



NUEVAS CARTILLAS
CIENTÍFICAS

NOCIONES
E MICROBIOLOGÍA
POR
EL PROFESOR H.W. CONN



Faint, illegible text on the left page, possibly bleed-through from the reverse side.

#182

Colegio de B'quilla. para Señoritas
BIBLIOTECA
Sección _____ Materia _____
Estante 4-2 Número 1420.

Colegio de B'quilla. para Señoritas
BIBLIOTECA
Sección _____ Materia _____
Estante 4-2 Número 125

570-23

NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

*

NOCIONES DE MICROBIOLOGÍA

NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

NOCIONES
DE MICROBIOLOGÍA

*APLICADA Á LA AGRICULTURA, LA
INDUSTRIA, LA MEDICINA, ETC.*

POR EL

PROFESOR H. W. CONN

TRADUCIDA DEL INGLÉS AL ESPAÑOL POR EL

Dr. ANTONIO SOLER

CON NUMEROSOS GRABADOS



NEW YORK AND LONDON
D. APPLETON AND COMPANY

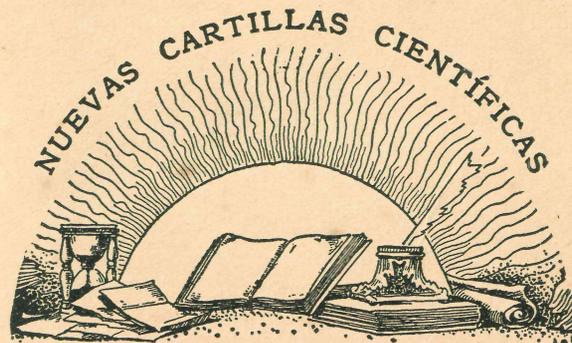
COPYRIGHT, 1902,
By D. APPLETON AND COMPANY.

Copyright secured in Great Britain and in all the
countries subscribing to the Berne Convention.

*Es propiedad garantizada en varios países, y se
perseguirán las ediciones fraudulentas.*

*Queda hecho el depósito que ordena la ley, para
la protección de esta obra, en la República
Mejicana. Méjico, 1901.*

Printed in the United States of America



UTILIDAD, INFLUENCIA Y VENTA-
JAS DE LOS CONOCIMIENTOS
CIENTÍFICOS

CIENCIA es el conocimiento cierto de las cosas, es decir, el conocimiento verdadero de las cosas, basado en sus principios y causas fundamentales.

Para mí, las lecciones más valiosas de toda enseñanza, son las que dan á los jóvenes medios para ayudarse á sí mismos, y la ciencia, que es el saber más útil, les da la confianza en su poder para dominar los obstáculos y vencer las dificultades en la lucha de la vida, por la vida, y para la vida.

El problema social es cada vez más complejo y difícil, por lo que hoy día, todos los pensadores serios están de acuerdo en que la instrucción cien-

tífica es el instrumento más poderoso para hacer frente al problema y resolverlo.

La enseñanza ha de comenzar en la cuna; la instrucción científica en la escuela, donde se debe estimular y desarrollar el espíritu de investigación, que coloca á la juventud en el seguro y ancho camino que conduce al conocimiento de la verdad científica.

* * *

Con el objeto de satisfacer las necesidades de la instrucción científica elemental en los países españoles é hispanoamericanos, hace ya buen número de años que los Señores D. Appleton y Compañía comenzaron á publicar vertidas al castellano la serie de *Cartillas Científicas*; que desde el principio han tenido inmensa aceptación, y ésto, no obstante ser meras traducciones más ó menos correctas y en su mayor parte hechas por personas hábiles como traductores; pero ajenas á la enseñanza y sin conocimientos especiales en las diversas materias de que tratan. Sin embargo, tal es la influencia que han ejercido esos pequeños libros en algunos países, que observadores juiciosos han notado como signo bien claro, que allí donde más se han usado esas *Cartillas Científicas*, es donde mayor desarrollo ha tenido el espíritu de todo linaje de empresa y donde la juventud ha desplegado mejores aptitudes para el adelanto.

Hoy, que la Ley Internacional de Propiedad Literaria las pone al abrigo de los *piratas de la in-*

teligencia, que se han apropiado como suyas varias de las antiguas *Cartillas*, he querido con vivísimo empeño reformarlas todas, poniendo cada una de ellas en manos de persona, no sólo competente en la materia, sino avezada á enseñarla en la clase. Así salen ahora en lenguaje más correcto y apropiado, con texto completamente rehecho y puesta cada materia á la altura de la ciencia en nuestros días; adaptadas en cuanto es posible á nuestros países, con tipos nuevos y nuevas ilustraciones.

Además, se están vertiendo al español otras varias *Cartillas* enteramente nuevas, y la serie completa formará una biblioteca de ciencia moderna, que abraza todos los conocimientos humanos hasta los últimos adelantos en cada ramo del saber. Biblioteca ó serie de libros manuales, escrita por hombres notables de diversos países, utilísima para la juventud estudiosa y para todos; porque en ella hay siempre algo útil, provechoso y nuevo que aprender.

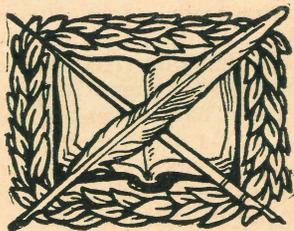
* * *

Cartillas ó Nociones, se llaman, y sin embargo de haber estudiado en obras voluminosas, enseñado y escrito sobre varias de las materias de que tratan durante muchos años, confieso que ahora mismo, al examinar los manuscritos, editar las *Nuevas Cartillas Científicas* y corregir las pruebas, encuentro, para mí, á cada paso, algo nuevo y útil que aprender en esos pequeños libros, verdaderos tesoros del saber, que debieran no sólo ser texto

en todas las escuelas y lectura predilecta en el hogar doméstico, sino andar también en manos de todo el que desee conocer la razón y el por qué de los fenómenos más comunes de la vida y del mundo, con la explicación más satisfactoria, que es siempre la que da la ciencia.

JUAN GARCÍA PURÓN.

NUEVA YORK, *Septiembre de 1900.*



NOCIONES DE MICROBIOLOGÍA

CAPÍTULO I

LOS MICROBIOS COMO PLANTAS

1. **Importancia de los microbios.**—Los progresos realizados por la microbiología en estos últimos años han despertado tanto interés, que apenas se encontrará una persona aficionada á la lectura que no tenga ideas generales de esos pequeñísimos organismos y de sus relaciones con ciertas enfermedades. Es de lamentar sin embargo que sólo desde ese punto de vista sean conocidos los microbios ó bacterias por el vulgo, en el que la palabra microbio hace nacer siempre la idea de malignidad. Por fortuna, recientemente se ha hecho resaltar el valor de estos organismos en muchos casos que se relacionan con la vida humana; pero que nada tienen que ver con las enfermedades. Las páginas que siguen, después de dar una ligera idea de los microbios y su importancia, tienden á rectificar las ideas tan generalizadas como erróneas respecto á las relaciones que hay entre las bacterias y el hombre, y á demostrar que esos microscópicos seres, lejos de ser siempre sus enemigos, son á veces amigos muy cariñosos que le prestan grandes servicios en las industrias, la agricultura, la medicina y hasta en las artes.

Los microbios ó bacterias son unos organismos microscópicos y criptógamos, que nacen, se multiplican y mueren con suma rapidez en el aire, en el agua y en toda clase de seres animados, y que, viviendo de las substancias que los rodean, las transforman y descomponen. En el año 90 del siglo XIX apenas se hablaba de estos animalculos, fuera de los círculos científicos, y aun entre los hombres ilustrados se sabía muy poco de ellos; mientras que hoy, todo individuo medianamente instruido sabe algo referente á las relaciones de las bacterias con cuanto rodea al hombre. Estos organismos comprenden sólo un reducido grupo de plantas inferiores, pero de valor tal, que su estudio se ha hecho toda una ciencia —la *microbiología*—cuya importancia no se debe á la que puedan tener las bacterias como individuos del reino vegetal, sino á las propiedades que poseen de producir cambios profundos en la Naturaleza. Á medida que se ha ido avanzando en este estudio, se ha evidenciado que ese grupo microscópico llena un lugar más prominente que el ocupado por los vegetales superiores, porque en sus actividades se basa la vida de los reinos orgánicos. Así para el bien como para el mal, son agentes incansables y de poder ilimitado.

✦ 2. **Historia.**—Puede decirse que el estudio de los microbios empezó con el uso del microscopio. Á fines del siglo XVII, el micrógrafo holandés Leeuwenhoek observó los agentes de que se trata, con bastante claridad para describirlos; mas nada enseñaron sus observaciones, como no enseñaron mucho tampoco los trabajos que se hicieron en los ciento cincuenta años siguientes. Durante tan largo período, muchos micrógrafos observaron esos organismos, contentándose la mayoría con verlos, admirar su pequeñez y hacer grandes

exclamaciones acerca de las maravillas de la Naturaleza. Sin embargo, varios sabios consagraron su atención á esos microscópicos seres; entre ellos, Von Gleichen, Müller, Spallanzani y Needham dieron á conocer algo de la vida microscópica y expusieron ideas relativas á la causalidad posible entre los microbios y las enfermedades, lo que hizo que los médicos comenzaran á mirar el asunto con interés. Pronto cayeron en el olvido las hipótesis que se formularon, hasta que reaparecieron á mediados del siglo XIX, en que se adelantó tanto que se llegó á dar nombres á esos organismos, empleando Müller las denominaciones de *mónadas*, *proteos*, *vibriones*, *bacilos* y *spirilos*, etc., denominaciones que se conservan aún, si bien con distinta significación que la que sus inventores les dieron.

Los trabajos de Müller no produjeron resultados apreciables, ya porque no se comprendiera bien el verdadero problema, ya por lo poco apropiado de los microscopios de aquella época. Cuando se piensa en lo diminuto de las bacterias, en la imperfección de los instrumentos, que no permitían grandes amplificaciones y, sobre todo, en la poca solidez de los conocimientos científicos respecto al particular, no debe extrañarse que el siglo XVIII no suministrara otros datos de los microbios, que la existencia de pequeñísimos organismos en diversas substancias en descomposición. Aun la primera mitad del siglo XIX no ofreció grandes adelantos. Es cierto que el microscopio sufrió notables mejoras en los albores de ese siglo, habiendo dejado Ehrenberg, Dujardin, Fuchs, Perty y otros, huellas de sus trabajos microbiológicos antes de mediados de la centuria. Es cierto también que Schwam fué lo bastante

sagaz para sacar deducciones de la influencia de los organismos microscópicos en determinados procesos de fermentación y descomposición, deducciones que si no fueron aceptadas en su época, se han comprobado después. No es menos cierto que Fuchs hizo un minucioso estudio de la "leche fermentada," llegando á la correcta conclusión de que la causaba un organismo microscópico que descubrió y describió cuidadosamente. Asimismo es verdad que Henle formuló una teoría general sobre las relaciones de estas bacterias con las enfermedades é indicó la marcha que lógicamente debía seguirse para la demostración de las relaciones de causalidad entre una bacteria y una enfermedad. De la misma manera, es indudable que se adelantó una teoría general sobre la producción de toda clase de fermentaciones originadas por los microbios, trabajos todos que produjeron poca impresión. No había fundamentos para conceder á los microbios como organismos microscópicos más valor que á las demás plantas y animales pequeños, y esa misma pequeñez, esa sencillez extremada, les daba poco interés para el micrógrafo. Por otra parte, su relación causal con los procesos fermentativos y de putrefacción, casi desapareció ante la autoridad del gran químico Liebig, que creía que esos procesos eran puramente químicos. Liebig sostenía que los cuerpos albuminoideos se hallaban en estado de equilibrio químico inestable y que entregados á ellos mismos, se dividirían sin necesidad de la intervención de las bacterias. La autoridad del citado químico y la brillantez con que exponía sus argumentos, hizo que sus teorías se aceptaran plenamente y no se diera valor á las objeciones que se les ofrecían, pasando desapercibidos los experimentos de

Schwam. Por tanto, desde el año 60 hasta el 90 del presente siglo XIX, esos organismos no salieron de la obscuridad ni pudieron formar una nueva rama de la ciencia.

Luis Pasteur fué el primero que trató de frente la cuestión de los microbios y, merced á sus trabajos, se dieron á conocer y se hicieron objeto de universal y creciente interés. Fué el primero que combatió con éxito la teoría química de la fermentación; demostró que las substancias albuminoideas no tienen tendencia por sí solas á la descomposición, y probó que los microbios, al igual que los animales y plantas superiores, deben su existencia á los métodos ordinarios de reproducción y no son producto de la generación espontánea, como se había pretendido. También fué el primero que comprobó que ciertos fenómenos comunes, como el de agriarse la leche, proceden de los organismos microscópicos que en ella se desarrollan, y que algunas especies de esos organismos son la causa de varias enfermedades, dando consejos para evitarlas. Estos descubrimientos se sucedieron con pasmosa rapidez, avanzando tanto los conocimientos en el corto espacio de diez años, que se hizo evidente su gran valor para el mundo científico y para el público en general. No es del caso mencionar aquí los otros descubrimientos hechos por Pasteur, bastando lo dicho para que se le reconozca como el fundador de la microbiología. Es verdad que no fué Pasteur quien primero descubrió y estudió los microbios ni quien hizo ver su relación causal con la fermentación y las enfermedades; pero sí fué el que asentó la cuestión sobre bases sólidas, probando con experimentos rigurosos algunas de las ideas emitidas por otros y encauzando la aten-

ción general hacia el estudio de la ciencia de los microorganismos.

Mostrada por Pasteur la entidad del asunto, varios autores siguieron la dirección tomada por él, unos para comprobar sus teorías, otros para refutarlas. El progreso no podía ser muy rápido porque los experimentos microbiológicos ofrecían no pocas dificultades, no estando todavía clasificadas las bacterias para formar con ellas un grupo. El primero que las agrupó como clase especial de organismos, fué Hoffman en 1869, desde cuya época data la palabra *bacteria* aplicada á dicho grupo. Tan difícil era la experimentación, que excepto Pasteur, había muy pocos observadores que pudiesen ocuparse con fruto del asunto y llegar á conclusiones que resistieran á la prueba del tiempo. Durante los treinta años que siguieron al trabajo de Hoffman, por más que los investigadores y las investigaciones fueran en aumento, apenas dieron por resultado más que dudas y confusiones, oponiéndose á todo progreso la casi imposibilidad de lograr por la vía experimental bacterias aisladas (*cultivos puros*).

Sin embargo, recientemente los adelantos han sido muy rápidos, simplificándose mucho los métodos de observación en la última década del siglo XIX, merced á las modificaciones de Roberto Koch, que puso los procedimientos al alcance aún de aquéllos que carecían del genio de Pasteur. Los cultivos puros se hicieron muy fáciles, y con ellos se obtenían resultados seguros y uniformes, progresando en su consecuencia el estudio de los microbios y acumulándose numerosísimos datos. Muchos hechos se conocen hoy cuya explicación es todavía incierta; mas los conocimientos reunidos y ordenados, son suficientes

para indicar la dirección á que tiende la bacteriología.

3. **¿Qué son los microbios?**—Los hechos más importantes en relación con los microbios, se refieren al poder que tienen é influencia que ejercen en la Naturaleza. El lado morfológico del asunto interesa al sabio, solamente. No obstante, para comprender el valioso papel que desempeñan en la Naturaleza, hay que conocer su aspecto y saber dónde se encuentran, por lo que se hace indispensable ante todo decir algo acerca de su morfología.

4. **Formas de los microbios.**—Las formas de los microbios son sumamente sencillas. Aunque haya centenares de formas diversas, sólo afectan tres principales que se han comparado unas á bolas de billar, otras á palillos y á tirabuzones las demás. Todas ellas están, pues, representadas por *esferas*, por *bastoncillos* y por *espirales*.

Las esferas son mayores ó menores y se agrupan de diversas maneras; los bastoncillos son largos ó cortos, gruesos ó delgados; pero siempre filiformes y las espirales tienen una, dos ó tres vueltas y son más ó menos flexibles ó rígidas (Fig. 1).

En el tamaño de las bacterias hay alguna variación, si bien no considerable, siendo todas extremadamente pequeñas é imperceptibles á simple vista. Las esferas varían de 0,25 á 2,5 milésimas de milímetro. El diáme-



FIG. 1.—Formas generales de los microbios: a, esferas; b, bastoncillos; c, espirales.

tro de los bastoncillos puede ser nada más que de 0,3 milésimas de milímetro ó llegar hasta de 15 á 2,5 milésimas, oscilando su longitud desde poco más de su diámetro hasta la de filamentos relativamente largos. Como se ve, estos seres son los más pequeños que ha revelado el microscopio.

El modo de desarrollarse los microbios es uno de sus rasgos más característicos. Cada individuo se

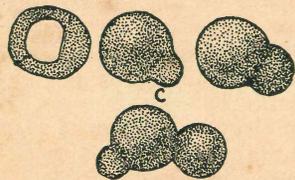


FIG. 2.—Modo de multiplicarse las bacterias: *a* y *b*, bacterias multiplicadas por división; *c*, una levadura multiplicada por injerto.

prolonga y divide por su centro en dos mitades iguales que á su vez se subdividen, y así sucesivamente. Este modo de multiplicarse por división simple, es el carácter distintivo de los microbios de las *levaduras*, que se reproducen por el procedimiento llamado de *injerto*. Ambos métodos de multiplicación se manifiestan en la Fig. 2.

Aunque todos los microbios se reproducen por división, hay ciertas diferencias que originan resultados diversos. Obrerrando las formas esféricas, se ve que algunas especies llamadas *micrococos* se dividen en dos, separándose inmediatamente y dividiéndose cada una de las mitades en

individuo se prolonga y divide por su centro en dos mitades iguales que á su vez se subdividen, y así sucesivamente. Este modo de multiplicarse por división simple, es el carácter distintivo de los microbios de las *levaduras*, que se reproducen por el procedimiento

dirección opuesta (Fig. 3). Otras se separan sólo en una dirección, y algunas permanecen unidas, por más que cada mitad se prolongue y divida otra vez, formando así largas cadenas de esferas ó bolitas análogas á las cuentas de un rosario. Á



FIG. 3.—Micrococos.



FIG. 4.—Estreptococos.

esta especie se da el nombre de *estreptococos* (Fig. 4). Hay además especies que se dividen primero en una dirección; después en ángulo recto á la primera división; sigue luego una tercera división en ángulos rectos al plano de las dos primeras, y así se forman grupos compactos de cuatro, ocho y dieciseis: á éstas se llaman *sarcinas* (Fig. 5). Cada especie de bacteria es constante en su método de división, indicando, por tanto, estas variaciones la diferencia de especies, ó representando cada método de división un género diverso. Todas las bacterias que producen cadenas de estreptococos forman un sólo género; el estreptococo; las que se dividen en tres planos constituyen el grupo de las *sarcinas*, etc.

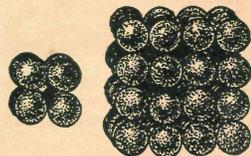


FIG. 5.—Sarcinas.

Los microbios en bastoncillos difieren también

entre sí; aunque menos que los anteriores. Casi siempre se dividen en ángulos rectos á su mayor diámetro, pero hay en ellos



FIG. 6.—Bastoncillos separados manifestando variaciones en su tamaño. Aumento de unos 1000 diámetros.

algunas especies que se separan inmediatamente después de divididos, apareciendo como bastoncillos cortos (Fig. 6), mientras que otros continúan unidos y forman cadenas largas. Á veces parece que siguen aumentando en longitud sin manifestar signo de división, afectando en estos casos la forma de filamentos ó hilos largos (Fig. 7).

Sin embargo, estos hilos son, potencialmente á lo menos, cadenas largas de bastoncillos cortos que, en circunstancias adecuadas, se fraccionan en hilos cortos como se ve en la Fig. 7, a. Algu-

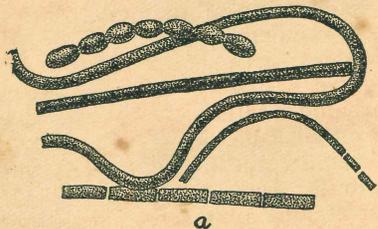


FIG. 7.—Bastoncillos unidos formando cadenas.

nas veces los bastoncillos se dividen longitudinalmente, pero es muy raro, pudiendo decirse lo mismo de las formas espirales. En ellas se encuentran también bastoncillos cortos y cadenas largas ó largos filamentos en espiral, en los que no puede verse la división en elementos más cor-

tos, pero que, en condiciones dadas, se fraccionan en secciones cortas (Fig. 8).

* 5. Multiplicación rápida de los microbios.

