.

La propuesta es brindar la herramienta del conocimiento y los fundamentos necesarios para comprender cuales son

los escalones esa empinada escalera de la seguridad en los alimentos: Conocer al patógeno y aislarlo, para comprender la morbilidad que causa.

Al final de ésa escalera, estarán las evolucionadas herramientas de los Sistemas HACCP y sus Normas Internacionales, las Auditorías de fondo y todo el control de conjunto para la certificación final. La salud de todos depende en su mayor parte de esa escalera, para lograr y desarrollar alimentos inocuos en el mundo.

El componente fundamental de los cimientos del desarrollo humano, ha sido, es y será su alimentación, cuya base fundamental es un alimento cada vez más sujeto a transformaciones que acompañan al crecimiento y las necesidades crecientes de las poblaciones globales.

La salud pública está íntimamente relacionada con estos procesos, reconocer y entender causas y efectos es una necesidad primordial que acompaña a todo proceso de evolución.

Ver a la Bromatología más allá de lo legal y del simple examen macroscópico y organoléptico, ha sido el fin de todo análisis de agua para consumo o del alimento, tanto en materia prima como elaborado. La Microbiología de los mismos lo esencial para ver y palpar lo invisible y muchas veces, lo patógeno. Un simple análisis macroscópico y organoléptico no nos puede dar una idea acabada de la potencial contaminación del alimento o del agua; para ello está la Microbiología, quien se encargará de determinar cuál es el patógeno que puede desencadenar una ETA (Enfermedad Transmitida por Alimentos).

Este libro, en definitiva, pretende convertirse en una base real y consistente para el profesional que recién comienza a transitar por el laboratorio de alimentos, o transformarse en una herramienta de consulta para el bagaje intelectual del

especialista. Se transitará por el ABC de los microorganismos que contaminan a los alimentos y se establecerán las bases para su aislamiento e identificación, conforme a la Normativa Mundial en vigencia, como ICMSF, ISO, EN, AFNOR y CENAN, estableciendo “deber hacer” para que la técnica pueda ser desarrollada en un simple Laboratorio antes de llegar a algún centro especializado y poniendo en valor el conocimiento de lograr aislar la urgencia del patógeno o el control de los mismos en la rutina diaria.

Siembra de enterobacterias en agar Levine (fotografía del autor, 2008)



Conceptos sobre microbiología

La Microbiología, que es el estudio de los organismos microscópicos, deriva de 3 palabras griegas: ***mikros*** (***pequeño***), ***bios*** (***vida***) y ***logos*** (***ciencia***) que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica. Para mucha gente la palabra microorganismo le trae a la mente un grupo de pequeñas criaturas que no se encuadran en ninguna de las categorías de la pregunta clásica: ¿es animal, vegetal o mineral? Los microorganismos son diminutos seres vivos que individualmente son demasiado

pequeños como para verlos a simple vista. En este grupo se incluyen las bacterias, hongos (levaduras y hongos filamentosos), virus, protozoos y algas microscópicas.

Normalmente se asocian a estos pequeños organismos con infecciones, enfermedades como el SIDA, COVID-19, o el deterioro de los alimentos. Sin embargo, la mayoría de los microorganismos contribuyen de una forma crucial en el bienestar de la Tierra ayudando a mantener el equilibrio de los organismos vivos y productos químicos en nuestro medio ambiente.

Los microorganismos del agua dulce y salada son la base de la cadena alimentaria en océanos, lagos y ríos; los microorganismos del suelo destruyen los productos de desecho e incorporan el gas nitrógeno del aire en compuestos orgánicos, así como también, reciclan los productos químicos en el suelo, agua y aire. Ciertas bacterias y algas juegan un papel importante en la fotosíntesis, que es un proceso que genera nutrientes y oxígeno a partir de luz solar y CO₂ siendo un proceso crítico para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. Los seres humanos y algunos animales dependen de las bacterias que habitan en sus intestinos para realizar la digestión y síntesis de algunas vitaminas como son la K y algunas del complejo B.