— La propiedad de multiplicarse por división es la que da á los microbios su gran importancia; pues á no ser por esa extraordinaria reproducción, su extremada pequeñez los haría casi inofensivos. Parece increíble este poder de crecimiento y división. Se ha visto que algunas especies observadas atentamente con el microscopio, en condiciones favorables para desenvolverse, lo han hecho con rapidez tal, que se dividían cada media hora y á veces más á menudo: fácil

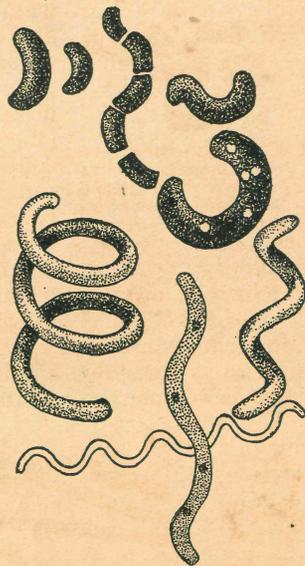


FIG. 8.—Varios tipos de microbios en espiral.

es calcular el número de seres nuevos que resulta en este promedio, durante veinticuatro horas. Cada bacteria produce en un día 16,500,000 descendientes, y en dos días 281,500,000,000. Esta última cifra ocupa el espacio de una medida de un litro y pesa unos 500 gramos. Al final del tercer día el total de descendientes puede llegar á 47,000,000,000,000. Claro es que estos números nada significan, porque ni se reúnen nunca ni sería

posible contarlos. Mucho antes de que la descendencia llegue á millones se detiene el desarrollo, ya por falta de alimento, ya por acumulación de sus propios productos excrementicios, nocivos para ellos mismos. No obstante, son interesantes estas cifras, que demuestran el ilimitado poder de multiplicación que poseen estos organismos y manifiestan que al luchar con ellos, se lucha contra fuerzas de mucha vitalidad.

Tan maravillosa propiedad reproductora se debe á que las bacterias se nutren de alimento organizado y en condiciones propias para ser absorbido. La mayor parte de los vegetales tienen que tomar su alimentación de las sustancias más simples, como el ácido carbónico y el agua; pero por regla general, los microbios se alimentan de materiales complejos preparados ya para la subsistencia de animales y plantas, por lo que su crecimiento es tan rápido. Viviendo en el interior de los seres orgánicos, su desarrollo y reproducción sólo reconocen límites en el poder que tengan para asimilarse esos alimentos, y á consecuencia de ello, dan margen á ciertos cambios químicos en la materia de que se nutren, cambios que indudablemente están en relación con el uso que hacen de ese material. Reconociendo que son los causantes de esas alteraciones y recordando su admirable desarrollo, hay que juzgarlos capaces de producir mutaciones ó cambios donde quiera que penetren y puedan desarrollarse, explicándose así la extremada importancia de estos agentes en la Naturaleza.

6. Diferencias en las diversas especies de microbios.—Á pesar de las sencillas formas de las bacterias, hay algunas ligeras diferencias de detalle que ayudan á distinguirlas. Los bastoncillos son

á veces muy obtusos ó romos en sus extremos, casi cuadrados, mientras que otras especies son más redondeadas y algunas ligeramente prolongadas y puntia-gudas (Fig. 9). Otras ocasiones están rodeadas por una capa espesa de substancia gelatinosa que les forma lo que se llama una cápsula (Fig. 10), cápsula que puede juntarlos sirviéndoles como de cemento. La secreción gelatinosa unirá grandes masas de bacterias en racimos que, ó flotarán en la superficie del líquido en que se desarrollan ó se van al fondo; masas arracimadas que se llaman *zoogleas*, cuyo aspecto general es uno de los caracteres distintivos para diferenciarlas de otras especies (Fig. 10, *a* y *b*). Cuando crecen en un medio casi sólido, como un líquido nutritivo espesado en gelatina, las diversas especies tienen

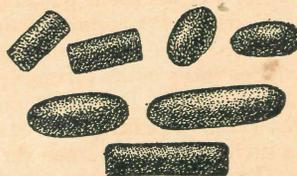


FIG. 9.—Diversas formas de bastoncillos.

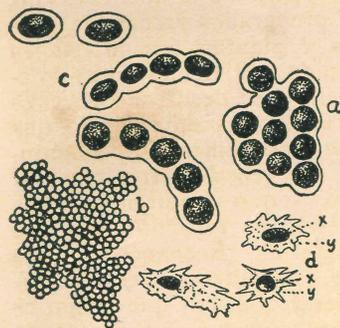


FIG. 10.—Bacterias rodeadas por cápsulas: *a* y *b*, representan zoogleas; *c*, cadenas de microbios con una cápsula; *d*, bacterias manifestando la supuesta estructura en que *x* es el núcleo y la *y* protoplasma.

métodos especiales para separarse de su punto central de origen. Un microbio solo en una masa

así espesada se alimentará con ella y se reproducirá con rapidez; pero no pudiendo moverse sus descendientes en esa gelatina, permanecerán

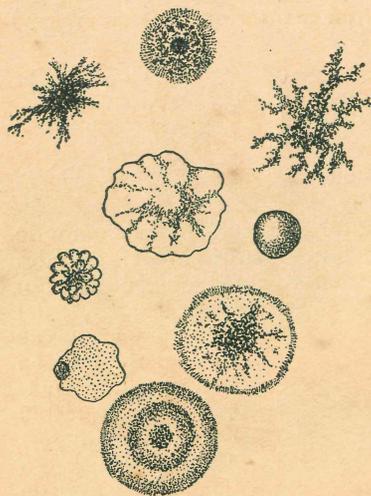


FIG. 11.—Varios tipos de colonias microbianas desarrolladas en gelatina nutritiva. Cada tipo diferente de colonia es producido por una especie diversa de bacteria.

arracimados, formandolo que los bacteriólogos llaman una *colonia*. Su método de arracimarse, debido á los diversos procedimientos de su desarrollo, no es en manera alguna igual, manifestando cada colonia diferencias notables en su aspecto y constantes en la misma especie, lo que permite distinguir unos tipos de otros (Fig. 11).

7. Formación

de los esporos.—Además de la facultad de reproducirse por división simple, muchas especies de microbios lo hacen por medio de *esporos*, que son unas partículas especiales redondeadas ú ovales de protoplasma bacteriano capaces de resistir circunstancias que destruirían á los microbios ordinarios, y que nacen entre las bacterias por dos métodos diferentes, á saber:

1°. *Esporos endógenos.*—Estos nacen en el in-

terior de los bacilos espirales (Fig. 12), ofreciendo primero el aspecto de masas granulares ligeras ó de puntos oscuros que gradualmente se van diferenciando del resto de los bastoncillos. Algunas veces se forma así en el interior de éstos un esporo esférico ú oval, claro y muy refringente, que puede ser de mayor diámetro que el bastoncillo que lo produjo, dando ocasión á que se hinche ó abulte y afecte la forma de un huso (Fig. 12, *c*). Estos esporos nacen en el centro ó los extremos de los bastoncillos (Fig. 12) y pueden emplear en su formación todo el protoplasma del bastoncillo ó sólo una pequeña parte, continuando en sus actividades el que los produce. Siempre son claros y refringentes, porque contienen poca agua y no absorben tan rápidamente el material colorante como los bastoncillos comunes. Están cubiertos por una capa que resiste á la coloración y á otros agentes exteriores, capa que, con la poca cantidad de agua que contiene, pone

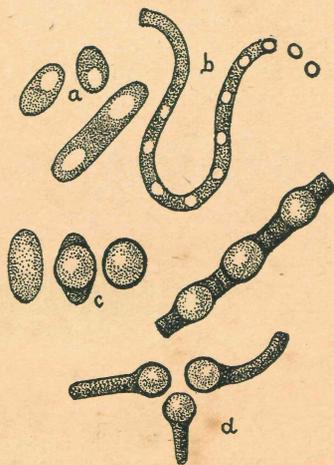


FIG. 12.—Esporos endógenos: *a* y *b*, esporos formados á trechos en los bastoncillos; *c*, esporos formados en la parte media de los bastoncillos, donde producen un ensanchamiento; *d*, esporos formados en el extremo de los bastoncillos, cuyos extremos ensanchan también.

á los bastoncillos en estado de resistir á la sequedad, las temperaturas elevadas, etc. Generalmente, el esporo se rompe fuera del bastoncillo y éste muere, si bien en ocasiones continúa activo aún después de producidos los esporos.

2°. *Esporos artrógenos ó articulados*.—En ciertas bacterias los esporos proceden de cuerpos extraños llamados *artrosporos*, que se forman de pequeños fragmentos de bastoncillos (Fig. 13, a). Un bastoncillo largo puede fragmentarse en elementos cortos, distintos y dotados al parecer de gran fuerza de resistencia contra circunstancias adversas. Lo mismo puede suceder con las formas esféricas, que rara vez dan lugar á esporos endógenos. Entre las que forman una cadena de estreptococos, hay algunas que difieren ligeramente de las demás: son

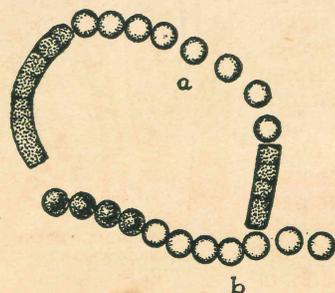


FIG. 13.—Esporos llamados artrógenos: a, formados como segmentos de bastoncillos; b, como fragmentos de cadenas de micrococcos, estreptococos, etc.

más largas y se ha creído que resisten más que los verdaderos esporos (Fig. 13, b). Sin embargo, no es seguro que estos cuerpos puedan considerarse como esporos, porque se duda que resistan como los endógenos el calor, inclinándose muchos microbiólogos á creerlos simples células en reposo. Se les ha dado el nombre de *artrosporos* para indicar que se forman de secciones ó fragmentos, nombre que debe conservarse aun-

que dichos cuerpos no sean verdaderos esporos.

En algunos microbios se forman los esporos de un modo diferente, y consiste en que en los hilos largos el protoplasma se fracciona en esferas diminutas que al fin encuentran salida. Los esporos así formados son poco comunes y varían en sus dimensiones (Fig. 14).

La formación de los esporos es uno de los signos para distinguir las especies. Las hay que no los forman en ninguno de los estados en que se les ha observado; otras los forman con facilidad, y otras en circunstancias especiales nocivas para ellas mismas. El procedimiento siempre es uniforme en cada especie, siendo el

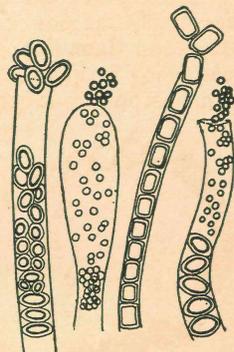


FIG. 14.—Formación poco común de esporos.

objeto constante de los esporos el de servir como medios para defender las especies contra contingencias adversas. Su resistencia al calor y á la sequedad les permite vivir en condiciones en que las formas activas ordinarias sucumbirían. Esporos hay que resisten una temperatura de 180° C., y si después se les coloca en circunstancias favorables, germinan y adquieren nueva actividad.

8. **Movimientos de los microbios**.—Algunos microbios tienen la facultad de moverse libremente en el líquido en que viven, movimientos que les son comunicados por unos flagelos ó apéndices que brotan de su cuerpo. Estos flagelos (Fig. 15) son una especie de cejillas ó hilos largos que par-

ten de una membrana que rodea á la bacteria y están en íntima conexión con el protoplasma, variando su distribución en las diversas especies.

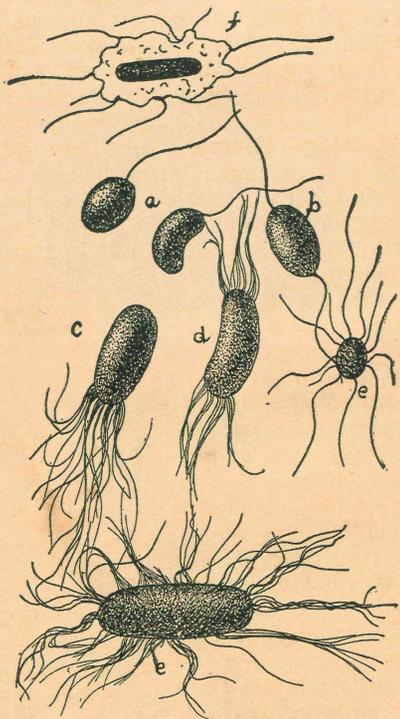


FIG. 15.—Microbios con flagelos: *a*, flagelo simple; *b*, flagelo doble; *c*, penacho de flagelos en un extremo; *d*, penacho de flagelos en ambos extremos; *e*, flagelos esparcidos en todo el cuerpo de la bacteria; *f*, nacimiento de los flagelos de la capa exterior del cuerpo de la bacteria.

Unas tienen un solo flagelo en un extremo (Fig. 15, *a*); otras uno en cada extremo (Fig. 15, *b*); otras tienen, á lo menos antes de dividirse, un penacho de flagelos en uno ó los dos extremos (Fig. 15, *c* y *d*) y otras tienen muchos flagelos distribuidos profusamente en todo el cuerpo (Fig. 15, *e*). Estas cejillas se agitan en todas direcciones, agitación que tiene por objeto comunicar impulso á los microbios.

9. **Estructura interna.**—Poco hay que decir acerca de la estructura interna de los microbios. Á pesar de tantas variedades, en sus detalles internos son extraordinariamente sencillos, y sólo su exterior es accesible al estudio. Algunos micrógrafos han descrito ciertos caracteres que parecen indicar una estructura interna (Fig. 16), y admiten que los microbios tienen una membrana envolvente de naturaleza celulosa, dentro de la que está el protoplasma. Otros han considerado á las bacterias como celdillas sin núcleo en su interior (Figs. 10 *e*, y 15 *f*); otros han creído que el microbio no es más que núcleo sin protoplasma, etc., etc. Concediendo que alguna estructura interna han de tener, hay que convenir en que los micrógrafos no han podido apreciarla todavía después de más de dos siglos de estar estudiando las bacterias. Necesario es, por tanto, limitarse á describirlas como esferas, bastoncillos



FIG. 16.—Estructura interna de los microbios.

ó espirales sin ocuparse de su estructura interna, mudable unas veces y estacionaria otras, produciendo en unas ocasiones esporos y en otras no, multiplicándose constantemente por división binaria. Mal que pese á los progresos hechos por el microscopio moderno, todo lo que se sabe de los microbios está reducido á su manera de desarrollarse y á los efectos que producen en la Naturaleza.

10. **Son los microbios animales ó plantas?** Muchas han sido las discusiones suscitadas acerca de si los microbios son animales ó plantas, siendo la verdad que reúnen caracteres de los unos y de las otras.

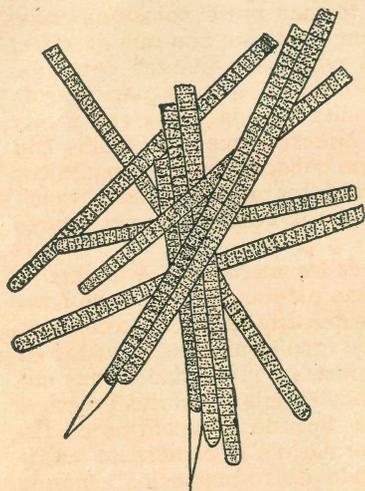


FIG. 17.—Hilos de oscilaria, el grupo más afin á las bacterias.

su modo de crecer, los hilos que los forman y su manera de transformarse en esporos, son caracte-

res de los unos y de las otras. Su facultad de moverse activa é independiente, así como su costumbre general de vivir en otros cuerpos complejos y alimentarse de ellos, autorizan á incluirlos entre los animales; pero su forma, muy semejante á la del grupo rudimentario de plantas verdes llamado *oscilaria*,

res propios de los vegetales. La Fig. 17 manifiesta un grupo de estas oscilarias y prueba su analogía con las bacterias filiformes, por más que aquéllas sean verdaderas plantas de color verde. Por eso se consideran actualmente los microbios como un tipo inferior de plantas parecidas á las oscilarias, pero que carecen de *clorofila*, ó sea de la materia colorante verde de las plantas. La ausencia de clorofila ha obligado á los microbios á proporcionarse alimentos complejos en vez de los simples de que se nutren las plantas verdes, por lo que no debe vacilarse en clasificarlos entre los vegetales. No forman por sí solos una clase, sino una subclase, mejor dicho, una familia estrechamente enlazada con otras plantas comunes. Pero la falta de clorofila y el género particular de vida que de ello resulta han dado margen á una curiosa anomalía. Mientras que las plantas con que se relacionan son conocidas por los botánicos y sólo á ellos interesan, los microbios son conocidos por todos y ocupan la atención de centenares de investigadores.

11. **Clasificación de los microbios.**—Aun admitidas las bacterias como plantas, han ofrecido á los micrógrafos grandes dificultades para clasificarlas y distinguirlas. Casi iguales al parecer, vistas en el microscopio manifiestan propiedades muy diversas y, por tanto, hay en ellas distintas especies. Los micrógrafos han llegado á encontrar en las diferencias en las formas, en la manera de multiplicarse y en el modo de formarse los esporos, datos suficientes para dividir las bacterias en géneros y han dado el nombre de *bacilos* á las bacterias en bastoncillos que forman esporos endógenos. Para las subdivisiones más pequeñas se han buscado otros caracteres, como la forma de la

colonia producida en gelatina sólida, su poder para engendrar enfermedades, etc. Así es que se diferencian hoy los microbios, más bien por sus caracteres fisiológicos que por los morfológicos. Esta base de clasificación no satisface, y sin resolver el problema ha originado gran confusión. Cada microbiólogo trabaja sobre cierto número de bacterias con los datos que ha podido recoger, trabajo que será de mucho valor para él, pero de muy poco para los demás, por la insuficiencia de detalles. Este procedimiento ha sido causa de que muchas especies de microbios hayan sido estudiadas por un observador que las ha clasificado y dado nombre, al mismo tiempo que otros observadores han estudiado desde otro punto de vista las mismas especies microbianas y, debido á la dificultad de establecer comparaciones y á lo incompleto de las descripciones, acaso esas especies hayan sido descritas y clasificadas de diferente manera.

12. **Variedades de microbios.**—Durante largo número de años prevaleció en bacteriología la opinión de que no eran constantes los caracteres de los microbios, sino que algunas especies podían revestir varias formas y poseer propiedades diversas, considerándose por algunos las bacterias como períodos en la vida de las plantas superiores. Estas diferencias no se han decidido aún en ningún sentido. Se ha demostrado que hay especies que pueden cambiar sus caracteres fisiológicos, por ejemplo las bacterias morbígenas, que en condiciones determinadas pierden su facultad de engendrar enfermedades, ó las que agrian la leche, ó las que ponen verde la gelatina. Ahora bien: toda vez que hay que basarse en los caracteres para separar las especies, claro es que estas varia-

ciones han de producir la mayor confusión é incertidumbre. Se ha probado también que algunas especies sufren metamorfosis en su desenvolvimiento y que pueden formar bastoncillos unas veces, otras hilos largos y esporos esféricos otras, habiéndolas también que son movibles en un período, estacionarias en otro, y en un tercero una simple masa de esporos esféricos.

No es de admirar, por tanto, que no se haya llegado todavía á una clasificación satisfactoria de los microbios, ni que los bacteriólogos estén en desacuerdo acerca de este punto. A pesar de esto, es lo cierto que se va formando lentamente un cuerpo de doctrina, reconociéndose hoy como un hecho la constancia fundamental de cada especie. En circunstancias peculiares pueden manifestar variaciones de individuos de una misma especie, pero son constantes en igualdad de condiciones. En la actualidad se admite ya que las bacterias constituyen por sí solas un grupo de plantas; que no son períodos en la vida de otros vegetales superiores, y que al mismo tiempo que ofrecen cierta variación en los estados sucesivos de su existencia, sus caracteres son esencialmente constantes. Con estos datos se ha hecho una clasificación sistemática más ó menos satisfactoria, y todos los microbiólogos están convencidos de que más tarde ó más temprano se clasificarán y describirán las bacterias de un modo tan claro, que puedan caracterizarse perfectamente sus diversas especies.

Aun dado lo incompleto de los conocimientos actuales respecto á las diversas especies, necesario es designarlas con algunas denominaciones. Los microbios se designan comúnmente con un nombre genérico basado en el aspecto que presentan

en el microscopio, aplicándose á las bacterias ordinarias los de *micrococos*, *estreptococos*, *estafilococos*, *sarcinas*, *bacterios*, *bacilos*, *espirilos* y otros menos empleados. Á estos nombres genéricos se agrega uno específico tomado de algún carácter fisiológico dominante: por ejemplo, llámase *bacilo tífico* al que origina la fiebre tifoidea, etc. Estas denominaciones muy útiles cuando se trata de especies conocidas y comunes, son de poco valor en el caso contrario. Acontece con frecuencia que un bacteriólogo estudia un microbio en una localidad determinada y obtiene de él una serie de especies no conocidas todavía á las que da los nombres que le parece, mientras que otro bacteriólogo quizá estudie el mismo microbio en distinta localidad y da á las especies que observe nombres diferentes. Lo que se hace generalmente en estos casos es numerar las especies, teniendo esto la ventaja de que se evite la confusión que produciría dar un mismo nombre á especies distintas ó aplicar diversos nombres á individuos de la misma especie.