Los microorganismos también tienen aplicaciones industriales ya que se utilizan en la síntesis de productos químicos como son acetona, ácidos orgánicos, enzimas, alcohol y muchos medicamentos. El proceso de producción de acetona y butanol por bacterias fue descubierto en 1914 por Chaim Weizmann, un polaco que trabajaba en Inglaterra para Winston Churchill. Cuando estalló la primera guerra mundial en agosto de ese año, la producción de acetona era esencial en el proceso de fabricación de las municiones, por lo que el descubrimiento de Weizmann jugó un papel

determinante en el desarrollo de la guerra. La industria alimentaria también usa microorganismos en la producción de vinagre, bebidas alcohólicas, aceitunas, mantequilla, queso, yogurt y pan.

Además, las bacterias y otros microorganismos ahora pueden ser manipulados para producir sustancias que ellos normalmente no sintetizan. A través de esta técnica, llamada Ingeniería Genética, las bacterias pueden producir importantes sustancias terapéuticas como insulina, hormona de crecimiento humana e interferón. Actualmente sabemos que los microorganismos se encuentran en todas partes; pero hace poco, antes de la invención del microscopio, los microorganismos eran desconocidos para los científicos. Miles de personas morían en las epidemias cuyas causas no se conocían. El deterioro de los alimentos no se podía controlar siempre y muchas familias enteras morían debido a que no existían vacunas y antibióticos disponibles para combatir las infecciones.

Aunque los microorganismos se originaron hace aproximadamente 4.000 millones de años, la microbiología es relativamente una ciencia joven. Los primeros microorganismos se observaron hace 300 años y sin embargo pasaron unos 200 años hasta que se reconoció su importancia. La microbiología surgió como ciencia tras el descubrimiento, gracias al perfeccionamiento del microscopio, de los microorganismos. El naturalista holandés Antonio van Leeuwenhoek fue el primero en describir, en 1683, estos organismos (a los que bautizó como "animáculos"), que observó con la ayuda de un microscopio construido por él mismo.

Ya en 1546 Girolano Fracastoro había sugerido que las enfermedades podían deberse a organismos tan pequeños que no podían verse y que eran transmitidos de una persona a otra. Sin embargo, el descubrimiento de que las

bacterias pueden actuar como agentes específicos de las enfermedades infecciosas en los animales fue realizado a través del estudio del carbunco, infección grave de los animales domésticos que es transmisible al hombre.



Roberto Koch (Getty Images)

La demostración concluyente de la causa bacteriana o etiología del carbunco la proporcionó en 1876 Roberto Koch, un médico rural alemán.

Koch empezó a estudiar el mundo microbiano después de que su mujer le regalara por su 28 cumpleaños un microscopio. Seis años después Koch anunció al mundo que había encontrado la bacteria del carbunco (*Bacillus anthracis*). Posteriormente él y sus colaboradores descubrieron las bacterias que causan la tuberculosis y el cólera. Esta serie de experimentos se ajustaban a los criterios necesarios para poder establecer la relación causal

entre un organismo específico y una enfermedad específica. Estos criterios se conocen como los **Postulados de Koch**:

- El microorganismo debe estar presente en todos los casos de la enfermedad.
- El microorganismo debe ser aislado del hospedador enfermo y obtenerse en cultivo puro en el laboratorio.
- La enfermedad específica debe reproducirse cuando un cultivo puro del microorganismo se inyecta a un hospedador susceptible sano.
- El microorganismo debe ser recuperable de nuevo a partir del hospedador inyectado experimentalmente.

Louis Pasteur fue un químico y biólogo francés que fundó la ciencia de la microbiología. Comenzó investigando los procesos de fermentación del vino y la cerveza y descubrió la existencia de las bacterias que interferían en este proceso. Aplicó sus conclusiones al estudio de la causa y el desarrollo de las enfermedades y demostró la teoría de los gérmenes como causantes de las mismas. También desarrolló vacunas que consiguieron salvar miles de vidas. Pasteur observó que, en la fabricación de la cerveza y el vino, a veces los dos líquidos resultaban buenos y otros agrios. Decidió estudiar el proceso con el microscopio y descubrió que cuando la fermentación era normal participaban las pequeñas células de la levadura. En cambio, cuando resultaban agrios era porque en el proceso participaban organismos como las bacterias.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX, diversos microbiólogos como el ruso Serguei Winogradsky, considerado el fundador de la ecología microbiana moderna, emprendieron las investigaciones sobre el metabolismo de

las bacterias (estudios iniciados por Pasteur). Winogradsky estableció que las bacterias funcionan según dos modelos: la aerobiosis, que se basa en el consumo de oxígeno; y la anaerobiosis, que permite a las bacterias vivir en un ambiente desprovisto por completo de oxígeno.

Winogradsky descubrió las bacterias quimiosintéticas, puso de manifiesto la participación de los microorganismos en el ciclo de la urea y fue uno de los primeros en estudiar las bacterias simbióticas.

El estudio de los virus se desarrolló especialmente en el primer tercio del siglo XX. En efecto, a pesar de que en el año 1905 varios microbiólogos habían demostrado que las enfermedades víricas conocidas se debían a agentes patógenos minúsculos y no a las toxinas, los virus siguieron siendo invisibles; y su naturaleza, desconocida, hasta la década de 1930. En 1935 el bioquímico estadounidense Wendell Stanley logró aislar y cristalizar el virus del mosaico del tabaco. En 1938 se observaron por primera vez los virus gracias a la invención del microscopio electrónico. Después, en las décadas de 1960 y 1970 se descubrieron numerosos virus y se determinaron sus características físicas y químicas.

Posteriormente, las investigaciones microbiológicas se sirvieron de diversas técnicas innovadoras, como el microscopio electrónico de barrido o las técnicas de secuenciación del ácido desoxirribonucleico (ADN). Gracias a todos estos avances, los microorganismos se clasificaron en función de su estructura molecular, incluyéndolos en dos reinos. De este modo, las bacterias forman el conjunto de los **procariotas**, es decir, organismos en los que el material genético, en forma de ADN, se encuentra libre en el citoplasma y no incluido en un núcleo. Los restantes organismos unicelulares se clasifican como **eucariotas** (en los que el genoma está incluido en el núcleo celular). Entre

estos eucariotas unicelulares se distinguen los que pertenecen al reino Protistas (grupo que engloba a los protozoos y algas unicelulares) y los que pertenecen al reino Hongos (las levaduras). Los virus constituyen un mundo aparte, ya que no pueden reproducirse por sí mismos, sino que necesitan parasitar una célula viva para completar su ciclo vital.

Por último, el descubrimiento de los priones por Stanley Prusiner y su equipo en 1982 ha abierto una vía de estudio dentro de la microbiología. Los priones, simples proteínas desprovistas de material genético, suscitan numerosos interrogantes sobre su funcionamiento y modo de transmisión, cuyo ejemplo típico en la EEB (Encefalopatía Espongiforme Bovina) o Mal de la vaca loca.

Un método fundamental para estudiar las bacterias es cultivarlas en un medio líquido o en la superficie de un medio sólido de agar. Los medios de cultivo contienen distintos nutrientes que van, desde azúcares simples hasta sustancias complejas como la sangre o el extracto de caldo de carne.

Para aislar o purificar una especie bacteriana a partir de una muestra formada por muchos tipos de bacterias, se siembra en un medio de cultivo sólido donde las células que se multiplican no cambian de localización; tras muchos ciclos reproductivos, cada bacteria individual genera por escisión binaria una colonia macroscópica compuesta por decenas de millones de células similares a la original.

Si esta colonia individual se siembra a su vez en un nuevo medio crecerá como cultivo puro de un solo tipo de bacteria. Muchas especies bacterianas son tan parecidas morfológicamente que es imposible diferenciarlas sólo con el uso del microscopio; en este caso, para identificar cada tipo de bacteria, se estudian sus características bioquímicas

sembrándolas en medios de cultivo especiales. Así, algunos medios contienen un producto que inhibe el crecimiento de la mayoría de las especies bacterianas, pero no la de un tipo que deseamos averiguar si está presente.