13. ¿Dónde se encuentran los microbios.—No hay planta ni animal tan universalmente esparcido en la Naturaleza como las bacterias, lo que, unido á su maravillosa multiplicación, les da la gran importancia que tienen. Cuéntanse unas cuarenta especies en los terrenos en que hay substancias vegetales, algunas veces aún á la profundidad de más de un metro. Abundan mucho en la superficie de esos terrenos, especialmente si son húmedos. Hállanse en todas las masas de agua, encontrándose en el océano á grandes profundidades. Las aguas dulces las contienen también, estando todos sus sedimentos llenos de bacterias, más abundantes en las aguas corrientes

que en las estancadas; lo que se debe á que las corrientes arrastran siempre consigo materias que encuentran en su curso. En los lagos y los estanques se depositan en el fondo mientras sus aguas están tranquilas. El aire contiene multitud de microbios, siendo más numerosos en las capas inferiores que en las superiores de la atmósfera y en los lugares habitados que en los que no lo son. Todo lo que tiende á levantar polvo aumenta notablemente el número de microbios en el aire, el que se llena de ellos por el mismo polvo y por las emanaciones de las personas y de sus ropas. Pulan en cantidad excesiva donde quiera que hay materias en estado de putrefacción, como montones de basura, restos de animales muertos ó de vegetales, estiércol, etc., porque en esos lugares es donde las bacterias encuentran su alimento más apropiado. En el interior de todos los animales se alojan en la boca, en el estómago y en los intestinos, etc., siendo su número muy crecido en la superficie ó exterior del cuerpo. Se introducen en los vestidos, en los bordes de las uñas, entre los cabellos, en todos los pliegues y grietas de la piel y en las excreciones. No existen en la sangre, en los músculos, en las glándulas ni en otros órganos cuando están sanos; y, sin embargo, la leche, la orina y otras secreciones los contienen, porque los hay en los conductos secretorios de estas glándulas. No sólo los animales superiores como el hombre, sino también los inferiores tienen su cuerpo más ó menos cubierto de bacterias: las llevan las moscas en las patitas, los mosquitos en el aguijón, las abejas en los filamentos, etc.

En suma, donde quiera que pueda alojarse polvo, allí se encuentran microbios y cuanto más

impuro sea, peor. En muchas partes están como *dormidos*, ó á lo menos crecen muy poco: los que se adhieren á los cabellos secos apenas se desarrollan, mientras que los que viven en agua ó en la humedad se reproducen mucho. Pero, como toda bacteria ó todo esporo tiene la propiedad intrínseca de multiplicarse, tan luego halla un alimento apropiado ó la conveniente humedad, comienza á reproducirse y sigue nutriéndose ínterin tiene con qué ó hasta que alguna causa impida su desenvolvimiento. Por tanto, los microbios deben considerarse como una potencia constante y universal siempre en acción, que con su presencia y su facultad de producir cambios químicos en el material de que se nutren, están incessantemente en condición de causar transformaciones en la Naturaleza entera.

CAPÍTULO II

APLICACIONES DE LOS MICROBIOS EN LAS ARTES

1. Generalidades.—La variedad de substancias alimenticias en que habitan los microbios, producto casi todas de la vida animal ó vegetal, sirven para atender á sus necesidades. Hay especies que requieren una clase particular de alimentos, y en ellas la vitalidad es más restringida; pero la mayoría vive de gran diversidad de compuestos orgánicos en los que ocasionan alteraciones químicas á medida que van consumiendo material, alteraciones conocidas por los químicos como *cambios de descomposición*. Aprovechándose los microbios de los componentes que forman su

alimento, alteran químicamente las substancias de donde los extraen, y la molécula nutritiva original se transforma en otras más simples, alterándose, por tanto, su naturaleza química. Los productos que resultan se llaman *productos de descomposición* y algunas veces *productos de segmentación ó división*. Como las bacterias, además de la facultad de dividir los alimentos tienen la de formar otros elementos de estas divisiones, son constructoras al par que destructoras. Mas ya sea que construyan, ya que destruyan, cuando se desarrollan en cualquier materia alimenticia, dan origen á varios productos que no existían antes en ella, porque con su admirable reproducción, son susceptibles de causar estos cambios con rapidez y de dar nacimiento á grandes masas de productos peculiares de su desarrollo.

Á esto deben su importancia. No es poca la que les da la propiedad de destruir químicamente los productos alimenticios; pero es mucho mayor la que les proporcionan los productos que resultan de esa serie de cambios. En el propósito de bosquejar siquiera la intervención que los microbios tienen en las industrias y en los procesos naturales, es preciso tener muy en cuenta estas facultades. Hay muchas industrias, que pueden llamarse con propiedad *industrias por maceración*, que están basadas en el poder de descomposición de las bacterias, siendo muy pocas las substancias animales ó vegetales que resisten su influencia, de la que se utilizan frecuentemente los industriales.

2. Beneficios que se obtienen por el poder de descomposición de las bacterias.—*Lino*. El lino se elabora con ciertas fibras del tallo de una planta del mismo nombre. Este tallo no se compone

sólo de fibras útiles, sino que tiene además muchas frágiles é inútiles tan íntimamente ligadas unas á otras, que es imposible separarlas por medios mecánicos. El tejido celular del tallo está unido por un cemento, probablemente una sal de calcio y ácido pectínico, que lo hace una masa compacta; y el arte de preparar el lino consiste en separar las fibras inútiles de las útiles. Para ello se necesita primero reblandecer todo el tejido, lo que se logra por medio de los microbios. Debidamente preparado el tallo, se expone á la acción del calor y la humedad, que bien pronto desarrollan en él las bacterias. Unas veces se pone simplemente el lino á la influencia del rocío y la lluvia; otras se sumerge en agua, en la que se le deja de diez á catorce días; y por un tercer procedimiento el agua se calienta á una temperatura de 24° á 32° centígrados por espacio de 50 ó 60 horas, añadiendo al agua ciertas substancias químicas. El resultado siempre es el mismo. La humedad y el calor desarrollan los microbios con rapidez mayor ó menor según la temperatura y otras circunstancias, siguiéndose una fermentación pútrida que reblandece la goma que mantenía unidas las fibras. Estos procedimientos se conocen con el nombre de *remojo ó enriadura*, entendiéndose por enriadura el hecho de meter en agua por algunos días el lino, cáñamo ó esparto para su maceración. Así se aíslan fácilmente las fibras útiles de las inútiles, que se separan después por una manipulación puramente química, reduciéndose todo á una fermentación. El lino fermentado despidе un olor desagradable y el líquido queda lleno de productos que hacen de él un excelente abono. Hasta hace poco tiempo no se ha estudiado científicamente este procedimien-

to; mas ya se conoce el bacilo producido por la enriadura y se ha demostrado que ésta es un proceso de descomposición del cemento pectínico. Aun no se ha inventado método alguno para separar las fibras del lino sin el auxilio de los microbios.

Yute y cáñamo.—El papel de los microbios en las manufacturas de yute, cáñamo y otras varias fibras semejantes es casi igual en todas ellas. La industria del yute se ha desarrollado al extremo de representar muchos millones de pesos. Como el lino, el yute es una fibra de la corteza interna de una planta, mezclada con otras fibras inútiles. El procedimiento es el mismo en ambos, difiriendo algo los detalles. El yute se fermenta generalmente en depósitos de aguas estancadas, y algunas veces se sumerge en los ríos por tiempo suficiente para que se reblandezca. Después de la fermentación se separan las fibras útiles, que son lo bastante flexibles para hacer sacos, cortinas, manteles, alfombras y otros tejidos.

Para preparar el cáñamo se emplea prácticamente el mismo método.

La fibra del coco, muy análoga á las anteriores, se obtiene de la corteza del cocotero, dejándola fermentar en agua durante seis meses ó un año, en cuyo período se ablanda lo suficiente para que las fibras puedan separarse. Con ellas se fabrican objetos valiosos especialmente por su flexibilidad, felpudos, cepillos, defensas para buques, etc., etc.

En todos estos procedimientos, la fermentación tiene siempre á reblandecer las fibras y las substancias conexas que se desee obtener. La putrefacción ataca toda clase de tejidos vegetales, y si el remojo se prolongare demasiado, las fibras útiles se dañarían. Aun haciendo bien la opera-

ción, es muy probable que la fermentación cause algún efecto nocivo en las fibras, y si se inventase un procedimiento para separar las fibras de la parte leñosa, el material obtenido sería mejor.

Espojas.—En la preparación de las esponjas para el comercio, se utilizan los microbios de un modo análogo. Las esponjas son simplemente esqueletos de animales marinos: cuando éstos están vivos, el esqueleto se encuentra completamente lleno de los tejidos blandos del animal, tejidos que se separan fácilmente. Expuestas las esponjas á los rayos del sol se pudren, y entonces los microbios entran en acción y destruyen los tejidos blandos. Poco tiempo después de esta putrefacción la substancia orgánica reblandecida se separa fácilmente del esqueleto por el lavado.

Preparación de cueros ó pieles.—El curtido del cuero es un proceso puramente químico, si bien en algunos períodos toman parte á veces las bacterias. Cuando los cueros van á las tenerías, debe ante todo quitárseles el pelo y la capa exterior, á cuyo fin se humedecen y ablandan. En algunas curtidorías hacen esta operación empapando los cueros en substancias químicas, y en otras sumergiéndolos en agua ligeramente caliente hasta que se desarrolla la fermentación. Ésta suaviza los cueros por manera tal, que la capa exterior puede desprenderse fácilmente con un cuchillo, saliendo al mismo tiempo el pelo. Como se vé, la putrefacción por los microbios es un auxiliar en el curtido de los cueros.

Maceración de esqueletos.—La preparación de esqueletos para museos, anfiteatros, etc., no es una gran industria, pero no deja de tener su importancia, empleándose comúnmente para ello el procedimiento de maceración, que consiste en su-

mergir el esqueleto en agua durante uno ó dos días. La putrefacción que se desarrolla reblandece el tejido conexivo tanto, que se separan perfectamente las partes blandas.

Ácido cítrico.—También se emplea la fermentación bacteriana en la preparación ordinaria del ácido cítrico, que generalmente se saca del jugo del limón extrayendo el ácido y dejándolo fermentar.

3. Beneficios que se obtienen de los productos de los microbios.—Si bien las bacterias son útiles en las industrias porque dan origen á descomposiciones, su principal valor consiste en sus propios productos. Donde quiera que se apoderen de materias orgánicas y se alimenten de ellas, se desarrollarán nuevos compuestos químicos, resultado en parte de la descomposición, en parte de los procesos constructores, productos que ofrecen grandísima variedad. Especies diferentes de microbios no pueden en manera alguna producir los mismos compuestos, aun cuando se desenvuelvan en idéntico material; al par que las mismas especies pueden dar origen á iguales productos aunque se desarrollen en materiales diferentes. Unos compuestos son tóxicos, mientras que otros son inofensivos; unos son gaseosos y otros líquidos; unos tienen un olor peculiar que se distingue del que despiden las materias en putrefacción, y otros, sabores especiales como el que se nota en la carne en el primer período de la descomposición. Empíricamente se han aprendido métodos para activar el desarrollo de algunos de estos productos, y hoy se aprovechan las propiedades de las bacterias para obtener de ellas lo que se desea. Industrias que representan centenares de millones de pesos se basan en los productos de

las bacterias, que tienen relaciones más importantes con la vida de las sociedades de lo que generalmente se cree.

4. **Los microbios en las industrias por fermentación.**—Las industrias por fermentación se han extendido de una manera gigantesca y constituyen un poderoso factor en la vida moderna. La mayor parte de las fermentaciones se basan en el desarrollo de una clase de plantas microscópicas llamadas levaduras. Las bacterias y las levaduras son dos vegetales microscópicos, acaso estrechamente relacionados entre sí. Los botánicos encuentran en ellos diferencias, fundados en su modo de multiplicarse y, por tanto, los colocan en distintos grupos (Fig. 2). Por su facultad de causar en general cambios químicos en los alimentos, las bacterias y las levaduras son iguales, por más que los cambios no lo sean. Uno de los productos más convenientes para el mayor número de fermentaciones es el alcohol, y aunque las bacterias lo producen, sólo las levaduras lo hacen en cantidad suficiente para las necesidades del comercio. De aquí, que aun cuando la fermentación por los microbios sea más común en la Naturaleza y dé origen á mayor número de productos de descomposición, tiene menos importancia desde el punto de vista comercial y algunas veces hasta es causa de trastornos en los procesos fermentativos. En la fermentación de la malta para obtener cerveza ó del mosto para obtener vino, lo que el cervecero ó el vinatero desean es que las levaduras no se mezclen con las bacterias. Si la levadura es pura, la fermentación es uniforme; pero si los microbios intervienen, es con mucha frecuencia irregular. Estos trastornos se conocen hace mucho tiempo y los

microbiólogos han descubierto ya su origen y el modo de evitarlos en muchas ocasiones, no siendo otra la causa que la presencia de bacterias nocivas en las levaduras. Estudiadas estas bacterias, se ha visto que unas dan nacimiento á un ácido, y los productos son agrios; que en otras los productos son amargos ó consisten en una sustancia viscosa que da al vino y á la cerveza densidad *glutinosa*. Se han encontrado una veintena de microbios capaces de perjudicar las fermentaciones y por tanto los intereses de los fabricantes. Los que son nocivos para los vinos difieren de los nocivos para las cervezas, y siendo su presencia tan común en los procesos fermentativos, preciso es estar siempre en guardia. Estas alteraciones eran más frecuentes antes de que se descubriera que las impurezas bacterianas eran las causantes de las irregularidades en la fermentación: hoy conoce ya el vinatero la manera de evitar los trastornos originados por los microbios, y el cervecero está provisto siempre de un microscopio que le revela la ausencia ó la presencia de esos organismos. Se ve, pues, que aun cuando las fermentaciones alcohólicas no dependen directamente de los microbios, es indispensable el conocimiento de las costumbres y los caracteres de esos microorganismos para dirigir bien las fermentaciones.

5. **Vinagre.**—La importancia industrial y comercial de la elaboración del vinagre no se puede comparar con la de los fermentos alcohólicos. El vinagre es una solución débil de ácido acético con otros ingredientes que proceden del material suministrado por el ácido. Para su manufactura se emplea el alcohol como productor del ácido acético, lo que se efectúa por una simple oxida-

ción, que puede obtenerse por medios puramente químicos. Aunque el alcohol no se une fácilmente al oxígeno en circunstancias ordinarias, si se le hace pasar por una esponja de platino se efectúa la unión con facilidad y se produce el ácido acético, método posible experimentalmente, pero irrealizable en gran escala. En la manufactura del vinagre la oxidación es una verdadera fermentación producida por el desarrollo de los microbios.

La elaboración del vinagre para el comercio se hace por medio de licores ó bebidas poco alcohólicas, siendo las más comunes las de sidra, vino, malta, cerveza y los fermentos de varias otras frutas y granos fermentados, usándose á veces una solución débil de alcohol á la que se añade azúcar y malta. Dejando expuestas algún tiempo al aire estas soluciones, se van agriando lentamente por la conversión del alcohol en ácido acético. Terminada esta operación, el alcohol desaparece, pero no se convierte todo en ácido acético, porque parte del ácido se oxida haciéndose ácido carbónico que se evapora inmediatamente, tanto, que si se prolongara mucho la operación se perdería gran parte del ácido acético.

La oxidación del alcohol en todos los vinagres del comercio se verifica por el desarrollo de los microbios en el líquido. Cuando se efectúa bien, se forma en la capa superior de éste una masa afieltrada densa que se llama *madre del vinagre*, constituida por las bacterias que tienen la propiedad de absorber el oxígeno del aire ó de hacer que el alcohol se una con el oxígeno. Créase que sólo una clase de microbios, el *microderma aceti*, causaba la oxidación del alcohol; pero estudios posteriores han demostrado que

otras especies poco conocidas todavía poseen la misma propiedad (Fig. 18). Cada una de ellas parece ser más eficaz en determinadas condiciones, produciendo más ácido aquéllas cuyo creci-

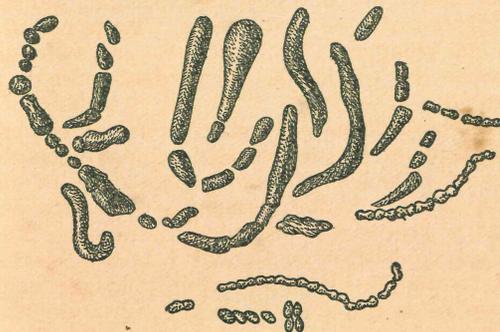


FIG. 18.—Bacilo acético, que es el microbio que produce con más frecuencia la fermentación del vinagre.

miento es más lento. Una vez que el ácido ha llegado á cierta cantidad, las bacterias no pueden producir ya más, aunque haya quedado alcohol sin oxidar, y se detiene generalmente el desarrollo de los microbios cuando la proporción de ácido es de 14%. La formación del ácido depende en absoluto del desenvolvimiento de las bacterias, consistiendo todo el secreto de la elaboración del vinagre bueno, en el manejo hábil de los microbios.

Hay otro medio que difiere poco del anterior para obtener con rapidez el vinagre. Se llena un cilindro grueso con virutas de madera y se hace pasar por él lentamente una solución débil de alcohol. Transcurridas algunas horas de haber

pasado el líquido por las virutas, sale muy cargado de ácido acético. Este procedimiento que parece puramente químico, recuerda la oxidación que se efectúa cuando pasa el alcohol por una esponja de platino, y se ha pretendido que se debe exclusivamente á una oxidación química en la que las bacterias no toman parte; lo que es erróneo, pues siempre que se ha juzgado necesario activar la oxidación, ha habido que rociar las virutas con vinagre caliente. Sólo así se apoderan éstas de los microbios del vinagre y el alcohol no sufre oxidación al pasar por ellas: una vez que las bacterias se han desarrollado lo bastante para cubrir por completo el ácido acético, la producción es mucho más rápida que al principio. Si se deja correr vinagre gota á gota y lentamente por un estambre suspendido por manera tal que las bacterias se diseminen por todo él, y después se deja caer del mismo modo alcohol, la oxidación se verifica y se forma el ácido acético. De estos hechos se deduce que la elaboración del vinagre depende siempre de la acción microbiana, si bien la oxidación del alcohol por el ácido acético puede hacerse por medios puramente químicos, pero que no son prácticos.

La fermentación del vinagre está sujeta á irregularidades que no siempre pueden los fabricantes dominar satisfactoriamente. Como acontece en la fabricación de la cerveza, los microbios contaminadores se abren camino en la masa fermentativa, interrumpiendo su curso normal y alterándose por esta causa el olor del vinagre. Los fabricantes de este líquido no han aplicado todavía á la fermentación ácida los principios que han puesto en práctica los cervecedores, esto es, el uso como promotor de la fermentación, de un cultivo

puro de la misma especie de microbio, lo que está probado experimentalmente que es posible. Sin embargo, los fabricantes de vinagre creen que se obtienen resultados satisfactorios empleando cultivos que no sean absolutamente puros.

6. **Ácido láctico.**—La manufactura del ácido láctico es una industria de menor importancia que la del acético, pero que no deja de ofrecer alguna, toda vez que tiene aplicación en medicina y en las artes. Su producción depende en absoluto de las bacterias. Como se verá más adelante, éste es el ácido que se forma al agriarse la leche y son muchas las especies microbianas capaces de obtenerlo del azúcar de leche. En el comercio se utiliza algunas veces la leche para producir el ácido, pero lo más común es recurrir á otras substancias, empleándose con frecuencia una mezcla de azúcar de caña y ácido tartárico. Para promover la fermentación se añade á la mezcla una cantidad de leche agria ó de queso podrido, ó de ambas cosas. Dicha mezcla contendrá seguramente, además de organismos lácteos, otros microbios que causan efectos diversos; pero los que producen el ácido láctico abundan tanto en la mezcla y se desarrollan con tal vigor, que la fermentación láctea se verifica á pesar de las otras bacterias. Este procedimiento se puede perfeccionar por medio de cultivos puros de organismos lácteos, mas todavía no se ha apelado á ese recurso.

Para la elaboración del ácido láctico se conocen procedimientos químicos que no se emplean en el comercio. Hay distintas clases de ácido láctico, que difieren en la relación de sus átomos con sus moléculas y con la luz polarizada, que unas hacen girar á la derecha, otras á la izquierda

y otras no ejercen acción alguna en este sentido; variedades todas que reconocen por causa los procesos fermentativos.

7. **Ácido butírico.**—La elaboración de este ácido obedece también á los microbios. Puede obtenerse por procedimientos químicos, no obstante lo cual se apela siempre á las bacterias; siendo varias y de diversas procedencias las que lo producen. Se encuentra á menudo en la leche no fresca y en la mantequilla, y el procedimiento de su fermentación fué uno de los primeros que se comprendió bien. También se extrae de varios azúcares, de substancias amiláceas y de glicerina. La presencia de este ácido es perjudicial en ocasiones, puesto que es uno de los factores en la rancidez del queso y otras substancias.

8. **Preparación del índigo.**—La preparación del índigo ó añil es un proceso fermentativo realizado por un microbio específico. Las hojas del arbusto se sumergen en una gran cuba llena de agua y se efectúa una fermentación rápida que da por resultado: primero, que la parte de la planta que constituye la base del índigo se separe de las hojas y se disuelva en el agua; y segundo, que se cambie la naturaleza química del material soluble en el mismo índigo. Al hacerse esta transformación se desarrolla un color azul característico y el material se hace insoluble en agua, quedando una masa azul separada del índigo. Esta masa es el añil.

Es indudable que este proceso se debe á una fermentación causada por una especie definida de microbio que existe en las hojas de la planta. Esterilizadas éstas y sumergidas en agua también esterilizada, la fermentación no se efectúa y no se forma el índigo. Sin embargo, si se añade á

la masa algunas especies de microbios, la fermentación comienza y se presenta el color azul. Esto prueba que el añil es un producto de fermentación microbiana realizada por especies peculiares de bacterias; pero aún no se ha hecho ninguna aplicación práctica de estos hechos.

9. **Los microbios en la cura del tabaco.**—La preparación del tabaco, que tan inmenso valor comercial tiene, está basada en un proceso fermentativo de naturaleza muy diversa de los anteriores. El procedimiento es largo, complicado y consta de varios períodos. Después de seco cuidadosamente el tabaco, se le deja que absorba la humedad de la atmósfera y se coloca en grandes pilas para que sufra un nuevo cambio. Este proceso parece fermentativo, puesto que la temperatura de la masa aumenta con rapidez y se observan todos los indicios de la fermentación. Algunas veces se altera la formación de las pilas por manera tal, que la parte inferior se haga superior y viceversa, después de lo cual el tabaco se envía á los manufactureros para que terminen la operación de la cura. El tratamiento consecutivo varía según la clase de tabaco que se quiera obtener, bien para fumar, para sorber, etc., haciendo siempre la fermentación gran papel. Á veces las hojas se inoculan directamente con material fermentescible. En la preparación del tabaco para sorber, los procedimientos son más complicados que en la del tabaco para fumar. Después de preparado y mezclado con ciertos ingredientes, se hace sufrir al tabaco otra fermentación por espacio de algunas semanas y aún meses. Las fermentaciones se efectúan de diferentes maneras, según el método de preparar el tabaco en polvo, sujetándolo á dos ó tres fermentaciones.

taciones. En la última es en la que se desarrollan el color y el aroma de esta clase de tabaco, y bien sea en la primera ó en alguna de las siguientes, se producen esas cualidades en el tabaco para fumar.

No todos los cambios por que pasa el tabaco para curarlo y lanzarlo al mercado son debidos exclusivamente á los microbios, siendo innegable que en estos procedimientos desempeñan gran papel los fenómenos físicos y químicos. Sin embargo, desde que se corta el tabaco en el campo hasta que va al mercado, su cura está íntimamente asociada con los organismos fermentativos en general. Algunos procesos se deben en totalidad á las bacterias, y en cuanto á los demás, aun cuando ellas no sean agentes exclusivos, son, sí, poderosos auxiliares.

El productor tiene que luchar al principio con algunos microorganismos que producen enfermedades en el tabaco. Durante la seca, si la temperatura, ó la humedad, ó el acceso del aire no están en la debida proporción, se desarrollan varias enfermedades que perjudican ó anulan el valor del producto, resultado de la presencia de ciertos microbios. En la fermentación que sigue á la seca, el productor tiene que luchar también con microorganismos que le hacen mucho daño, y si no ejecuta con regularidad todas las operaciones, la fermentación causará efectos nocivos en el tabaco. Los encargados de preparar este artículo para enviarlo al mercado, deben estar siempre en guardia para impedir el desarrollo de microbios perjudiciales, lo que demuestra cuán delicada es la preparación del tabaco y cuán fácil un fracaso al menor descuido.

En los varios procesos fermentativos para la

elaboración del tabaco, los microbios ayudan al productor y al manufacturero, produciendo la primera fermentación que sigue á la seca y contribuyendo en gran parte á las otras fermentaciones, por más que éstas parezcan ser obra de procesos químicos. Ahora bien, la calidad especial de este artículo depende en parte del tipo de fermentación que se realiza en una ú otra de estas operaciones fermentativas. Como el aroma del tabaco se desarrolla, á lo menos en notable proporción, durante los procesos fermentativos, natural es suponer que las diferentes calidades de tabaco se deban, en cuanto concierne á su aroma, á los diversos modos de fermentación. El número de especies de bacterias que se encuentran en el tabaco en los varios períodos de su preparación es muy crecido, y á juzgar por los conocimientos actuales, parece más que probable que diferentes clases de microbios den ocasión á diferentes resultados en los procesos fermentativos.

Esto no es una simple suposición. Los experimentos han apoyado hasta cierto punto esta conclusión y han dado algunas indicaciones de resultados prácticos para el porvenir. Los bacteriólogos, fundados en que las clases superiores y las inferiores de tabaco se deben á la especie de microbio productor de la fermentación, han tratado de obtener de una clase superior de tabaco las bacterias que contiene, cultivándolas y ensayándolas en otras fermentaciones. Si es cierto que el aroma del buen tabaco es originado por la acción de los microbios propios del terreno en que se cría, parece posible producir aromas similares en otras localidades, siempre que la fermentación se haga por medio de cultivos puros procedentes de la mejor planta. Dos bacteriólo-

gos han hecho por separado experimentos fermentando hojas de tabaco con cultivos puros de microbios sacados de las mejores vegas, y ambos dicen que han tenido éxito y pretenden que han podido mejorar la calidad del tabaco. Además, otros microbiólogos han hecho los ensayos suficientes para indicar que el aroma del tabaco y el carácter de la maduración, pueden alterarse indudablemente por el uso de especies diferentes de microorganismos, en la putrefacción durante los procesos de la cura.

Preciso es confesar que aun se sabe poco sobre el particular. Los trabajos son muy recientes y hasta que se reúnan muchos datos permanecerá este asunto en estado caótico. Es probable que investigaciones posteriores den algún resultado práctico para la industria. El estudio de las levaduras y los métodos de librarlas de la contaminación, han producido cambios en la industria cervecera: acaso en esta otra industria por fermentación, que tanta importancia reviste, el empleo de los cultivos puros pueda producir más adelante igual benéfica revolución.

No por eso se ha de deducir que las diferencias en la calidad del tabaco cultivado en localidades diversas se deba exclusivamente á los métodos de cura y á los tipos de fermentación. Obedecen también á la textura de las hojas y á la composición química de la planta, resultados indudablemente del terreno y del clima en que se hace el cultivo, circunstancias sobre las que no tienen influencia los procesos fermentativos. Puede suceder, sin embargo, que así como los aromas que distinguen la calidad del tabaco tienen por origen el carácter del proceso fermentativo, así también se dominen en el porvenir estos fermentos por el

empleo de cultivos puros, lo que abriría un ancho campo á la industria tabacalera.

10. **Opio.**—El opio que se destina para fumar se somete á un proceso de cura que se prolonga algunos meses, análogo al seguido en el tabaco. El proceso se debe, al parecer, al desarrollo de microorganismos, que en este caso no son bacterias, sino una especie de hongos. La planta es un moho, y se cree que inoculándola con cultivos de este moho, se efectuará la cura con rapidez.

11. **Fermentaciones nocivas.**—Antes de terminar el asunto objeto de este capítulo, hay que decir algo acerca de las fermentaciones perjudiciales que entorpecen muchas veces las industrias, exigen para combatir las medios especiales, y á veces hasta la creación de otras nuevas. Como agentes de descomposición, las bacterias son inconvenientes donde quiera que haya un material que se desee conservar; y como abundan tanto, necesario es contar con que han de atacar seguramente toda substancia fermentescible que esté expuesta á la acción del aire ó del agua. Es sabido que en las industrias por fermentación, causan frecuentemente procesos irregulares. La propiedad que tienen los microbios de vivir en todas partes, hace imposible la conservación de carnes, frutas y otros vegetales sin valerse de medios adecuados para lograr el resultado apetecido; lo que ha dado nacimiento á una de las industrias más importantes, el envase en latas de las carnes, los pescados, las frutas, etc., envase que no tiene otro objeto que el de preservar estos artículos de los ataques de los microbios. El método es muy sencillo y consiste en calentar la lata hasta cierta temperatura elevada y soldarla

herméticamente estando aún caliente. El calor mata todos los microorganismos que pueda haber en la lata y la oclusión de ésta impide la entrada de otros nuevos. Puesto que todas las descomposiciones orgánicas se realizan por los microbios, la lata esterilizada y sellada se opondrá á ellos por tiempo indefinido si la operación ha estado bien hecha. Los métodos para ejecutarla debidamente varían en detalles según la industria, pero en el fondo todos son iguales. Es interesante el hecho de que este modo de conservar las carnes se inventara en el siglo XVII, antes de que se sospechara las relaciones entre las bacterias y la fermentación y la putrefacción: y ya era de uso común cuando los hombres científicos disputaban aún si se podría evitar la putrefacción impidiendo el contacto de los microbios. Esta industria ha adquirido un desarrollo admirable en los últimos años, desde que se comprendieron los principios sobre los que se basaba, principios que han llevado á mejores métodos para la destrucción de las bacterias y la oclusión de las latas.

Hay ocasiones en que los microbios se utilizan para dar á ciertos alimentos tal ó cual aroma, éste ó el otro gusto. El olor peculiar de las carnes cuando no son frescas se debe á un principio de descomposición y todo el mundo conoce el efecto que las bacterias producen en los quesos y la mantequilla. Á pesar de todo esto, la tendencia general debe ser siempre á impedir el desenvolvimiento de los microbios en los alimentos, los cuales se deben secar, sazonar ó conservar de algún otro modo que se oponga á la presencia de las bacterias, lo que ha dado origen al desarrollo del comercio del hielo y á la nueva industria de los refrigeradores. Los microbios obligan también á ahumar el jamón,

la carne y el pescado y á salar y secar algunos pescados, carnes y otros artículos alimenticios, á conservar el cerdo en salmuera y á otra multitud de operaciones destinadas á la preparación y conservación de muchas substancias alimenticias.

CAPÍTULO III

LOS MICROBIOS EN SUS RELACIONES CON LA LECHE Y LA FABRICACIÓN DE MANTEQUILLA Y QUESOS

1. Historia de estas industrias.—El extraer la leche y la fabricación de mantequilla y quesos es una de las industrias más primitivas, puesto que desde los tiempos más remotos el hombre utilizó la leche, guardó ganados en el pastoreo primitivo y elaboró quesos. Durante tantos siglos, se inventaron muchos procedimientos con objeto de lograr mejores resultados; pero todos esos procedimientos, hijos de la rutina y no de conocimientos científicos, distaban mucho de ser satisfactorios. Desde mediados del siglo XIX y merced á la aplicación de los adelantos de la microbiología, se crearon nuevos métodos y se dió gran impulso á esas industrias, pudiendo decirse que los que hoy se dedican á ellas en grande escala, están quizá más familiarizados con los microbios y sus actividades que los demás industriales en sus diversos ramos, y que además de cuidar bien los ganados y guardarlos, se ocupan muy especialmente en impedir el desarrollo de las bacterias en la leche y en estimular su desenvolvimiento en la crema, la mantequilla y el queso.

2. **Origen del desarrollo de los microbios en la leche.**—Hay que fijar la atención ante todo en que en el momento de extraerse la leche de un animal sano, no contiene bacterias. Aunque éstas tienen el don de habitar en casi todas partes, está demostrado, después de muchas investigaciones, que no se encuentran en los flúidos circulatorios de los animales sanos, ni sus glándulas los segregan. También se ha probado que todos los cambios normales que se presentan en la leche después de segregada, son ocasionados por los microbios, hecho que fué negado durante mucho tiempo; pues aunque se sabía que las putrefacciones y descomposiciones eran producidas por microorganismos, se exceptuaba de esta regla general á la leche. La uniformidad con que se agria y la casi imposibilidad de impedirlo, hizo creer que ese fenómeno era característico de la leche, como la coagulación es característica de la sangre, hasta que se comprobó que mediante ciertos cambios físicos relacionados con la evaporación y una ligera oxidación de la grasa, la leche quedaba libre de bacterias y no sufría cambio alguno. Si no existieran en ella los microbios, se mantendría siempre dulce.

Pero es imposible extraer de la vaca leche que no contenga microbios, como no sea tomando precauciones irrealizables. Tal como se ordeña de ordinario, es seguro que está más ó menos contaminada, y cuando se la recoge en las vasijas lleva ya un gran número de bacterias. Si estos microorganismos no existían al segregarse la leche, claro es que han de proceder de otras fuentes.

El primer origen de los microbios en la leche es el animal de que se extrae, bien sea vaca, oveja, cabra, burra, etc. Aun cuando la leche esté este-

rilizada al ordeñarla y el animal no tenga microbios en su sangre, ese mismo animal es fuente prolífica de contaminación bacteriana. En primer lugar están llenos de bacterias los conductos lácteos, en los que queda siempre algún líquido muy apropiado para el desarrollo de los microbios. Además, algunos procedentes del aire y del polvo, etc., penetran en esos conductos y comienzan inmediatamente á multiplicarse, y cuando la leche cae en la vasija está ya plagada de microorganismos. El exterior de la vaca los contiene también en gran número, y cada pelo, cada partícula de polvo, cada montoncillo de estiércol, es una guarida de esos microscópicos seres. El cuarto trasero del animal está generalmente muy sucio por descuido, y mientras lo ordeñan levanta con los movimientos de la cola parte del polvo y la basura, que van á caer en la leche. El ordeñador sabe esto perfectamente, tanto que cree necesario muchas veces colar la leche acabada de ordeñar; pero lo hace filtrándola por un colador ó lienzo basto por el que no pasan las basuras, pero sí las bacterias. Por otra parte, las vasijas tienen también microbios, porque no se lavan debidamente y quedan en ellas muchos microorganismos dispuestos á desenvolverse tan pronto como se eche material en el recipiente. El mismo ordeñador contribuye á la contaminación, con sus manos y sus vestidos. Por último, el aire suministra su contingente, si bien no tan abundante como antes se creía. Es cierto que puede contener el polvo que en él flota, muchas bacterias y que éstas pueden caer en la leche, sobre todo si el ganado ha comido heno ó lo está comiendo mientras lo ordeñan; pero si no hay en la atmósfera ese polvo ú otro análogo, es muy pequeño el

número de bacterias que comunica á la leche, en comparación de los otros factores mencionados.

Como se ve, la leche se llena de microbios que encuentran un terreno propio para desarrollarse, tanto más cuanto que la alta temperatura á que se halla al extraerla favorece ese desarrollo. Á las pocas horas la multiplicación es tan maravillosa, que apenas puede concebirse el número á que llega en veinticuatro horas, pudiéndose asegurar que al día siguiente de extraída la leche contiene muchos millones de estos animalculos, cifra que depende del tiempo y de la temperatura. Entretanto los microbios no han permanecido inactivos, antes al contrario, han dado margen á grandes cambios químicos, perjudiciales para el lechero, pero beneficiosos para el fabricante de quesos y mantequilla.

3. Efectos de los microbios en la leche.—La primera y más importante de las alteraciones que se realizan en la leche es la de agriarse, fenómeno tan constante que se consideraba como inevitable y se creía cualidad intrínseca de ese líquido. Hoy se sabe que es causado por la acción de ciertos microbios sobre el azúcar de leche, á la que convierte en ácido láctico, que es el que le da el gusto agrio y la cuaja. Una vez que se produce este ácido, aún en pequeña cantidad, su presencia es perjudicial para el desenvolvimiento de los microbios, lo que hace que el líquido no sufra otro cambio durante algún tiempo.

El fenómeno de agriarse la leche se ha considerado generalmente como uniforme en todos los casos. Cuando los microbiólogos comenzaron á estudiarlo, supusieron que se debía siempre á una misma especie de microorganismos que denominaron *bacilo del ácido láctico* (*bacillus acidi lactici*)

(Fig. 19), que tiene ciertamente la propiedad de agriar y que es muy común en las lecherías. No obstante, fijando más la atención en el particular, se vió que el agriarse espontáneamente la leche no depende siempre de una misma especie de microbios, siendo varias las que poseen esa cualidad, si bien cada una á su manera. Todas producen algún ácido, pero difieren en la clase y en la cantidad de éste y muy especialmente en los otros cambios que se efectúan al mismo tiempo de acedarse la leche. Á pesar de eso, trabajos más recientes tienden á demostrar que la mayoría de los casos de acidificación espontánea de la leche es causada por bacterias que, aunque variables hasta cierto punto, constituyen probablemente una sola especie y son idénticas al bacilo del ácido láctico (Fig. 19).

Estudiando todavía más detenidamente el efecto que producen en la leche las diferentes especies de bacterias, se nota que ocasionan gran variedad de alteraciones cuando se las deja desarrollar en ella, alteraciones que después son origen de muchas dificultades para el quesero. Unas veces se cuaja sin acedarse; otras se pone amarga ó adquiere un gusto desagradable; en otras ocasiones se observa que en lugar de agriarse ó cuajarse se pone tan viscosa que forma hilos; otras, la leche en el momento de agriarse toma un hermoso color azul, ó rojo, ó amarillento, cambios que persisten, hágase lo que se quiera por remediarlos, y que prueban la presencia en la leche de microbios extraños é improprios de ella.

Los bacteriólogos han podido explicar satis-



FIG. 19.—Bacilo del ácido láctico.

factoriamente la relación entre estas infecciones y las varias especies de microbios. Han encontrado unas que cuajan la leche sin agriarla; otras que la hacen amarga; otras que le dan un color especial; más de veinte especies que tienen la cualidad de hacer la leche viscosa; dos, por lo menos, que la tornan azulada; dos ó tres que producen pigmentos rojizos (Fig. 20) y una ó



FIG. 20.—Microbio que da á la leche un color rojizo.

dos que le dan un color amarillo. Es, por tanto, innegable que todas estas infecciones obedecen al desarrollo de bacterias extrañas á la leche, tan perjudiciales para el productor como para el consumidor. Es indispensable tratar de evitar estos inconvenientes, lo que puede hacer el lechero, á lo menos hasta cierto punto, con mayor ó menor

dificultad. Conocida la procedencia de los microbios infecciosos y sabido que las temperaturas bajas son poco favorables para ellos, la cuestión se reduce á tener el mayor aseo y cuidado posibles en las queserías y en la extracción de la leche. La mayor parte de los perjuicios provienen de algún origen extraño de infección, entendiéndose por origen extraño aquél que puede evitarse con las precauciones debidas. Verdad es que las bacterias que acidifican la leche están tan universalmente esparcidas, que no se pueden eliminar por los medios indicados; pero sí se pueden dominar todos los demás trastornos. Si el lechero quiere obtener buen resultado en su trabajo, ha de tener muy presente las causas antes citadas como productoras de estas alteraciones: el polvo del aire, el del heno, la basura, las suciedades de la piel del animal, etc., etc.; pues está probado

que manteniendo completamente aseadas las vasijas; cuidando de que las vacas estén perfectamente limpias; atendiendo debidamente al granero, al pajar y á la quesería, y empleando temperaturas bajas, la leche no adquiere mal gusto ni sufre otra alteración que la acidez. Interin se quiera dar la leche barata, será mala y lejos de economizarse, se ganará menos.

La bacteriología ha enseñado que todo estriba en contrarrestar el rápido desarrollo de ciertos microbios y las consecuencias que acarrearán, y con este objeto se han inventado procedimientos para la manipulación de la leche y se ha aconsejado que cuando se distribuya se coloque entre hielo á fin de que se conserve más pura.

4. **Los microbios en la elaboración de la mantequilla.**—*Punto de sazón de la nata ó crema.* Si los microbios perjudican para la extracción y conservación de la leche, en cambio favorecen la elaboración de la mantequilla. Sin darse cuenta de ello, los fabricantes de este artículo venían desde hace muchos años aprovechándose de los productos de las bacterias. La nata, tal como se obtiene de la leche, contiene microbios que se desarrollarán en la una con la misma facilidad con que se desarrollaban en la otra. El fabricante rara vez bate la nata acabada de obtener de la leche. Verdad es que hay lugares en que es grande la demanda de mantequilla dulce; pero, en la mayoría de los países consumidores de este artículo, solicitan otra clase, y para prepararla, sujetan la crema antes de batirla á un procedimiento conocido con el nombre de "sazón" ó "acidificación." Para sazonar la nata se la deja reposar por espacio de 12 horas ó de dos ó tres días según las circunstancias, en una cuba grande, en cuyo período

de tiempo se realizan varios cambios. Las bacterias que naturalmente contenía la nata, tienen oportunidad para desarrollarse, y cuando la sazón es completa son extremadamente numerosas, aconteciendo en la crema lo mismo que acontece en la leche. Unas veces se agua, otras se cuaja ligeramente y adquiere un gusto y un aroma peculiares de que carecía antes. Hecho esto, la nata se bate, después de cuya operación los microbios hacen ya poco efecto. Parte de ellos se reúnen en la mantequilla y la otra parte se separa en el suero y los procesos sucesivos. Gran número de los primeros mueren por falta de condiciones adecuadas, y los que quedan son poderosos agentes para hacer enranciar la mantequilla, lo cual ofrece ya poca importancia para el fabricante.

El objeto de acidificar la nata es el de ponerla en mejores condiciones para hacer la mantequilla. Los manufactureros saben por experiencia que la nata sazónada se bate con más rapidez que la crema dulce y rinde mayores productos, y por tanto, procuran desarrollar en la mantequilla el sabor y el aroma característicos de los productos más superiores. La mantequilla de crema dulce carece de ambas cosas, siendo en realidad su gusto idéntico al de la crema; mientras que la procedente de crema sazónada tiene gusto y aromas peculiares muy conocidos por los aficionados, que se desarrollan en el período de sazón.