Otras veces el medio de cultivo contiene determinados azúcares especiales que sólo pueden utilizar algunas bacterias. En algunos medios se añaden indicadores de pH que cambian de color cuando uno de los nutrientes del medio es fermentado y se generan catabolitos ácidos. Si las bacterias son capaces de producir fermentación, generan gases que pueden ser apreciados cuando el cultivo se realiza en un tubo cerrado. Con otros medios de cultivo se identifica si las bacterias producen determinadas enzimas que digieren los nutrientes: así, algunas bacterias con enzimas hemolíticas (capaces de romper los glóbulos rojos) producen hemólisis y cambios apreciables macroscópicamente en las placas de agar sangre. Los diferentes medios y técnicas de cultivo son esenciales en el laboratorio de microbiología de un hospital, pues sirven para identificar las bacterias causantes de las enfermedades infecciosas y los antibióticos a los que son sensibles esas bacterias.

Un factor importante a tener en cuenta, es la esterilización, que es un proceso esencial para el tratamiento de higiene en todos los instrumentos quirúrgicos, implantes y muchos otros dispositivos. La desecación y la congelación eliminan muchas especies de bacterias, pero otras simplemente permanecen en estado vegetativo. El calor seco o húmedo elimina todas las bacterias combinando adecuadamente factores como la temperatura a la que se someten y el tiempo de exposición.

Se puede esterilizar por calor seco en estufas a más de 160°C durante media hora, o por calor húmedo en autoclaves a 120°C durante 20 minutos y a presión superior

a la atmosférica. La ebullición a 100°C no elimina todos los gérmenes patógenos (entre los que no sólo están incluidos las bacterias sino también virus y levaduras).

Otro medio habitual de esterilización, utilizado para objetos no resistentes al calor, son los medios químicos: el ácido fénico, iniciador de la era de la antisepsia, el ácido cianhídrico, el óxido de etileno, la clorhexidina, los derivados mercuriales, los derivados del yodo (especialmente la povidona yodada) y muchas otras sustancias. El alcohol etílico no produce esterilización completa. Otro medio de esterilización actual son las radiaciones ionizantes (beta, gamma).

La Pasteurización es un proceso de calentamiento de un líquido, en particular de la leche, hasta una temperatura que oscila entre 55 y 70°C para destruir las bacterias perjudiciales, sin producir cambios materiales en la composición, en el sabor, o en el valor nutritivo del líquido. El proceso se llama así en honor del químico francés Louis Pasteur, quien lo ideó en 1865 con el fin de inhibir la fermentación del vino y de la leche.

La leche se pasteuriza al calentarla a 63°C durante 30 minutos, luego se enfría con rapidez, y se envasa a una temperatura de 10°C. La cerveza y el vino se pasteurizan al ser calentados a unos 60° C durante unos 20 minutos; también se hace, según un método más reciente, calentando a 70° C durante 30 segundos y envasando en condiciones estériles.

Los desinfectantes son un arma clave para proteger de los microorganismos ya que estos se encuentran en casi todas partes y por eso los desinfectantes van destruyendo los mismos o impidiendo su desarrollo y asimismo protegen el área donde actúan durante un lapso de tiempo.

Basado en los hallazgos del fisiólogo alemán Theodor Schwann y del bioquímico francés Louis Pasteur, Lister desinfectaba las heridas quirúrgicas y accidentales con una solución de ácido carbólico, y en cinco años redujo la tasa de mortalidad de las amputaciones importantes de un 45 por ciento a un 12 por ciento.

Los desinfectantes cumplen un papel muy importante en el campo de la salud ya que si no fuera por estos por una simple herida podrían amputar cualquiera de nuestros miembros. Los antisépticos, son agentes físicos o químicos que evitan la putrefacción, infección o cambios similares, de los alimentos y tejidos vivos, destruyendo los microorganismos o impidiendo su desarrollo.