Los microbiólogos han podido explicar casi con seguridad la tendencia de esta sazón, que en realidad no es más que un proceso de fermentación comparable al que se verifica en la malta. El desarrollo de las bacterias durante el proceso de sazón es complicado y se relaciona con todos

los ingredientes de la leche. El bacilo del ácido láctico afecta el azúcar de leche produciendo ácido láctico; otros actúan sobre la grasa dando origen á otros cambios, mientras que algunos obran sobre la caseína y la albúmina de la leche, resultando de todo esto productos dobles de descomposición, que son los que constituyen la diferencia entre la crema sazónada y la que no lo está; los que la hacen agriar ó cuajar; los que producen el sabor y el aroma que la caracterizan. Los productos de descomposición, se consideran generalmente como impropios para el alimento, lo que es igualmente cierto respecto de los que nacen en la nata, si la descomposición se prolonga más de lo debido. Si la acidificación, en vez de detenerse al transcurrir uno ó dos días dura más tiempo, la nata se pudrirá y la mantequilla será mala y nociva. Pero, bien hecha la operación, llevado el procedimiento sólo hasta el punto necesario, los productos de descomposición serán más bien agradables y se conseguirá en la mantequilla y la nata el aroma y el gusto apetecidos.

Por desgracia, no siempre puede el que hace la mantequilla dirigir á su placer la sazón, habiendo ocasiones en que sin motivo alguno se hace de un modo poco satisfactorio, desarrollándose gustos y aromas desagradables. La experiencia ha probado además que hay lugares en los que nunca se obtiene buena mantequilla de la crema, mientras que en otros, en igualdad de circunstancias, los resultados son excelentes. La bacteriología moderna ha explicado esta especie de misterio. En la leche y, por consiguiente, en la nata, se encuentran siempre microbios abundantes, pero de distintas especies. En derredor de los graneros y las queserías hay acaso cente-

nares de especies microbianas, lo que establece diferencias muy marcadas en el carácter de la sazón según la especie que domine en la localidad (Figs. 21 á 25). Si el fabricante obtiene nata pro-

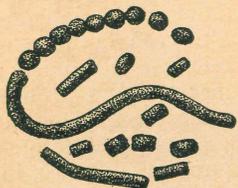


FIG. 21.—Microbio que produce en la mantequilla gusto agradable. Esta especie se ha usado en el comercio para sazonar la nata.

vista de bacterias capaces de producir buenos aromas, la sazón será satisfactoria y la mantequilla que se elabore de clase superior, mientras que sucederá lo contrario en condiciones opuestas. Afortunadamente, la mayoría de los microbios propios para una buena sazón producen buenos efectos en la nata y no ejercen influencia nociva en su gusto ni en su aroma, debiéndose á esto que la mayor parte de las veces se consiga elaborar mantequilla buena. Las bacterias perjudiciales son menos comunes, sobre todo en las queserías y los graneros aseados y bien atendidos, y de aquí que la costumbre seguida por muchos fabricantes de sazonar la nata con cualquiera bacteria, produzca resultados favorables. Pero estos mismos fabricantes han notado que á veces cuando el ganado cambia de alimento á causa de las estaciones, la acidificación se hace de una manera anormal y la calidad de la mantequilla desmejora.

Mientras que la manteca ó mantequilla se elaboraba en pequeñas queserías particulares, estos fracasos tenían poca importancia; pero hoy, que esa industria está concentrada en grandes establecimientos, es asunto de interés descubrir los medios de asegurar uniformidad en la producción.

Si en una fábrica que haga 300 kilogramos de mantequilla al día ocurre algún trastorno en la sazón, el fabricante no puede menos de sufrir grandes perjuicios, y si los trastornos se repiten á menudo, acaso acarreen la ruina del industrial.

El remedio contra estos males no está al alcance de los fabricantes. Éstos hacen la mantequilla con la crema que les proporcionan, y si ésta está impregnada de bacterias nocivas, el fabricante no puede hacer nada para impedirlo. Ciertamente se remedian mucho estas dificultades ejerciendo especial vigilancia en los establecimientos que suministran la crema. Si los graneros, las vacas, las vasijas, las casas, etc. se mantienen en estado de escrupulosa limpieza, si se atiende á la estación del año en que con más frecuencia ocurren estas alteraciones y al alimento que se da al ganado, por regla general la nata no estará infectada por microbios malignos, porque es sabido que éstos proceden de la suciedad y el desaseo. Se ha demostrado que estas medidas de precaución son realmente practicables y que los establecimientos en que se produce mantequilla más uniforme y superior, son aquéllos en que se observan más rigurosamente las precauciones debidas.

Pero estos métodos no son un remedio seguro contra las especies impropias de microbios, ni facilitan recursos para lograr que la mantequilla tenga un gusto uniforme. Tanto es así, que éste variará aún en las mejores condiciones según las épocas del año y otras circunstancias. La mantequilla hecha en invierno es inferior á la elaborada en verano, y aun cuando esto se deba en



FIG. 22.—Bacterias que producen en la mantequilla un aroma agradable.

gran parte al diferente alimento que se da al animal y al carácter de la crema que resulta de esta alimentación, las variaciones en el sabor de la mantequilla obedecen también á las diversas especies de microbios que se desarrollan durante la sazón, según las estaciones. Los microbios que la crema tiene en junio difieren de los que tiene en enero, hecho que reviste gran importancia en la determinación de la diferencia que hay entre la mantequilla elaborada en invierno y la elaborada en estío.

5. Uso de los cultivos artificiales de microbios para la sazón de la crema.—Hace tiempo que los bacteriólogos tratan de auxiliar á los fabricantes de mantequilla facilitándoles medios para obtener los mejores resultados en la sazón de la nata. El método para conseguirlo es muy sencillo en principio, pero en la práctica ofrece sus dificultades. Basta con proporcionarse especies bacterianas de las que ofrecen mejor éxito y dárselas á los manufactureros en gran cantidad y en forma de cultivos puros para que inoculen la nata con los cultivos que les convengan. Con tal objeto, los microbiólogos han estado buscando durante mucho tiempo las especies de bacterias propias para lograr el fin apetecido y han puesto en circulación diferentes *cultivos puros*. Estos cultivos afectan varias formas, pero siempre se componen de grandes cantidades de bacterias que la experiencia ha enseñado son beneficiosas para la sazón de la nata.

Sin embargo, han surgido dificultades que se oponen á un éxito completo, siendo la principal el método para emplear los cultivos puros en la elaboración de la crema. La que los fabricantes de mantequilla han de sazonar está como ya se

ha dicho, impregnada de microbios, y se sazonaría por sí propia aun cuando no se le añadieran los cultivos puros. Éstos no se pueden emplear con tanta facilidad como la levadura en la masa para hacer el pan. Claro es que la simple adición de un cultivo puro á cierta cantidad de nata no produciría los efectos deseados, porque en ese caso, la crema se sazonaría no por el cultivo puro, sino por el de todas las demás bacterias que primitivamente existieran en ella, lo que impone la necesidad de eliminar todos los microbios de la nata antes de añadir el cultivo puro. Esto se puede lograr fácilmente calentándolo á una temperatura de 69° centígrados (155° F.) por espacio de algún tiempo, temperatura suficiente para destruir la mayor parte de las bacterias. La adición consecutiva del cultivo puro de los microorganismos que han de sazonar la nata, bastará para que ésta se sazone debidamente. Este método ha dado buenos resultados y se ha adoptado rápidamente en algunos países.

A pesar de esto, no se ha hecho muy popular en otras comarcas, porque los muchos gastos y molestias que trae consigo, han sido causa de que los fabricantes no lo hayan aceptado. Con este motivo, así como con objeto de familiarizar á los fabricantes de mantequilla con el uso de los cultivos puros, se ha procurado obtener los mismos efectos, si bien con resultados menos uniformes, empleando los cultivos puros sin calentarlos previamente. Según este procedimiento, se agregará



FIG. 23.—Bacterias que producen en la mantequilla un gusto agradable.

á la crema una gran cantidad de cultivo preparado de ciertas especies de bacterias, fundándose en que la adición de tan abundante número de microorganismos á la nata, aunque esté inoculada ya de ciertas bacterias, producirá una sazón originada principalmente por el cultivo artificial agregado. Añadido así este cultivo, que excederá con mucho á las otras especies nocivas, no puede menos de tener influencia sobre ellas. Este método no ofrece desde luego uniformidad, y si en unos casos da buenos resultados, no los da cuando ya la crema está sobrecargada de microbios malignos. Si bien el procedimiento tiene la ventaja de permitir la sazón sin adición alguna, es inferior al que primero esteriliza la leche y después le añade el cultivo puro.

Otro método de añadir bacterias á la crema, que presenta á veces grandes ventajas, consiste en el uso de lo que se llama un *fermento natural*. El fermento natural estriba sencillamente en tomar cierta cantidad de crema de la mejor procedencia posible, esto es, de la quesería más limpia ó de ganado que produzca nata de calidad superior, y dejarla durante dos días en un lugar caliente, hasta que se acidifique. En este espacio de tiempo la crema se llena de gran número de microbios, y entonces se agrega como un fermento á la nata que se haya de sazonar. Claro es que con este método el fabricante no podrá conocer la clase de bacterias que se desarrollarán en el fermento; pero se ha visto prácticamente que si la crema procede de buen origen, los resultados son muy favorables y se logra siempre una mejora en la mantequilla.

El método de los cultivos es relativamente nuevo, casi en todas partes. En los países que se

dedican á la industria de la mantequilla, se emplea ya hace algún tiempo y cada día se extiende más. No puede predecirse lo que el porvenir tendrá reservado acerca de este particular: pero parece probable á lo menos, que una vez vencidas las dificultades que ofrecen los detalles, llegará una época en que los cultivos puros se usarán por todos los fabricantes para acidificar la crema, de la misma manera que hoy emplean los panaderos las levaduras para amasar el pan, ó los cerveceros para fermentar la malta. Esos cultivos serán proporcionados por la bacteriología, que ofrece en un futuro próximo á los fabricantes del artículo en cuestión, un método para dirigir la sazón de la crema por manera tal, que asegure la producción de una mantequilla uniforme y de superior calidad, en cuanto concierne á su aroma y su sabor.

6. Las bacterias en la fabricación de los quesos.

—*Sazón ó maduración del queso.* Para la elaboración del queso el industrial depende aún más de las bacterias que para la elaboración de la mantequilla. En la manufactura de los quesos, la caseína de la leche se separa de los otros productos mediante el *cuajo* y se reúne en grandes masas comprimidas formando el queso fresco. Éste se deja abandonado durante algunas semanas y en ocasiones por espacio de algunos meses, con objeto de hacerle sufrir el proceso conocido con el nombre de *sazón ó maduración*, durante el cual se desarrollan en el queso los gustos y aromas característicos de este artículo cuando ya está enteramente elaborado. El gusto del queso fresco es muy diferente del sazonado. Mientras la mantequilla no sazonada tiene un sabor agradable y muy estimado en algunas localidades, en ninguna se solicita el queso sin sazonar, porque á nadie

gusta, siendo preciso convenir en que el valor de este producto depende de su gusto y su perfume, que sólo se desarrollan en la maduración.

La operación de sazonar el queso es la que más dificultades presenta en esta industria, porque el fabricante puede hacer muy poco en el particular. Aun cuando parezcan favorables todas las condiciones, aun cuando se emplee el mayor esmero, ocurre muy á menudo que la maduración se verifica de un modo enteramente anormal, resultando un producto que dista mucho de ser bueno. El quesero no comprende en qué consisten estas irregularidades ni cuenta con medios para contrarrestarlas. La sazón anormal se efectúa de varias maneras. Unas veces el queso queda extraordinariamente poroso, lleno de grandes agujeros llamados ojos que hacen se hinche y pierda su forma y su valor y de ahí el dicho del vulgo: "el pan con ojos y el queso sin ellos." Otras veces aparecen en el queso unas manchas encarnadas ó azules, y otras se desarrollan en él un gusto y un aroma tales, que inutilizan el producto. Si se descubriese algún medio para hacer desaparecer estas irregularidades, sería un gran adelanto en la industria quesera y un gran beneficio para los fabricantes, á cuyo fin se han hecho muchas tentativas para dar al industrial detalles que lo pongan en estado de dirigir á su placer la maduración.

Los bacteriólogos interesados en la fabricación de los quesos han realizado grandes estudios acerca del particular. *A priori* parece muy probable, casi seguro, que la sazón es resultado del desarrollo de los microbios, y que, como la sazón de la mantequilla, es un proceso que algunas veces se desenvuelve con cierta lentitud.

Es un cambio químico acompañado de la destrucción de sustancias proteideas, que se efectúa mejor á las temperaturas propias para favorecer el crecimiento de las bacterias, fenómenos todos que hablan mucho en apoyo de la acción de estos microorganismos. Además, el gusto y el olor que se desarrollan tienen semejanza en muchos casos con los productos de descomposición de los microbios, especialmente en el queso de Limburgo, fuerte y de muy mal olor, razones que comprueban la exactitud de la deducción sacada *a priori*. La maduración del queso, sea de la clase que quiera, depende de diversos factores. La manera de prepararlo; la cantidad de agua que se deja en la cuajada; la temperatura de la sazón y otras circunstancias relacionadas con el proceso mecánico de la manufactura del queso, afectan las condiciones de éste. Pero, á más de estos factores, hay otro indudablemente, que es el número y carácter de los microbios que por incidencia caen en la cuajada cuando el queso se está elaborando. Del mismo modo que se ve que los quesos tratados por métodos diferentes maduran de diferente manera, y también que los que han estado sometidos á las mismas circunstancias y se han tratado de idéntica manera, pueden madurar de diverso modo, resultando en sus respectivos sabores variaciones que podrán ser ligeras ó muy marcadas, pero que son innegables. Todo el mundo conoce la gran diversidad que hay entre los sabores y aromas de quesos distintos, diversidad debida en gran parte á otros factores que el simple proceso mecánico de la elaboración. La completa analogía en la totalidad del proceso y la fermentación microbiana, inducen desde luego á creer que algunas

de estas diferencias características son producidas por especies distintas de bacterias que se multiplican en el queso, produciendo en él la descomposición consiguiente.

Estudiados estos hechos desde el punto de vista de la microbiología, su demostración se hace fácil. Que la sazón del queso se origina por el crecimiento de las bacterias, se demuestra bien manufacturando quesos con leche libre de estos organismos. Por ejemplo, quesos elaborados con leche previamente esterilizada—proceso que destruye la mayor parte de los microbios—y tratados en todo lo demás por los procedimientos normales, no maduran; pero permanecen por espacio de meses con un gusto y aroma peculiares. En otros experimentos se ha tratado el queso con un desinfectante sólo en cantidad suficiente para impedir el desarrollo de los microbios, y se ha visto que la maduración no se efectuaba tampoco. Por otra parte, si se estudia el queso en condiciones ordinarias durante el proceso de sazón, se notará que las bacterias crecen en ese espacio de tiempo. Unidos todos estos hechos, prueban claramente que la fermentación del queso es una fermentación microbiana. Obsérvese, sin embargo, que en el queso las circunstancias no son favorables para el fácil crecimiento de las bacterias: verdad es que en el queso existen alimentos suficientes para la subsistencia de los microbios; pero, el queso no es muy húmedo, su densidad es grande, está sujeto siempre á una presión mayor ó menor, y el oxígeno no puede penetrar fácilmente en el interior de su masa. La densidad, la falta de humedad suficiente y de oxígeno, son circunstancias poco apropiadas para el desenvolvimiento de las bacterias. Esas circunstancias

son menos favorables que para la sazón de la crema, y los microbios no crecen de ningún modo con la rapidez con que lo hacen en la nata. Á pesar de esta lentitud en el desarrollo, las bacterias se multiplican en el queso, y á medida que la sazón avanza, se hacen más y más abundantes, fluctuando su número según las circunstancias.

Cuando se intenta determinar la relación de las diversas clases de sazón con las distintas especies de microbios, se dista mucho de alcanzar grandes resultados. Que los diferentes aromas y gustos se deben á la sazón producida por las varias especies, parece casi seguro, si se tiene en cuenta, como ya se ha indicado, las diversas clases de descomposición causadas por cada especie de microorganismos. Parece también que no debe ofrecer gran dificultad separar del queso madurado las bacterias presentes en él y obtener así la sazón deseada; pero esto no es tan sencillo en la práctica como aparenta serlo en la teoría. Muchas especies de bacterias se han separado de los quesos. Estudiando un bacteriólogo varios quesos, separó unas 80 especies y otros han separado quizá muchas más. Por otra parte, se han hecho experimentos con un número considerable de especies con objeto de determinar si son capaces de producir una sazón normal; experimentos que han consistido en hacer quesos de leche desprovista de bacterias é inoculada después con gran cantidad de las especies en cuestión. Hasta ahora estos experimentos no han sido satisfactorios. En unos casos el queso no se maduraba, y en otros la maduración se efectuaba, pero el producto resultante era de una clase especial, completamente distinta de la que se quería imitar. Recientemente se han practicado algunos experimentos

que hacen esperar mejor éxito que los anteriores, porque se han empleado unas cuantas especies de microbios, en las que los bacteriólogos creen poder tener más confianza. El queso elaborado de leche inoculada artificialmente con esas especies, madura por manera satisfactoria, y produce los resultados apetecidos, aunque todavía no se ha logrado en ningún caso la sazón típica normal.

Estos experimentos han demostrado indudablemente que la maduración anormal común en las queserías se debe á la presencia en la leche, de bacterias impropias. Muchos ensayos practicados para hacer quesos por medio de cultivos artificiales de bacterias, han producido imperfecciones en la sazón idénticas á las que ocurren en las queserías. Se han encontrado algunas especies de bacterias que empleadas artificialmente para sazonar el queso, originan en éste los mismos poros ó huecos, la misma hinchazón é iguales alteraciones en la forma de que ya se ha hablado (Fig. 24).



FIG. 24.—Bacterias que en las queserías producen la hinchazón del queso.

Otras especies han producen mal gusto y mal olor en el queso; comprobando todo esto que la maduración anormal obedece ante todo al desarrollo de microbios impropios. Se han aislado muchas especies bacterianas que dan origen á una sazón anormal y se han estudiado y hecho experimentos con ellas por los bacteriólogos. Como resultado de estos estudios sobre la maduración anormal, se ha aconsejado para dominar parcialmente estas especies el método de procurar evitarlas, método que sólo

consiste en ensayar las cualidades fermentativas de la leche que se vaya á emplear. Se llevan á las queserías ejemplares de leche de diversas procedencias, y se dejan hasta que sufran la acidificación normal. Si la fermentación ó acidificación es de un carácter normal, se considera la leche buena para la elaboración del queso; pero si en alguno de los ejemplares de leche la fermentación fuere anormal, si se produjera en él una cantidad considerable de burbujas de gas ó se desarrollara mal sabor ó un perfume desagradable, se le considerará como perjudicial para la manufactura del queso, propio sólo para causar una sazón anormal, y se le excluirá. Claro es que esto no es más que una tentativa y un método que no satisface plenamente para asegurar la sazón, pero que, sin embargo, tiene cierto valor práctico para los fabricantes de queso y es el único conocido hasta hoy para dirigir hasta cierto punto la maduración.

Los bacteriólogos confían mucho en obtener en el futuro mejores éxitos que los que han obtenido hasta el presente. Si es verdad que los quesos se sazonan por los microbios; si, es verdad que las diferentes calidades de ese artículo dependen de las distintas especies de bacterias en el proceso de maduración, parece posible conseguir especies apropiadas para el objeto y poderlas proporcionar al industrial para que inocule artificialmente su queso, del mismo modo que ha sido posible proporcionar levaduras artificialmente cultivadas á los cerveceros, y microbios cultivados artificialmente á los fabricantes de mantequilla.

Como se ve, las bacterias desempeñan un papel más importante en la manufactura de los

quesos que en ninguno de los otros productos de la leche. El valor alimenticio del queso está en relación con la cantidad de caseína que contiene, y el precio que alcanza en el mercado depende enteramente de su sabor y su aroma, ambos producidos por el desenvolvimiento de los microbios. Por consiguiente, el fabricante está en absoluto bajo la dependencia de las bacterias, y cuando los microbiólogos se hallen en estado de investigar mejor este asunto, es posible que puedan conseguir algún medio que permita al industrial dirigir con seguridad la maduración ó sazónamiento del queso. Y no sólo esto; sino que, reconociendo la gran diversidad en los sabores y aromas de los quesos y que las distintas especies de bacterias dan nacimiento indudablemente á distintas clases de productos de descomposición, parece también posible llegue un día en que el fabricante pueda producir á voluntad el aroma y el gusto que desee en el queso, agregándole especies particulares de microbios ó mezclas particulares de especies de esos microorganismos que produzcan los resultados apetecidos.

CAPÍTULO IV

LOS MICROBIOS EN LOS PROCESOS NATURALES

1. **Importancia del asunto.**—Hasta ahora, al considerar las bacterias ó microbios, se ha tratado solamente de sus relaciones en las artes y las manufacturas, y se ha visto que esos pequeños seres desempeñan papel no poco importante en muchas industrias de la vida moderna, por manera

tal, que puede decirse que no existe ninguna á la que no afecten más ó menos. Apenas hay un momento en la vida del hombre en la que éste no utilice directa ó indirectamente los productos de la acción microbiana.