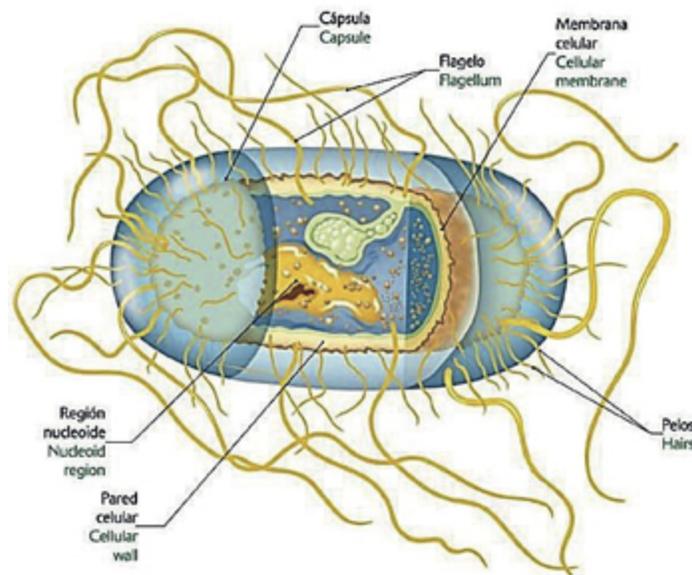
Desde la antigüedad los alimentos se han conservado gracias al empleo de agentes antisépticos como el calor durante la cocción, la sal y el vinagre en la salazón y adobo, y el humo de la madera (que contiene creosota, un compuesto similar al ácido carbólico) en el ahumado de las carnes.

En la actualidad, los principales agentes antisépticos en la conservación de los alimentos son el calor y el frío utilizados en procesos como el enlatado, la pasteurización y la refrigeración. La irradiación es otro medio de conservación de los alimentos.

Las bacterias

Una bacteria simplificada está formada por tres capas externas que envuelven las estructuras internas; la capa pegajosa protege la pared celular rígida, que a su vez cubre la membrana celular semipermeable. El flagelo es un medio de locomoción y los pelos que se extienden por fuera de la cápsula ayudan a la bacteria a sujetarse a las superficies. El material genético está contenido en el ADN que forma el

nucleoide. Los ribosomas que flotan en el citoplasma intervienen en la síntesis de proteínas. El material genético de la célula bacteriana está formado por una hebra doble de ADN circular. Muchas bacterias poseen también pequeñas moléculas de ADN circulares llamados plásmidos, que llevan información genética, pero, la mayoría de las veces, no resultan esenciales en la reproducción. Muchos de estos plásmidos pueden transferirse de una bacteria a otra mediante un mecanismo de intercambio genético denominado conjugación.



Estructura bacteriana tipo (Pinterest)

Otros mecanismos por los cuales la bacteria puede intercambiar información genética son la transducción, en la que se transfiere ADN por virus bacterianos (Bacteriófagos), y la transformación, en la que el ADN pasa al interior de la

célula bacteriana directamente desde el medio. Las células bacterianas se dividen por fisión; el material genético se duplica y la bacteria se alarga, se estrecha por la mitad y tiene lugar la división completa formándose dos células hijas idénticas a la célula madre. Así, al igual que

ocurre en los organismos superiores, una especie de bacteria origina al reproducirse sólo células de la misma especie. Algunas bacterias se dividen cada cierto tiempo (entre 20 y 40 minutos). En condiciones favorables, si se dividen una vez cada 30 minutos, transcurridas 15 horas, una sola célula habrá dado lugar a unos mil millones de descendientes.