Ahora se va á examinar un asunto aún más fundamental, porque cuando se estudian los microbios en sus relaciones con la Naturaleza, se nota que hay ciertos procesos naturales enlazados con la vida animal y de las plantas, que están basados principalmente en las cualidades y el poder de las bacterias. La Naturaleza viviente aparece ilimitada, porque los procesos de la vida se han ido realizando á través de innumerables siglos con un vigor en apariencia inalterable. En el fondo, esta inacabable exhibición de potencia vital depende de ciertas actividades de los microorganismos. Tanto es así, cuanto que, á poco que se reflexione sobre la materia, se comprenderá que sería imposible la continuación de la vida sobre la superficie de la tierra, si la actividad de los microbios se detuviera por un espacio algo considerable de tiempo, pues que, en suma, la vida del mundo entero depende en gran parte de esos microorganismos.

2. **Las bacterias como agentes de limpieza.**—Hay que fijarse ante todo en el valor de estos microorganismos en calidad de agentes de limpieza, conservando la superficie terrestre en estado propio para el crecimiento y desarrollo de animales y plantas. Un árbol corpulento muere en la selva y cae en tierra. Durante algún tiempo el tronco del árbol yace en el suelo como una masa inerte; pero, apenas transcurren unos cuantos meses, se va operando en él un cambio lento: la corteza se seca y se separa de la parte leñosa

que también se reblandece y seca más ó menos; los insectos la devoran; su densidad disminuye más y más hasta que por último se desmorona en una masa pulverulenta, y por un accidente cualquiera se une al terreno, se cubre de musgos, hierbas y otros vegetales y el tronco del árbol desaparece.

De la misma manera se desmoronan por la descomposición los cadáveres de los animales. Las partes más blandas del cadáver desaparecen rápidamente y aun los mismos huesos se cubren de residuos orgánicos, se desintegran, hasta que llega un día en que también desaparecen. Todo este proceso es de descomposición ó putrefacción, resultando de él que la masa sólida del vegetal ó el cadáver del animal se descomponen. ¿Qué se ha hecho de ellos? La respuesta encierra el secreto de la eterna juventud de la Naturaleza. Parte de los restos orgánicos se ha disipado en el aire en forma de gases y de vapor de agua, y otra parte ha cambiado su composición y se ha incorporado á la tierra, siendo la consecuencia final que la planta ó animal desaparecen de la vista en calidad de tales cuerpos orgánicos, y que su substancia se convierte en gases que se desvanecen en el aire ó se truecan en cuerpos simples que se sepultan bajo la tierra, es decir que se transforman.

En todos estos procesos de descomposición de la vida animada, los microbios desempeñan el papel más importante. En la descomposición de la parte leñosa del árbol, el proceso empieza á verificarse por medio de los hongos, que es al parecer el único grupo de organismos capaz de atacar un tejido tan duro. No obstante esto, en el último período de la descomposición toman parte las

bacterias. En la destrucción de los tejidos animales, los únicos agentes son los microbios.

Considerando esta materia desde el punto de vista puramente mecánico, difícilmente puede apreciarse la importancia de los microbios como agentes de limpieza. Si se reflexiona siquiera un momento acerca de cuál sería el estado del mundo sin esos factores de descomposición que limpian la superficie terrestre de los restos muertos de animales y vegetales, bien pronto se echaría de ver que desde hace muchos años el planeta se habría hecho inhabitable. La acumulación de cadáveres de animales y residuos de plantas sobre la superficie de la tierra, sin que hubiera fuerzas activas que los redujeran á compuestos simples, habría traído como consecuencia que el planeta estuviese literalmente cubierto con esos restos, por manera tal, que no quedase espacio alguno para nuevos animales y plantas nuevas. Vese, pues, que desde el punto de vista puramente mecánico, como ya se ha dicho, los microbios son necesarios como agentes de descomposición para mantener la superficie terrestre libre y desembarazada, á fin de que pueda continuar desarrollándose en ella la vida.

3. Las bacterias como agentes en la evolución de los alimentos en la Naturaleza.—Meditando sobre el particular, causa admiración ver que la tierra haya podido seguir produciendo animales y plantas durante tantos millones de años. Así los animales como los vegetales requieren alimentos, hallándose á este respecto los unos bajo la dependencia de los otros; y si bien los vegetales reciben una gran parte de su alimentación del aire, toman también no pequeña porción de la tierra. Impónese, por tanto, el problema de cómo

la tierra no ha quedado exhausta de alimentos y ha podido sostener por espacio de tantos millares de siglos tan inmenso número de vegetales, permaneciendo siempre fértil.

La explicación de este fenómeno estriba en el sencillo hecho de que los procesos de la Naturaleza son tales, que el mismo alimento sirve una y otra vez, primero para la planta, después para el animal, y así sucesivamente, sin que estos procesos tengan fin, mientras el sol conserve su energía para que se mantenga constante esta circulación. Un ejemplo de la transferencia de los alimentos del animal á la planta, se está ofreciendo incesantemente á la vista. Es un hecho muy conocido que los animales al respirar consumen oxígeno, y lo exhalan á su vez en forma de ácido carbónico. Por otra parte, los vegetales consumen ácido carbónico y exhalan á su vez oxígeno libre. De este modo, cada uno de estos reinos de la Naturaleza hace uso de los productos excretados por el otro, proceso que se repite indefinidamente, proveyendo los animales á la atmósfera del ácido suficiente para la subsistencia de los vegetales, y al mismo tiempo suministrando las plantas la cantidad de oxígeno necesaria para la vida del animal, pasando así el oxígeno en sucesión interminable del animal al vegetal y de éste al animal.

Idéntica transformación se efectúa en todos los demás alimentos necesarios para la existencia de los seres organizados, si bien con respecto á estos otros alimentos la operación es más compleja y son precisos más elementos para completar la evolución. La transferencia de substancia mediante una serie de cambios por los cuales un alimento adecuado para las plantas vuelve á colocarse en condiciones de ser propio para los mismos

seres, es uno de los más interesantes descubrimientos de la ciencia moderna, en el que como se verá, los microbios desempeñan importantísimo papel. El siguiente diagrama manifiesta, si bien de manera imperfecta, la evolución del alimento:

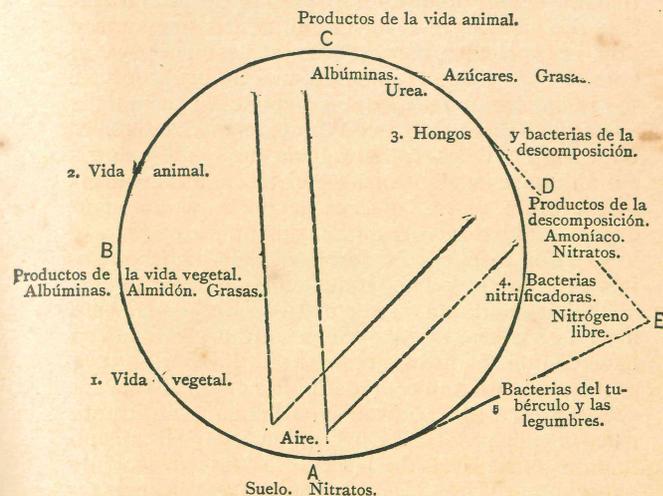


FIG. 25.—Diagrama que manifiesta la evolución de los alimentos en la Naturaleza.

mas, para que se comprenda mejor, necesario es explicar las diferentes fases de esta evolución.

Se observará que en la parte inferior del círculo representado en la Fig. 25, en A, se significan varios elementos que se encuentran en la tierra y que constituyen el alimento de los vegetales. Estos alimentos se obtienen en parte del aire, en forma de ácido carbónico y agua, en parte también

del terreno. Entre estos ingredientes los principales son nitratos, que es la clase de compuestos nitrogenados ó azoados que con más facilidad utilizan las plantas como origen de este importante elemento. Hay además otros compuestos en la tierra, que proporcionan á las plantas una parte de su alimento, compuestos entre los que entran el potasio, el fósforo y algunos otros. No obstante en obsequio á la sencillez y á la brevedad, se hará caso omiso de estos elementos. Empezando por la parte inferior del círculo (Fig. 25, *A*), el vegetal se apodera de los gases del aire y de estos alimentos del terreno, y mediante la energía que le suministran los rayos solares, transforma esos compuestos en otros más complejos. Esto constituye el segundo paso en la evolución, ó sea los productos de la vida vegetal (Fig. 25, *B*). Estos productos están constituidos por azúcar, almidón, grasas y proteideos, todos los cuales han sido elaborados por la planta, de los ingredientes que les han proporcionado el suelo y el aire por el intermedio de los rayos del sol; productos que forman ya alimentos propios para la vida animal. Los amiloideos, las grasas y los proteideos son alimentos animales de los que sólo ese reino orgánico puede nutrirse. La vida animal, representada en la parte superior del círculo, no es susceptible de extraer su nutrición del suelo, por lo que ha de tomar los alimentos complejos que le suministran los vegetales. Estos alimentos complejos entran en el animal y ocupan su respectivo lugar. Algunos de ellos se descomponen inmediatamente por las actividades animales, en ácido carbónico y agua, que esparcidos en el aire se ponen otra vez en estado de poder servir de nuevo para la vida vegetal. Por tanto, esta por-

ción alimenticia vuelve de nuevo á la parte inferior del círculo (Fig. 25, líneas de puntos). Pero, si bien es cierto que los animales reducen así una fracción de sus alimentos al simple estado de ácido carbónico y agua, no sucede lo mismo con la mayor parte de los que contienen nitrógeno ó ázoe. Las sustancias nitrogenadas son tan necesarias para la vida como los alimentos carbonados, y los animales no reducen esos alimentos carbonados á un estado en el que los vegetales puedan aprovecharse de ellos, mientras que las plantas les suministran nitrógeno para su nutrición. Parte de los alimentos nitrogenados se convierten en nuevas albúminas (Fig. 25, *C*); pero otra parte se reduce inmediatamente á un estado más simple, conocido con el nombre de urea, que es la forma en que el nitrógeno se excreta generalmente del cuerpo del animal. Mas la urea no es un alimento vegetal, puesto que para la mayoría de las plantas es enteramente inútil. Parte del nitrógeno ingerido por el animal se almacena en su economía, y por eso es que después de muerto el animal, se encuentran en su cadáver esos compuestos nitrogenados de gran complejidad, compuestos de los que las plantas no pueden utilizarse. Un vegetal es incapaz de nutrirse de tejido muscular, ni de grasas, ni de huesos, porque son compuestos demasiado complejos para la sencilla estructura de una planta. Hasta aquí, en el círculo alimenticio representado en el diagrama (Fig. 25), los compuestos tomados del suelo se han transformado en otros de complejidad cada vez mayor, y así han llegado á la parte más elevada del círculo, sin que ninguno de ellos, excepto parte del carbono y del oxígeno, se hayan reducido de nuevo á alimento vegetal.

Para que este alimento pueda entrar otra vez á contribuir á la vida de las plantas, así como para que vuelva á la parte superior del círculo, es necesario que se reduzca inmediatamente de un estado más complejo á otro más simple.

Aquí ya entran en escena esos agentes de descomposición que se han estudiado con el nombre de agentes de limpieza. Se notará que el primer paso en la evolución de los alimentos lo dan las bacterias de la descomposición. Existiendo estos organismos, como ya se ha visto, en el aire, en el suelo, en el agua, y dispuestos siempre á apoderarse de toda substancia orgánica que pueda suministrarles nutrimento, se alimentan de los productos de la vida animal, ya sean tejido muscular, grasa ó azúcar, ya excretados por el mismo animal, como la urea, dando origen á los cambios de descomposición química antes citados. Como resultado de esta descomposición, los cuerpos se fraccionan en compuestos más y más simples, siendo la consecuencia final una completa destrucción del cuerpo del animal ó de los materiales excretados por él y su reducción á formas lo bastante simples para que los vegetales puedan hacer uso de ellas. De esta manera los microbios se hacen un lazo necesario para relacionar otra vez el cuerpo del animal ó sus excreciones con el suelo, y por tanto, con esa parte del círculo en que el material puede servir de nuevo como alimento vegetal.

Pero, en la descomposición que se efectúa por el intermedio de la agencia de los microbios causantes de la putrefacción, sucede con bastante frecuencia que parte del material se divide en compuestos lo suficientemente simples para servir de alimento á los vegetales. Como se ve estudiando

el diagrama (Fig. 25, *D*), una porción de los productos disgregados que resultan de la destrucción de estos alimentos animales, toma la forma de gas ácido carbónico y agua, ingredientes muy propios para la vida vegetal, como lo demuestran las líneas de puntos del diagrama. Se esparcen por la atmósfera, y las hojas verdes de las plantas se apoderan de ellos donde quiera, se los asimilan y los utilizan como alimentos. De este modo el carbono y el oxígeno completan la evolución y vuelven al punto del círculo de donde salieron. Cuanto á la parte nitrogenada de los alimentos, acontece muy á menudo que los productos que nacen como resultado de los procesos de descomposición, no se hallan todavía en estado propio para la alimentación de las plantas, sino reducidos á un estado demasiado sencillo para el uso de los vegetales. Á consecuencia de estos cambios de putrefacción, los productos nitrogenados de la vida animal se fraccionan frecuentemente en compuestos tan sencillos como el amoníaco, y en otros á los que los químicos dan el nombre de *nitritos* (Fig. 25, en *D*). Ahora bien; estos compuestos no están generalmente dentro de la acción de la vida vegetal. La exuberante vegetación del globo extrae el nitrógeno del suelo en una forma más compleja que ninguno de los compuestos mencionados, porque, como ya se ha visto, los *nitratos* son los que principalmente suministran á las plantas nitrógeno como factor alimenticio. Pero los nitratos contienen gran cantidad de oxígeno. El amoníaco, que es uno de los productos de la descomposición por putrefacción, no contiene oxígeno, y otro de los factores, los *nitritos*, tienen menos que los nitratos. Así es que estos cuerpos son demasiado simples para que las plantas los

usen como productores de nitrógeno. La destrucción química del material alimenticio que resulta de la acción de las bacterias causantes de la putrefacción es muy completa, y los alimentos nitrogenados no están todavía en estado de ser utilizados por los vegetales.

Aun existe como agente entre los microorganismos otra clase, cuya existencia se ha demostrado recientemente. En cualquier terreno, con especialidad



FIG. 26. — Microbios que producen la nitrificación de los terrenos.

En los fértiles, se encuentran unos microbios que han recibido el nombre de *microbios nitrificadores* (Fig. 26), organismos que se desarrollan en el suelo y se alimentan de los ingredientes del terreno. En el curso de su vida ejercen algunas veces sobre los productos segmentados del nitrógeno simple de que se acaba de hablar, la misma acción que la que se ha dicho ya ejercen las especies productoras del vinagre sobre el alcohol, esto es, la de producir la unión con el oxígeno. Al parecer hay varias clases de microbios nitrificadores, dotados de propiedades diversas. Unas especies causan una oxidación de los productos nitrogenados, por cuyo medio el amoníaco se une con el oxígeno formando una serie de productos que al fin va á convertirse en nitratos (Fig. 26). Por la acción de otras especies se oxidan aún más, y toman también la forma de nitratos otros compuestos azoados todavía más complejos, constituyendo así esos organismos nitrificadores el último eslabón de la cadena que enlaza los reinos animal y vegetal (Fig. 25, en 4). Porque después que los organismos nitrificadores

oxidan los productos de división del nitrógeno, los productos de la oxidación en la forma de nitratos ó de ácido nítrico quedan en la tierra en disposición de que se apoderen de ellos las raíces de las plantas, y comienzan de nuevo una vez más su evolución en derredor del círculo alimenticio. De esta manera se ve que mientras los vegetales, por la creación de nuevos compuestos, forman el lazo de unión entre el suelo y la vida animal, los microbios, reduciendo nuevamente estos compuestos en la otra mitad del círculo, constituyen á su vez el lazo de unión entre la vida animal y el suelo. El círculo alimenticio sería tan incompleto sin la intervención de los microbios, como lo sería sin la agencia de la vida vegetal.

Pero, aun no está completo el círculo alimenticio. Algunos de los procesos de descomposición son causa, aparentemente á lo menos, de que una porción del nitrógeno se escape por tangente, del círculo. En el proceso de descomposición que se efectúa por medio de los microorganismos, una gran parte del ázoe se evapora en el aire en forma de nitrógeno libre. Cuando un trozo de carne entra en putrefacción, gran parte de la carne se convierte en amoníaco ú otros compuestos nitrogenados; pero si la putrefacción sigue adelante, cuando termine, una parte considerable de la carne se fraccionará en formas todavía más simples, y por último, el nitrógeno se disipará en el aire en forma de nitrógeno libre. Esta evaporación del ázoe libre en el aire se está verificando constantemente donde quiera que haya putrefacción, y siempre que haya descomposición de productos azoados, se eliminará nitrógeno libre. Ahora bien: esta parte del nitrógeno está ya fuera del alcance de las plantas, porque los vegetales

no extraen nitrógeno libre del aire. Esto está representado en el diagrama como una porción del material que, por intermedio de la descomposición microbiana, ha salido del círculo por una tangente (Fig. 25, E). De aquí se deduce con toda claridad, que la acumulación del nitrógeno en el alimento debe disminuir sin interrupción. Se puede haber suministrado al suelo una cantidad dada de compuestos nitrogenados; pero, si los productos de descomposición hacen que grandes cantidades de nitrógeno se evaporen en la atmósfera, claro es que la cantidad total de alimento azoado de que dependen los reinos animal y vegetal, se irá reduciendo incesantemente á consecuencia de esa eliminación.

Otros medios hay además para que el nitrógeno se pierda en el círculo alimenticio. Nótese que de los procesos ordinarios de vegetación resulta una desecación gradual del terreno y que el nitrógeno de éste va á parar al océano. El cuerpo de un animal ó planta que cae en un arroyo ó un río y va al mar, los productos de su descomposición quedan en el océano y, por tanto, perdidos para el suelo. Por más que en el terreno sea lenta esta substracción del nitrógeno, es segura, siendo mucho más rápida en esta época civilizada de lo que era en los tiempos primitivos, pues que en la actualidad los productos del suelo van á parar en las ciudades á las alcantarillas. Por tanto, las ciudades modernas con el actual sistema de alcantarillado, recogen del suelo los compuestos nitrogenados y los arrojan á las cloacas.

Aun hay otro factor que hace que los elementos nitrogenados se pierdan para los vegetales, es á saber, el empleo que se hace de varios de esos compuestos para fabricar los explosivos. La pólvora,

la nitroglicerina, la dinamita, casi todos los explosivos que se usan en el mundo para toda clase de propósitos, son compuestos azoados ó nitrogenados. Al hacerse la explosión, el ázoe se evapora en la atmósfera, una parte en forma gaseosa y la otra en la de nitrógeno libre. La base con que se manufacturan los explosivos contiene nitrógeno precisamente en la misma forma en que lo utilizan las plantas. Lo mismo sirve el salitre como abono que como base para hacer pólvora. Los productos de la explosión son gases inútiles ya para la vida de los vegetales, y, por consiguiente, cada explosión de un compuesto nitrogenado contribuye á la desaparición gradual de los productos azoados, productos que toma del depósito de los alimentos vegetales y los esparce en el aire.

Todos estos agentes ayudan á reducir la masa de material circulante en la evolución de los alimentos en la Naturaleza, y al parecer, tienden por último, inevitablemente, á la terminación de los procesos de la vida; porque tan pronto como se agotaran en el suelo los compuestos nitrogenados, la vida vegetal cesaría por falta de nutrición y el término de la vida animal seguiría inmediatamente. Esta pérdida de ázoe en tan grandes cantidades es la que obliga al agricultor á emplear los abonos ó fertilizadores. Á pesar de todo, en estos últimos años se ha demostrado que también se puede confiar en los microbios, esos amigos del hombre, como agentes propios para contrabalancear la tendencia destructora en los procesos generales de la Naturaleza. La existencia de los microbios parece tener, á lo menos desde dos puntos de vista, la misión de recuperar de la atmósfera una cantidad mayor ó menor del nitrógeno libre evaporado.

En primer lugar, se ha probado recientemente que, si á un terreno enteramente desprovisto de toda clase de plantas comunes, pero que contenga ciertas especies de bacterias, se le deja permanecer en contacto con el aire, lentamente, pero con seguridad, aumentarán en ese terreno los compuestos azoados. Estos compuestos son elaborados realmente por los microbios, porque si éstos no se hallan presentes, los compuestos no se acumulan, y por el contrario, se acumulan con certeza si en el terreno existen bacterias apropiadas y en número suficiente. Por regla general, la fijación del nitrógeno no se verifica por una clase sola de microorganismos, sino por la acción de dos ó tres especies, que funcionan juntas. Se han encontrado ciertas combinaciones de bacterias que, inoculadas en el terreno, producen esta fijación del ázoe, pero ninguna de las especies es capaz por sí sola de causar este resultado. No se sabe hasta dónde se extiende la distribución de los organismos en el suelo, ni hasta qué punto llega esta fijación del nitrógeno por efecto de la acción microbiana. La existencia de estas especies no se ha comprobado hasta hace muy poco tiempo, pero se deben considerar los microorganismos en el terreno como uno de los factores que recuperan el nitrógeno que se ha disipado en la atmósfera.

El segundo procedimiento por el cual las bacterias ayudan á recabar el ázoe perdido, consiste en la acción combinada de ciertas especies de microbios con algunos vegetales superiores. Las plantas verdes comunes están, como ya se ha dicho, incapacitadas para utilizar el del nitrógeno libre de la atmósfera. Hace algunos años se descubrió que algunas clases de plantas superiores,

la gran familia de las leguminosas por ejemplo, en la que figuran las habas, los guisantes, el trébol, etc., cuando se desarrollan en una tierra pobre en ázoe pueden obtenerlo de otro origen diverso del suelo en que crecen. Un guisante en un terreno que no contenga productos azoados y que se riegue con agua desprovista de nitrógeno, después de germinar y crecer durante algún tiempo, habrá adquirido considerable cantidad de nitrógeno fijo, que indudablemente ha procedido del aire que baña las hojas de la planta ó del que baña sus raíces al penetrar en el subsuelo. Á muchas discusiones dió lugar este hecho; pero más tarde se ha comprobado su certidumbre y se ha visto que depende de la acción combinada del guisante con determinadas especies de bacterias propias del terreno. Cuando una legumbre adquiere de este modo nitrógeno del aire, se desarrollan en sus raíces pequeñas producciones ó excrecencias que se conocen con el nombre de *nódulos* ó *tubérculos de la raíz*. Los nódulos tienen á veces el tamaño de la cabeza de un alfiler y otras son mucho mayores, llegando en algunos casos á las dimensiones de un guisante grande y aún más. Examinados con el microscopio se ve que son pequeñas masas de microbios. Los organismos del suelo se abren en cierto modo camino entre las raíces de la planta que germina, y encontrando un medio ambiente apropiado (Fig. 27), se desarrollan en grandes cantidades y producen tubérculos en la misma raíz. Ahora bien: creciendo juntas las bacterias y las legumbres, logran, por algún proceso enteramente desconocido, extraer de la atmósfera el ázoe que penetra en el subsuelo y fijan este nitrógeno en los tubérculos y las raíces en la forma de compuestos azoados. El resulta-

do es, que después del período natural del crecimiento, se ve que la cantidad de nitrógeno que se fija en el vegetal, aumenta sin duda alguna (Fig. 25, E).

El proceso de que se acaba de hablar suministra un punto de partida para recuperar del aire el nitrógeno perdido. La legumbre continúa su desenvolvimiento natural, quizá aumentando la acumulación de ázoe en sus raíces y sus tallos durante todo su crecimiento normal. Después, terminada su vida ordinaria, el vegetal morirá, y entonces, cayendo en el terreno las hojas, los tallos y las raíces y sepultándose en el subsuelo, los mi-



FIG. 27.—Microbios del terreno que producen tubérculos en las raíces de las legumbres.

crobios ya mencionados se asimilarán la planta. El nitrógeno fijado de este modo en sus tejidos sufrirá los cambios destructores anteriormente descritos, resultando de ello accidentalmente la producción de nitratos. Así vuelve al suelo parte del ázoe perdido, en forma de nitratos y entra de nuevo á girar en derredor del círculo alimenticio.

Vese, por tanto, que el círculo alimenticio es completo. Empezando con los compuestos naturales del terreno, el material alimenticio pasa en su circulación del suelo á la planta, de la planta al animal, del animal al microbio, y del microbio, á través de otra serie de microbios, vuelve de nuevo al terreno en el mismo estado en que de él salió. Si por accidente, en esta marcha en derredor del círculo, alguna parte del nitrógeno se escapase por tangente, también esta parte vuelve al

círculo, por la intervención de las bacterias. De esta manera continúa circulando incesantemente el material alimenticio de los animales y las plantas. Los rayos solares son los que suministran la energía para este movimiento, los que impulsan el alimento en derredor del círculo y los que mantienen este incesante cambio; é ínterin el sol brille sobre la tierra, no hay razón alguna para que este proceso tenga término. Esta circulación repetida es la que ha hecho posible el curso de la vida durante los millones y millones de años que cuenta de existencia el globo terráqueo; la que hace posible todavía esa misma vida; y sólo el hecho de que por este proceso es susceptible el alimento de estar circulando siempre del animal á la planta y viceversa, es la causa de que en el mundo no se interrumpa la presencia de los seres animados. Pero, como ya se ha visto, la mitad de este gran círculo de cambios alimenticios depende de las bacterias. Sin estos microorganismos, ni el cuerpo animal ni sus secreciones jamás volverían á ponerse al alcance de los vegetales, y si no fuera por la acción de los microbios, el círculo alimenticio quedaría incompleto y la vida no continuaría indefinidamente en la superficie de la tierra. Desde el principio del mundo, la perpetuación del estado actual de la Naturaleza y la persistencia de la vida durante la larga historia del universo, se han basado fundamentalmente en la propiedad que tienen los microbios de hallarse en todas partes y en su continua acción relacionada con los procesos destructores y constructores.

CAPÍTULO V

LOS MICROBIOS EN SUS RELACIONES CON LA AGRICULTURA

1. Importancia de los microbios en la agricultura.—Ya se ha visto en los capítulos anteriores que las bacterias desempeñan un papel muy importante en algunas de las industrias agrícolas, especialmente en las relacionadas con la leche y sus productos. De las materias ya tratadas se deduce claramente que esos microorganismos deben tener una relación aún más íntima con la agricultura, puesto que ésta consiste en el cultivo de las plantas y el cuidado de los animales. Se ha probado la importancia de los microbios para la vida animal y la vegetal; pero, dejando á un lado estas consideraciones teóricas, un ligero estudio demuestra por manera práctica que el agricultor está utilizando sin cesar las bacterias, de un modo inconsciente casi siempre, mas no por eso menos positivo.

2. Germinación de las semillas.—Aún en la germinación de las semillas, ejercen influencia los microbios. Cuando se siembran en un terreno humedecido germinan por la influencia del calor. El abundante material albuminoso de las semillas suministra excelente alimento, y puesto que los microbios abundan en el suelo, es inevitable que crezcan y se alimenten de dichas semillas. Si la humedad es excesiva y el calor extremado, con mucha frecuencia crecen los microorganismos tan rápidamente en la semilla, que la destruyen, quedando sólo en el terreno las raíces, lo cual ocurre muy pocas veces cuando la tierra está en las con-

diciones ordinarias. Pero, aun en este último caso, las bacterias se desarrollan en la semilla, si bien no con tanta abundancia como para perjudicarla. Se ha pretendido que la presencia en las semillas de cierto número de bacterias es indispensable para una buena germinación, como se ha pretendido también que el crecimiento de esos seres microscópicos tiende á reblandecer el material alimenticio en la semilla, por manera que la planta joven pueda absorber con más facilidad ese material para su propia alimentación, sin cuyo reblandecimiento la semilla permanece demasiado dura para que la planta se utilice de ese material. Es muy dudoso que esto ocurra, toda vez que la semilla puede germinar bastante bien sin necesidad del auxilio de las bacterias; y por más que éstas se desarrollen en la semilla durante su germinación, ayudando así á la planta en el reblandecimiento del material alimenticio, no pueden considerarse como esenciales para dicha germinación. Lo que sí puede sostenerse es, que los microbios desempeñan un papel, incidental por lo menos, en este proceso fundamental de la vida, si bien no se puede asegurar á punto fijo hasta donde se extiende el auxilio de las bacterias en el desarrollo de las semillas.

3. El silo, los pajares y el granero.—En la disposición de un silo se presenta indudablemente al agricultor la solución de otro gran problema microbiológico. En su propósito de conservar los frutos recogidos en el verano para alimentar el ganado en el invierno, recibe gran auxilio de la actividad de los microbios comunes. Si el alimento se guarda húmedo es seguro que se descompondrá muy pronto y se hará inútil para la alimentación de los animales. Por lo tanto, el

agricultor necesita secar algunas clases de alimentos, como la hierba ó heno, en los pajares; pero no puede aplicar á todas el mismo procedimiento. Muchas substancias alimenticias, la caña del maíz por ejemplo, constituyen un excelente alimento para el ganado cuando están húmedas, mas carecen de valor nutritivo cuando están secas. La observación y la experiencia han hecho descubrir al labrador un método para gobernar el desarrollo de los microbios, por manera tal, que le permitan oponerse á los dañinos efectos que de ordinario ocasionan, lo que consigue valiéndose de los *silos*. Entiéndese por *silo* una especie de depósito subterráneo sólidamente construído que sólo está abierto por su parte superior. El grano fresco ó la semilla se almacena en el depósito, y una vez que está completamente lleno, el aire no puede penetrar en el interior. En estas condiciones el alimento se mantiene húmedo, pero sin sufrir las fermentaciones y putrefacciones ordinarias y puede conservarse por espacio de muchos meses sin que se eche á perder. Verdad es que sufre alguna modificación en sus caracteres, pero no se ha descompuesto y los animales lo comen bien.

Ignórase en absoluto cuál sea la naturaleza del cambio que se efectúa en el alimento, ínterin se halla en el silo, donde no está del todo protegido contra la fermentación. Cuando el producto agrícola no está muy apretado en el depósito, se produce una pequeña fermentación que hace subir su temperatura hasta 60 ó 70 grados centígrados, calor producido por ciertas especies de bacterias que se desarrollan fácilmente aún á esta temperatura tan elevada. La fermentación consume el aire en el silo, hasta cierto punto y produce la formación de una masa compacta que excluye to-

davía más el aire. Esta primera fermentación cesa pronto y después sólo ocurren cambios muy ligeros. Ciertos microbios productores de ácidos empiezan á crecer con lentitud, y andando el tiempo, los contenidos del silo se acidifican algo por la producción de ácido acético. La exclusión del aire, la compresión de la masa y la escasez de humedad, impiden al parecer el desarrollo de las bacterias comunes de la putrefacción, y los productos encerrados en el silo continúan por largo tiempo en buen estado. Según otros métodos para llenar el silo, el grano se deposita inmediatamente y se amontona todo él en una masa densa con objeto de excluir desde el principio el aire. En tal estado, la falta de humedad y de aire se oponen fuertemente á la acción fermentescible y sólo se desarrollan—y eso con mucha lentitud—ciertos organismos productores de ácidos. El resultado principal en uno y otro caso, es que se evita el desenvolvimiento de los microbios de la putrefacción común, probablemente por falta de oxígeno y de humedad suficientes, impidiéndose de esta manera que se pudra el alimento. Amontonado el grano en masas muy compactas ofrece exactamente las mismas condiciones desfavorables para el desarrollo de las bacterias de la putrefacción ordinaria, que la que ofrece el queso cuando es muy duro, y se detiene por igual procedimiento el desarrollo de los microbios. Los conocimientos presentes sobre este particular son aún muy rudimentarios; pero se sabe lo bastante para comprender que el éxito del silo depende de la manera de dirigir el crecimiento de las bacterias, y lo mismo ocurre con los graneros de diversas clases.

4. **La fertilidad del suelo.**—El cuidado del agricultor es extraer productos alimenticios del terre-

no, lo que puede hacer, bien directamente recogiendo las cosechas, bien criando ganados que nutre con los productos del mismo terreno. En ambos casos, el factor fundamental del éxito es la fertilidad del suelo, fertilidad que es un precioso don de las bacterias.

Hasta la primera *formación del terreno* depende en cierto modo de los microbios. Como es bien sabido, la formación del suelo se debe en gran parte al desmenuzamiento y pulverización de las rocas. Este desmenuzamiento, conocido con el nombre de *desgaste de las rocas*, se produce por el efecto que en ellas ejercen la humedad y el frío, unidos estos agentes á la acción oxidante del aire; siendo por tanto el desgaste, resultado principalmente de acciones físicas y químicas; pero en este proceso fundamental de la desintegración de las rocas, la acción microbiana desempeña su papel, por más que no sea muy importante. Hay algunas especies de bacterias que pueden vivir con un alimento muy simple, encontrando en el nitrógeno libre y en los carbonatos material suficientemente complejo para su nutrición. Estos organismos crecen, al parecer, sobre la superficie desnuda de las rocas, asimilándose el ázoe del aire y el carbono de algunos carbonatos esparcidos en la atmósfera ó el ácido carbónico de ésta. Los productos segregados por esos microbios son ácidos y contribuyen al reblandecimiento de las rocas, lo que constituye el primer paso para el desgaste.

Sin embargo, no todo el terreno está formado por la desintegración de las rocas, sino que contiene además ciertas materias que se combinan para hacerlo fértil. Entre estas materias figuran varios sulfatos, que son factores muy importantes

para la alimentación de los vegetales, y que parecen formados, á lo menos en parte, por el intermedio de las bacterias. La descomposición de los proteideos da nacimiento, entre otras substancias, al sulfuro de hidrógeno. Este gas, que se encuentra frecuentemente en la atmósfera, se oxida por el desarrollo de los microbios y se transforma en ácido sulfúrico, que es la base de una parte de los sulfatos del suelo. La presencia de fosfatos y silicatos de hierro se favorece también por la acción de las bacterias. Todos estos procesos son factores en la formación de los terrenos. Es indudable que la desintegración de las rocas, que ocurre en todos los puntos del universo, proviene principalmente de cambios físicos y químicos; pero hay razones para creer que á esos cambios físicos y químicos ayudan, hasta cierto punto á lo menos, los microbios.

Un factor aun más importante para la fertilización de los terrenos, es el nitrógeno ó ázoe, sin el cual serían completamente estériles. Gran confusión ha reinado acerca del origen de estas materias nitrogenadas. En todas partes contienen los terrenos fértiles nitrógeno ú otros compuestos azoados, como acontece en las regiones secas de las costas del Perú y de Chile, donde existen en numerosas capas que proveen de nitratos, *salitre* ó *guano*, al mundo entero. Parece indudable que estos nitratos proceden del ázoe libre de la atmósfera, y se han hecho varias tentativas para encontrar una explicación plausible de la manera como se fija este nitrógeno. Se ha supuesto que las descargas eléctricas en el aire pueden formar ácido nítrico, que se une fácilmente con los ingredientes del terreno, constituyendo los nitratos. No hay razones, en realidad, para creer que ese sea un fac-

tor muy importante, mientras que en los microbios del suelo sí se encuentran agentes eficaces para la fijación del nitrógeno. Se sabe que los microbios se pueden apoderar del ázoe libre de la atmósfera y que lo convierten en nitritos y nitratos; como se sabe también que pueden ejercer su acción sobre las legumbres y otras plantas, poniéndolas en estado de que fijen el nitrógeno y lo acumulen en sus raíces. Ambos medios impiden que los ingredientes nitrogenados se agoten en el suelo, del que constantemente se están escapando por evaporación. Además, debe creerse que los ingredientes nitrogenados originales del suelo proceden de la intervención de los microbios, porque esa intervención orgánica es la única que hasta el presente parece eficaz para proveer de nitratos al suelo virgen; por todo lo cual debe considerarse á los microbios como esenciales para la fertilización original de las tierras.

No sólo desde este punto de vista depende el agricultor, de las bacterias. El factor más importante en la fertilidad del suelo es el conocido con el nombre de *humus* ó *mantillo*, ó sea la capa superior del suelo, formada en gran parte por la descomposición de las materias orgánicas. Este mantillo es muy complejo y varía mucho según los terrenos. Contiene gran cantidad de compuestos nitrogenados, al mismo tiempo que sulfatos, fosfatos, azúcar y otras diversas sustancias. El mantillo es el que establece la diferencia entre la tierra vegetal y la arena, entre los terrenos fértiles y los estériles. Si los cultivos se suceden en un mismo terreno año tras año, las materias alimenticias se irán agotando en él lenta, pero inevitablemente. Cada año irán consumiendo cierta cantidad de humus ó mantillo, y sólo

reemplazando éste, puede devolverse al suelo su fertilidad, siendo indispensable al labrador para conservarlo siempre en buen estado de rendimiento, hacer uso de los abonos.

Esta aplicación de los abonos constituye el resultado de las cosechas. El agricultor se surte de muchos de ellos sin conocer su procedencia, si bien el método más general de abonar consiste en el empleo del estiércol ordinario. Se comprende fácilmente por qué este material contiene alimentos propios para los vegetales, toda vez que se compone de una porción de alimento no digerido, y á más, de urea y otras excreciones animales y de varios minerales procedentes de los residuos nitrogenados de la vida animal. Cuando estas secreciones son recientes, no son propias para la nutrición de la planta, y la experiencia ha enseñado al agricultor que antes de emplearlas en su campo, debe hacerlas sufrir un cambio lento al que se da algunas veces el nombre de *maduración*. El estiércol fresco se aplica algunas veces á los sembrados, pero las plantas no se aprovechan de él hasta después que ha sufrido el proceso de maduración. Las excreciones animales recientes son de poco ó ningún valor como abono, por lo que el labrador las deja durante algún tiempo amontonadas, en cuyo estado experimentan una transformación lenta que las convierte gradualmente en alimentos apropiados para los vegetales. Esta maduración se explica fácilmente por los procedimientos que ya se han estudiado. Las excreciones animales recientes están formadas por compuestos nitrogenados muy complejos, y la maduración es resultado de su descomposición. Los proteideos se dividen y sus elementos azoados se reducen á nitratos, leucina, etc. y aún á amoníaco ó nitróge-

no libre. Además, se verifica un segundo proceso; el de oxidación de dichos compuestos nitrogenados, y el amoníaco y los nitritos que proceden de su descomposición se transforman en nitratos. En resumen, en la maduración del estiércol ocurren los mismos procesos de que ya se ha hablado en el capítulo IV, según los cuales, los cuerpos nitrogenados complejos se reducen primero y después se oxidan para constituir el alimento vegetal. La sazón ó maduración del estiércol, es por tanto un proceso analítico al par que sintético. Por el análisis, las substancias proteideas y otros cuerpos se dividen en compuestos más simples, algunos de los cuales se evaporan, es verdad, en el aire, pero otros se conservan y se oxidan después, siendo estos últimos los que constituyen el verdadero material fertilizante. Por intermedio de las bacterias, el montón de estiércol se convierte para el labrador en el gran agente para la nutrición de los vegetales. El agricultor arroja á estos montones de estiércol, paja, hojas, desperdicios y otras substancias animales y vegetales, así como todos los residuos orgánicos que encuentra á mano. Los microbios se apoderan de todo y dan margen á la descomposición, que transforma otra vez dichos residuos en alimentos vegetales. La putrefacción del estiércol amontonado es en los cultivos la obra gigantesca de los microbios.

El conocimiento de este proceso de maduración enseña además al agricultor á impedir las pérdidas. En la descomposición ordinaria del montón de estiércol, una parte no pequeña del nitrógeno se pierde por evaporación, ya del amoníaco, ya del nitrógeno libre, y hasta los mismos nitratos pueden disiparse por la acción de los microbios. Esta parte queda completamente perdi-

da para el agricultor, el que sólo puede reemplazarla adquiriendo nitratos en la forma de abonos artificiales ó recuperándolos de la atmósfera por medio de los microbios. En la actualidad, provisto de los conocimientos que le ha suministrado el proceso de maduración, ya conoce el labrador la manera de impedir estas pérdidas. Uno de los factores que con más abundancia se pierden por la descomposición es el amoníaco, que por su calidad de gas, se evapora fácilmente. Conocedores los bacteriólogos del resultado de la acción de los microbios, han enseñado al agricultor, que añadiendo al montón de estiércol en descomposición ciertos productos químicos comunes, éstos se unirán con facilidad al amoníaco y así podrá conservarse la mayor parte del nitrógeno, en la forma de sales amoniacaes, las que, una vez formadas, pierden la tendencia á la evaporación. Por regla general, el sulfato de cal hidratado, ó los superfosfatos ó el yeso, se unen sin dificultad al amoníaco, y agregados estos productos al estiércol, contrabalancearán con ventaja la tendencia del nitrógeno á disiparse en la atmósfera, quedando de esta manera el agricultor en disposición de devolver al terreno la mayor parte del nitrógeno extraído de él por las cosechas y utilizado después por los animales domésticos. Los productos vegetales transforman los nitratos en proteideos. Los animales se alimentan de proteideos y lo ayudan en sus faenas ó le suministran leche. Después, las colonias de bacterias se apoderan de los residuos nitrogenados y los devuelven al estiércol en forma de nitratos preparados para entrar de nuevo otra vez en el círculo alimenticio. Este procedimiento se repetiría indefinidamente si no fuera porque se opone á ello el material nitrogenado

que el labrador extrae de sus tierras con la leche, los granos ú otros productos nitrogenados que vende, y porque los productos de descomposición son causa de que se disipe en la atmósfera en la forma de nitrógeno libre, una parte del ázoe.