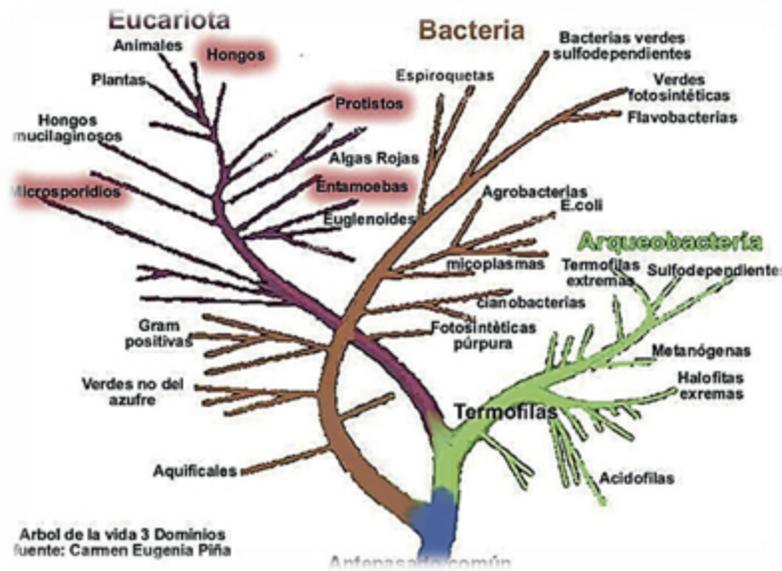
Estas agrupaciones, llamadas colonias, son observables a simple vista. En condiciones adversas, algunas bacterias pueden formar esporas, que son formas en estado latente de la célula que permiten a ésta resistir las condiciones extremas de temperatura y humedad.

La clasificación taxonómica más utilizada divide a las bacterias en cuatro grandes grupos según las características de la pared celular. La división **Gracilicutes** incluye a las bacterias con pared celular delgada del tipo Gram negativas; las bacterias de la división **Firmicutes** tienen paredes celulares gruesas del tipo Gram positivas; las de la división **Tenericutes** carecen de pared celular y las de la cuarta división **Mendosicutes** tienen paredes celulares poco comunes, formadas por materiales distintos a los típicos peptidoglucanos bacterianos. Entre las Mendosicutes se encuentran las Arqueobacterias, un grupo de organismos poco comunes, que incluyen a las bacterias metanogénicas, anaerobias estrictas, que producen metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno; a las halobacterias, que necesitan para su crecimiento concentraciones elevadas de sal, y a las termoacidófilas, que necesitan azufre y son muy termófilas.

Se ha discutido sobre la conveniencia de que las Arqueobacterias se incluyeran en un reino aparte, ya que estudios bioquímicos recientes han mostrado que son tan diferentes de las otras bacterias como de los organismos eucariotas (con núcleo diferenciado englobado en una

membrana). Estos cuatro grandes grupos de bacterias se subdividen además en unas 30 secciones numeradas, alguna de las cuales se dividen a su vez en órdenes, familias y géneros.

El árbol de la Vida (Wikipedia)



Los hongos

La mayoría de los hongos están constituidos por finas fibras que contienen protoplasma, llamadas hifas. Éstas a menudo están divididas por tabiques llamados septos. En cada hifa hay uno o dos núcleos y el protoplasma se mueve a través de un diminuto poro que ostenta el centro de cada septo.

No obstante, hay un filo de hongos, que se asemejan a algas, cuyas hifas generalmente no tienen septos y los numerosos núcleos están esparcidos por todo el protoplasma. Las hifas crecen por alargamiento de las puntas y también por ramificación.

La proliferación de hifas, resultante de este crecimiento, se llama micelio. Cuando el micelio se desarrolla puede llegar a formar grandes cuerpos fructíferos, tales como las setas. Otros tipos de enormes estructuras de hifas permiten a algunos hongos sobrevivir en condiciones difíciles o ampliar sus fuentes nutricionales. Las fibras, a modo de cuerdas, del micelio de la armilaria color de miel (*Armillaria mellea*), facilitan la propagación de esta especie de un árbol a otro.

Ciertos hongos forman masas de micelio resistentes, con forma más o menos esférica, llamadas esclerocios. Éstos pueden ser pequeños como granos de arena, o grandes como melones. La mayoría de los hongos se reproducen por esporas, diminutas partículas de protoplasma rodeado de pared celular. El champiñón silvestre puede formar doce mil millones de esporas en su cuerpo fructífero; así mismo, el cuesco de lobo gigante puede producir varios billones.

Las esporas se forman de dos maneras. En el primer proceso, las esporas se originan después de la unión de dos o más núcleos, lo que ocurre dentro de una o de varias células especializadas. Estas esporas, que tienen características diferentes, heredadas de las distintas combinaciones de genes de sus progenitores, suelen germinar en el interior de las hifas. Los cuatro tipos de esporas que se producen de esta manera (oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas) definen los cuatro grupos principales de hongos.

Las oosporas se forman por la unión de una célula macho y otra hembra; las zigosporas se forman al combinarse dos células sexuales similares entre sí. Las ascosporas, que suelen disponerse en grupos de ocho unidades, están contenidas en unas bolsas llamadas ascas. Las basidiosporas, por su parte, se reúnen en conjuntos de

cuatro unidades, dentro de unas estructuras con forma de maza llamadas basidios.

A pesar de que en muchos textos se emplean sistemas de clasificación relativamente complicados, los micólogos utilizan por lo común un sistema sencillo, que tiene la ventaja de ser cómodo de usar. Según este sistema, los cuatro filos principales son: Oomicetes, Zigomicetes, Ascomicetes y Basidiomicetes y sus respectivos individuos forman oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas. Una gran variedad de especies se coloca, de forma arbitraria, en un quinto filo: Deuteromicetes, también llamados hongos imperfectos.

Se incluyen en este grupo aquellos hongos en los que sólo se conocen procesos de multiplicación vegetativa. Sin embargo, la mayoría de esas especies están emparentadas con los ascomicetes.

Crecimiento de hongos en agar YGC (Getty Images)



Microbiología y alimentos

Hay varios mecanismos empleados para proteger a los alimentos contra los microorganismos y otros agentes

responsables de su deterioro para permitir su futuro consumo. Los alimentos en conserva deben mantener un aspecto, sabor y textura apetitosos, así como su valor nutritivo original. Hay muchos agentes que pueden destruir las peculiaridades sanas de la comida fresca. Los microorganismos, como las bacterias y los hongos, estropean los alimentos con rapidez. Las enzimas, que están presentes en todos los alimentos frescos, son sustancias catalizadoras que favorecen la degradación y los cambios químicos que afectan, en especial, la textura y el sabor.

El oxígeno atmosférico puede reaccionar con componentes de los alimentos, que se pueden volver rancios o cambiar su color natural. No hay ningún método de conservación que ofrezca protección frente a todos los riesgos posibles durante un periodo ilimitado de tiempo. Los alimentos enlatados almacenados en la Antártida cerca del polo sur, por ejemplo, seguían siendo comestibles al cabo de 50 años, pero esta conservación a largo plazo no puede producirse en el cálido clima de los trópicos. Además del enlatado y la congelación, existen otros métodos tradicionales de conservación como el secado, la salazón y el ahumado. La desecación por congelación o liofilización es un método más reciente.

Entre las nuevas técnicas experimentales se encuentran el uso de antibióticos y la exposición de los alimentos a la radiación nuclear. La congelación conserva los alimentos impidiendo la multiplicación de los microorganismos. Dado que el proceso no destruye a todos los tipos de bacterias, aquellos que sobreviven se reaniman en la comida al descongelarse y a menudo se multiplican mucho más rápido que antes de la congelación.

La congelación impide la multiplicación de los microorganismos (bacterias y hongos microscópicos). Por el

contrario, las enzimas, cuya actividad degrada los alimentos, sí se mantienen activas en condiciones de congelación, aunque su actividad es mucho más lenta. Por eso las legumbres frescas suelen blanquearse o hervirse antes de congelarlas, con el fin de inactivar estas sustancias e impedir que el sabor se degrade.

También se ha propuesto blanquear el pescado para destruir las bacterias resistentes al frío que viven en las escamas. Los métodos de congelación de los productos cárnicos dependen del tipo de carne y del corte.

El cerdo, por ejemplo, se congela justo después del sacrificio, mientras que el buey se cuelga durante varios días dentro de una cámara fría para hacerlo más tierno. Existen una serie de características que comparten todos los microorganismos y que suponen ciertas ventajas para su uso en la industria. La más fundamental, el pequeño tamaño de la célula microbiana y su correspondiente alta relación de superficie a volumen. Esto facilita el rápido transporte de nutrientes al interior de la célula y permite, por consiguiente, una elevada tasa metabólica. Así, la tasa de producción de proteína en las levaduras es varios órdenes de magnitud superior que, en la planta de soja, que, a su vez, es 10 veces más alta que en el ganado.

Esta velocidad de biosíntesis microbiana extremadamente alta permite que algunos microorganismos se reproduzcan en tan solo 20 minutos (*Escherichia coli*). Los ambientes capaces de albergar vida microbiana son muy variados. Se han encontrado especies que viven a temperaturas comprendidas entre el punto de congelación del agua y el punto de ebullición, en agua salada y dulce, en presencia y en ausencia de aire.

Algunos han desarrollado ciclos de vida que incluyen una fase de latencia en respuesta a la falta de nutrientes: en

forma de esporas permanecen inactivos durante años hasta que el medio ambiente, más favorable, permita el desarrollo de las células. Los microorganismos se hallan capacitados para acometer una extensa gama de reacciones metabólicas y adaptarse así a muchas fuentes de nutrición. Versatilidad que hace posible el que las fermentaciones industriales se basen en nutrientes baratos. Un microorganismo de uso industrial debe producir la sustancia de interés; debe estar disponible en cultivo puro; debe ser genéticamente estable y debe crecer en cultivos a gran escala.

Otra característica importante es que el microorganismo industrial crezca rápidamente y produzca el producto deseado en un corto período de tiempo. El microorganismo debe también crecer en un relativamente barato medio de cultivo disponible en grandes cantidades. Además, un microorganismo industrial no debe ser patógeno para el hombre o para los animales o plantas.

Un requisito importante es la facilidad de separar las células microbianas del medio de cultivo; la centrifugación es dificultosa o cara a gran escala. Los microorganismos industriales más favorables para esto son aquellos de mayor tamaño celular (hongos filamentosos, levaduras y bacterias filamentosas) ya que estas células sedimentan más fácilmente que las bacterias unicelulares e incluso son más fáciles de filtrar.

Los microorganismos que sintetizan productos útiles para el hombre representan, como máximo, unos pocos centenares de especies de entre las más de 100.000 descritas en la Naturaleza. Los pocos que se han encontrado con utilidad industrial son apreciados por elaborar alguna sustancia que no se puede obtener de manera fácil o barata por otros métodos. Las levaduras se vienen utilizando desde hace miles de años para la

fabricación de pan y bebidas alcohólicas. La levadura que sin duda fue la primera y aún hoy en día sigue siendo la más utilizada por el hombre es *Saccharomyces cerevisiae* de la que se emplean diferentes cepas para la fabricación de cerveza, vino, sake, pan y alcoholes industriales.



Cerveza rubia (Pinterest)

Kluyveromyces fragilis es una especie fermentadora de la lactosa que se explota en pequeña escala para la producción de alcohol a partir del suero de la leche. *Yarrowia lipolytica* es una fuente industrial de ácido cítrico. *Trichosporum cutaneum* desempeña un importante papel en los sistemas de digestión aeróbica de aguas residuales debido a su enorme capacidad de oxidación de compuestos orgánicos, incluidos algunos que son tóxicos para otras levaduras y hongos, como los derivados fenólicos. Los hongos tienen una gran importancia económica, no tan sólo por su utilidad, sino también por el daño que pueden causar. Los hongos son responsables de la degradación de gran parte de la materia orgánica de la Tierra, una actividad enormemente beneficiosa ya que permite el reciclaje de la materia viva.