Á fin de evitar estas contingencias y estas pérdidas el agricultor cuenta para enriquecer sus terrenos con otro método, que también depende de los microbios, y es el llamado de *abono ó cultivo vegetal*. Para ello, cultiva en el terreno que quiere fertilizar, ciertas plantas que se apoderan del nitrógeno atmosférico, y en vez de recoger la cosecha, deja los productos en la tierra y los ara. También puede recoger sólo los tallos y dejar el resto del vegetal en el terreno para ararlo á su tiempo. Arado así este material de las mismas plantas, permanece durante una temporada en la tierra y la enriquece. En estos casos las bacterias obran de diversos modos. Las únicas plantas útiles para este abono vegetal son aquéllas que, por intervención de las bacterias, pueden apoderarse del nitrógeno de la atmósfera y almacenarlo en las raíces de la planta. Después que se ha arado la cosecha al arar el terreno, se apoderan de ellas varias especies de bacterias de descomposición, y fraccionan los compuestos. El carbono se evapora profusamente en el aire en forma de ácido carbónico, de donde puede recogerlo la siguiente generación de plantas. Los minerales y el ázoe permanecen en el suelo y las partes nitrogenadas siguen las mismas series de descomposiciones y de cambios sintéticos ya descritos: de esta manera, el oxígeno extraído del aire por la acción combinada de las legumbres y los microbios, se convierte en nitratos, que servirán de alimento á los nuevos vegetales que se siembren en aquel terreno.

He ahí, pues, un método práctico de utilizar las facultades asimiladoras de los microbios y de recuperar el ázoe de la atmósfera y volverlo al lugar de donde se evaporó.

Así, el problema que se presenta al agricultor para hacer fértil su terreno, se resuelve por sí mismo mediante un manejo adecuado de las bacterias. En primer lugar, estos microorganismos han enriquecido el terreno y convertido todos los montones de estiércol y todos los residuos en cuerpos simples, algunos de los cuales se transforman en alimentos vegetales, y en segundo lugar, pueden hacer que las tierras recuperen del aire el nitrógeno evaporado. Una vez que el labrador tenga conocimiento exacto de estos hechos, estará en aptitud de conservar bajo su dominio directo la provisión de tan importante elemento. Todos los hechos que preceden demuestran que la fertilidad del suelo se debe á los microbios.

5. Trastornos ocasionados al agricultor, por los microbios.—Aunque en las materias que acaban de tratarse están comprendidos los factores más importantes en la microbiología agrícola, no terminan ahí las relaciones entre el agricultor y sus microorganismos, los que hacen su aparición en la escena de la vida, por multitud de medios. No siempre auxilian al labrador, como lo han hecho en los casos enumerados hasta aquí. Los microbios producen unas veces enfermedades en el ganado, como se verá más adelante. Otras veces son agentes de descomposición, y lo mismo descomponen los materiales que el agricultor quiere conservar, que los que desea entren en putrefacción, y tan dispuestos están á atacar los frutos como á sazonar la nata.

La epidermis de las frutas y otros vegetales

protege hasta cierto punto su interior de los ataques de las bacterias; pero si la epidermis se rompe, los infinitamente pequeños penetrarán en el fruto y lo dañarán; para impedirlo, el agricultor tiene que guardar los frutos en un lugar frío. Los microbios no permiten al labrador que conserve sus productos por cierto espacio de tiempo, si no procura destruirlos por uno ú otro medio. Los microorganismos penetran en los huevos de las aves de corral y los echan á perder.

Respecto de los perjuicios que causan en la leche, la crema, la mantquilla y los quesos, ya se ha hablado antes extensamente. Si las semillas se plantan en un tiempo muy húmedo, las bacterias las descomponen con rapidez y se pudren en la tierra en vez de germinar. Producen olores desagradables, y son la causa de los buenos ó malos, que se notan en las trojes. Atacan las materias orgánicas que hay en los pozos, los arroyos ó los charcos, descomponiéndolas y llenando el agua de productos perjudiciales y hasta nocivos, que la hacen impropia para beber. No sólo ayudan á la putrefacción de los árboles caídos en los bosques, sino que atacan de igual modo la madera que se trata de conservar, especialmente si se almacena húmeda. Contribuyen también en gran parte á la destrucción gradual de los edificios de madera. Su presencia es la que obliga al agricultor á secar el heno, á ahumar los jamones, á conservar los frutos en lugares fríos ó frescos y procurar que la epidermis no se raje ó rompa, á poner la leche y sus derivados en refrigeradores, á proteger la madera, de las lluvias, á emplear piedra en vez de madera para la construcción de sus edificios, etc., etc. Por regla general, siempre que el labrador desea librarse de

cualquiera residuo orgánico está bajo la dependencia de los microbios, porque ellos son los únicos (exceptuando el fuego) capaces de causar la destrucción total de la materia orgánica. Cuando quiere convertir residuos orgánicos en material fertilizante, emplea las bacterias de los montones de estiércol. Por el contrario, si desea conservar material organizado, los microbios son los mayores enemigos de que tiene que defenderse.

Como se ve, la vida del labrador, desde el primero hasta el último día del año, está íntimamente asociada á la vida de los microbios. De ellos depende el asegurar la continuación de la fertilidad del suelo y la producción constante de buenas cosechas. De ellos depende el convertir en alimento vegetal todos los restos y residuos orgánicos de la hacienda y del granero. De ellos depende, finalmente, el proveer de nitrógeno las tierras. Estos organismos son los que suministran á la mantquilla su aroma y al queso su sabor. Pero, á pesar de eso, el labrador ha de estar siempre alerta contra ellos, y debe proteger de los ataques de los microbios todos sus productos alimenticios. El éxito y la buena suerte del agricultor se basan principalmente en una hábil dirección de la actividad bacteriana. Ayudarlos á destruir ó descomponer todo lo que él no quiere conservar, é impedir que destruyan ó descompongan las materias orgánicas que quiera guardar para el futuro, tal es en gran parte la tarea del buen agricultor. El labrador más afortunado será siempre aquél que maneje con más inteligencia y habilidad las poderosas fuerzas que le proporcionan el crecimiento y desarrollo de esos microscópicos seres.

6. **Relaciones de los microbios con el carbón de piedra.**—Otro de los procesos de la Naturaleza,

en que las bacterias tienen un papel interesante, es en la formación del carbón mineral. Es innecesario insistir en el valor que esta substancia representa en la civilización moderna. Dejando á un lado su empleo como combustible, ese carbón es fuente de interminable variedad de valiosísimos productos. Produce el gas del alumbrado, y el amoníaco es uno de los resultados de la manufactura del gas. Del carbón mineral procede la substancia de la que se extrae la parafina, el ácido fénico y otros productos, que á su vez producen los hermosos colores de la anilina, etc. La enumeración de los artículos que se deben al carbón de piedra es muy larga y su valor inapreciable. En la preparación de estos ingredientes los microbios no toman parte alguna, obteniéndose la mayoría de ellos químicamente. Pero, si se investiga cuáles son los agentes que dan origen al carbón, á los yacimientos de este mineral, bien pronto se verá que también en este terreno se debe mucho á las bacterias.

Como es bien sabido, el carbón de piedra procede de la acumulación del exuberante desarrollo vegetal en las pasadas edades geológicas. La vegetación de las plantas verdes de los tiempos primitivos lo ha producido directamente, y por regla general, representa una cantidad igual de ácido carbónico á la extraída de la atmósfera por esas plantas. Mas si bien es cierto que los vegetales verdes han sido los agentes activos en esa transformación, las bacterias han desempeñado importante papel desde dos puntos de vista para elaborar el carbón mineral. En los primeros períodos, suministraron á esos vegetales el nitrógeno, y sin la existencia de nitrógeno fijo en el terreno, las plantas carboníferas no habrían creci-

do. No se conoce con certeza la manera cómo los microbios proveyeron de nitrógeno á esas plantas en los pasados tiempos; pero hay muchas razones para creer que en aquella época, como en la actual, la principal fuente de nitrógeno orgánico procedía de la atmósfera y se derivaba de ella por la intervención de las bacterias. Á falta de otro factor conocido, debemos creer que los microbios tomaron gran parte en esta fijación del nitrógeno, y por tanto deben considerarse esos organismos como los agentes que proporcionaron el ázoe almacenado en el carbón de piedra.

En un período más avanzado, las bacterias contribuyeron á la formación del carbón de un modo aún más directo. Ese cuerpo no es simplemente vegetación acumulada, difiriendo mucho su composición química de la del carbón vegetal. Contiene un tanto por ciento mucho mayor de carbono y mucho menor de hidrógeno y oxígeno que las substancias vegetales ordinarias. La conversión de los vegetales de las edades carboníferas en carbón de piedra, se verificó con una pérdida gradual de hidrógeno y aumento consiguiente en la proporción del carbono, cuyo cambio hizo que el carbón tenga mayor densidad lo que le ha dado su gran valor como combustible. Ya no pueden quedar dudas acerca de la manera cómo esta antigua substancia leñosa se transformó en carbón mineral. El mismo procedimiento se está verificando, de un modo semejante ahora en las capas de turba de algunos países septentrionales. Los vegetales caídos en tierra, los árboles, los troncos, las ramas y las hojas se acumulan en masas, y cuando las condiciones de humedad y temperatura del terreno son propicias, empiezan á sufrir una fermentación. Por

regla general, la acción de los microbios produce una oxidación completa, si bien lenta, del carbono, de la que resulta la putrefacción completa de la materia vegetal. Pero si la masa vegetal se cubre de agua y lodo en circunstancias apropiadas de humedad y temperatura, ocurre una clase diferente de fermentación que no causa su completa podredumbre.

La capa acuosa impide el acceso del oxígeno á la masa que está en fermentación, evitándose así en gran parte una oxidación del carbono, y la materia vegetal cambia de carácter. Bajo la influencia de esta fermentación lenta, ayudada probablemente por la presión, sus caracteres leñosos se hacen cada vez menos perceptibles, y de aquí una pérdida gradual de hidrógeno y de oxígeno. Es indudable que también hay pérdida de carbono, porque se efectúa una evolución de gases pantanosos que contienen carbono. Mas, teniendo efecto la fermentación bajo el agua en pantanos y lagunas de turba, la pérdida de carbono es relativamente pequeña, y el material leñoso no se oxida completamente como lo hace en la putrefacción al aire libre. La pérdida de hidrógeno y oxígeno es mucho mayor que la del carbono, y por consiguiente la proporción de éste aumenta. No es esta la clase de fermentación que se verifica en las acumulaciones vegetales, exigiendo condiciones especiales y probablemente también clases especiales de organismos fermentativos. La turba no se forma en todos los climas. En las regiones cálidas ó donde la materia leñosa está más expuesta al aire libre, la fermentación de los vegetales es más completa y se destruye enteramente por la oxidación y sólo en las regiones más frías y en las que está cubierta

por agua, la destrucción de la materia orgánica se detiene pronto. Pero aun está efectuándose en gran parte de la tierra esa fermentación incompleta, y á ella se debe que las acumulaciones vegetales se conviertan en turba.

La formación de la turba parece ser el primer paso en la constitución del carbón de piedra que es más denso, y continuando los mismos procesos la masa se hace todavía más dura y sólida. Cuando se va de la parte más elevada hasta la más baja de esa acumulación de turba, se ve que cada vez tiene mayor densidad, y en el fondo, su consistencia es generalmente más dura, de un color obscuro y con ligeras huellas de la estructura leñosa original. Esta materia se llama *lignito*. Contiene mayor proporción de carbono que la turba; pero menos que el carbón mineral, y es simplemente un paso más en la formación de éste. El proceso sigue adelante, y la pérdida del oxígeno y el hidrógeno continúa hasta que finalmente se produce el verdadero carbón de piedra.

Si ésta es la interpretación correcta de la manera de formarse el carbón mineral, se deja ver que se debe sencillamente á un proceso en el que los microbios toman grande é importante participación. Se ignora, es verdad, cuál sea el proceso exacto, y nada se sabe positivamente acerca de la clase de microorganismos que producen esa fermentación peculiar y lenta.

No habiéndose estudiado todavía por los microbiólogos la fermentación que se verifica para formar la turba, no se sabe por experimentos directos si depende de la acción de los microbios. Comúnmente se considera tan sólo como un cambio químico lento; pero su analogía con los otros procesos fermentativos es tal, que no debe haber la

menor vacilación en atribuir ese cambio á los microorganismos, é indudablemente á algunas plantas en combinación con ellos. No hay razón para poner en duda que las bacterias que existían en las edades geológicas tuviesen las mismas propiedades que las que existen actualmente, pudiendo atribuirse con muchas probabilidades á algunas especies microbianas que crecen sin la presencia del oxígeno, el cambio lento que ha producido el carbón mineral. He aquí otra fuente de riqueza debida á los microbios. Claro es que el agua y la presión fueron factores muy esenciales para sedimentar el carbón de piedra; pero había en la vegetación carbonífera una clase especial de fermentos que produjo en ella cambios químicos de los que resultó su transformación en carbón. Los vegetales de la época carbonífera estaban bajo la dependencia del nitrógeno fijado por los microbios, y también se debe á esos organismos el hecho de que semejante vegetación se depositara para el futuro, en las rocas.

CAPÍTULO VI

LAS BACTERIAS PARÁSITAS Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES

I. Consideraciones generales.—Quizá la cualidad más universalmente reconocida con respecto á los microbios es la de que son la causa de muchas enfermedades, lo cual ha hecho que sean objeto de tan vivo interés. En el terreno de las infecciones es donde esos organismos llamaron primero la atención, en el que más se han estudiado y

en el que se acumularon mayor número de datos. Con tanta tenacidad se ha discutido y tanto se ha insistido sobre las relaciones que existen entre las bacterias y las enfermedades, que la mayoría de las personas asocian casi siempre las unas á las otras; hasta el extremo que la palabra microbio es ya casi sinónima de enfermedad. Hay muchos á quienes mortifica y repugna la idea de tener que ingerir á cada instante esos animáculos con el agua, la leche y otros líquidos que beben, así como en varias cosas que comen. Basta que se diga que una cosa contiene microbios, para que la opinión pública la condene sin apelación y sin considerar que no siempre son un mal sino un bien.

Ya se ha visto que las bacterias pueden considerarse en muchos casos como agentes productores del bien y que en sus relaciones fundamentales con la vida de las plantas, deben mirarse como amigas más bien que como enemigas. Verdad es que la cuestión toma otro aspecto con referencia á las especies parásitas, las que pueden causar daños ya directa, ya indirectamente; pero las bacterias perjudiciales, llamémoslas así, las *bacterias patógenas*, son en realidad muy pocas comparadas con las inofensivas y las benéficas. Sólo un pequeño número, que acaso no pase de 30 ó 40 nada más, son patógenas, mientras que centenares y quizá millares de especies son enteramente inofensivas, y no causan el más pequeño mal aún cuando se traguen á miles. Éstas no son parásitas ni se desarrollan en el cuerpo humano. Su presencia es compatible con la más perfecta salud, habiendo fundadas razones para creer que algunas veces son como se ha dicho, beneficiosas. Por tanto, es injusto anatematizar á todos los

microbios porque algunos sean nocivos, debiéndose considerarlos también como productores de beneficios.

Hay, sin embargo, algunas clases que originan muchos males al género humano, interviniendo de uno ú otro modo en los procesos vitales. Estas bacterias patogénicas ó gérmenes morbosos, no obran todas de igual manera, sino que atacan al hombre por diferentes medios. Deben reconocerse entre ellas dos clases diversas, por más que estén relacionadas entre sí por tipos intermedios. Estas dos clases son: primera, las bacterias patógenas que no son estrictamente parásitas, sino que viven libres en la Naturaleza, y segunda, las que viven como *verdaderos parásitos* en el organismo del hombre y otros animales. Para hacerse cargo de la relación que realmente existe entre estas dos clases, debe estudiarse primero la manera cómo los microbios en general, son causa de enfermedades.

2. **Cómo los microbios producen enfermedades.**—

Desde que se adquirió la convicción de que cierta clase de microbios tienen la facultad de engendrar enfermedades, revistió gran interés la cuestión de investigar cómo las producen. Aun desarrollándose en el interior del organismo, ¿por qué su presencia ha de dar origen á los síntomas que caracterizan la enfermedad? Varias son las respuestas que se han dado á esta pregunta. Se ha dicho que para desarrollarse los microbios consumen el alimento del ser en que viven, produciendo en éste la debilidad consiguiente; que dan lugar á una oxidación de los tejidos orgánicos, ocasionando una reducción de esos tejidos; ó que intervienen mecánicamente en la circulación. Á ninguna de cuyas opiniones se puede conceder gran

valor. Se ha presentado otra teoría, según la cual los microbios, al desarrollarse en la economía, producen venenos que ejercen acción directa en ella. Ya se ha hecho observar que al crecer y desarrollarse las bacterias en cualquier medio, son causa de un gran número de productos dobles de descomposición, y que entre estos productos hay algunos de naturaleza tóxica, tanto, que cuando se inoculan en el cuerpo de un animal pueden envenenarlo ó matarlo. Supóngase que las bacterias patógenas que se desenvuelven como parásitas en el hombre dan nacimiento á esos venenos, é inmediatamente se tendrá la explicación del método según el cual los microbios ocasionan las enfermedades, aunque en muchos casos se cree y con razón, que las enfermedades mismas crean y desarrollan ciertos microbios.

Esta explicación de los gérmenes de las enfermedades es más que una simple teoría, cuya exactitud se ha demostrado muchas veces. Se ha visto que los microbios que producen la difteria, el tétanos, el tifo, la tuberculosis y otras muchas afecciones, causan cuando se desarrollan en cultivos, venenos de naturaleza muy violenta. Inoculados estos venenos en los animales, dan origen á muchos síntomas iguales á los que los microbios ocasionan en ellos cuando se desarrollan como parásitos. La única diferencia que hay en los resultados entre inocular á un animal con el veneno ó con las bacterias vivas, estriba en la rapidez de acción. Á la inyección siguen inmediatamente los síntomas tóxicos; pero si se inoculan las bacterias vivas, sólo se ve el efecto después de mayor ó menor número de días, nunca antes de que los microorganismos hayan tenido tiempo para desenvolverse en el cuerpo del animal y producir el ve-

veno en gran cantidad. No está comprobado en manera alguna que todos los gérmenes patógenos produzcan sus efectos del mismo modo; pero sí que éste es realmente el método en gran número de casos y muy probablemente en la mayoría de ellos. Como al mismo tiempo dan origen á iguales resultados, quizá por diverso medio, preciso es reconocer que la producción de los venenos es siempre la causa directa más común de los síntomas de las enfermedades.

3. **Gérmenes patógenos que no son estrictamente parásitos.**—Una vez admitido que las bacterias pueden producir venenos, fácil es comprender que no siempre es necesario que sean parásitas para ocasionar trastornos. En su desarrollo ordinario en la Naturaleza, estas bacterias no ocasionarán alteraciones. Los venenos se producirán en materiales en putrefacción, pero rara vez penetrarán en el organismo. Esos venenos, producidos en los primeros períodos de putrefacción, se oxidan por períodos seguidos de descomposición y se convierten en materia inofensiva. Pero podría suceder que esas bacterias encontrasen una oportunidad para desarrollarse rápidamente y durante algún tiempo en productos orgánicos que después fueran ingeridos por el cuerpo del hombre, en el que acaso podrían producir consecuencias funestas. Si el hombre tragase esos alimentos después que los microbios hubiesen producido su material venenoso, se produciría una intoxicación general inmediata. El efecto puede ser rápido y grave si la cantidad de material tóxico tragado fuere abundante, ó ligero, pero prolongado, si se hubiesen ingerido dosis pequeñas y repetidas. Estos casos no son raros; muy conocidos son los envenenamientos causados por los helados ó sorbetes, por

el queso ó por la leche, y no pocas veces por carnes ó pescados, y moluscos en los que las bacterias han tenido oportunidad de desenvolverse. En todas estas circunstancias el veneno se traga en cantidad suficiente para producir síntomas graves, mortales en ocasiones, si bien algunas veces desaparecen tan luego como se logra arrojar el veneno ó disminuir su acción tóxica. En otros casos, la dosis del tóxico puede ser ligera, demasiado ligera para producir mucho daño, á no ser que se repita con frecuencia. Todos estos trastornos pueden atribuirse al alimento fermentado ó que ha empezado á podrirse. Es difícil distinguir estos casos de otros originados casi de igual manera, como los siguientes.

Puede acontecer que las bacterias que crezcan en substancias alimenticias continúen desarrollándose en ellas aún después de haber sido tragadas y de haber pasado al estómago ó los intestinos, lo que sucede muy particularmente con las bacterias de la leche. En tales condiciones, los microbios no son realmente parásitos, puesto que simplemente viven y se nutren del mismo alimento que consumían fuera del cuerpo humano, y no de los tejidos del hombre. Los venenos que producen las bacterias seguirán desarrollándose ínterin éstas continúen creciendo, ya sea en la vasija de la leche, ya en el cuerpo humano. Ahora bien, absorbidos estos tóxicos pueden dar nacimiento á una enfermedad ligera ó grave, que durará más ó menos tiempo, prolongándose quizá mientras se está suministrando al individuo el mismo alimento con las mismas bacterias. La enfermedad más importante de las de esta clase parece ser el cólera infantil, *cholera infantum*, tan frecuente entre los niños que se crían con leche

de vaca, sobre todo en las estaciones cálidas. Fácil es comprender la naturaleza de esta enfermedad, recordando el gran número de microbios que existen en la leche, especialmente en el verano, y teniendo presente que el delicado organismo del niño sufrirá inmediatamente alteraciones por una cantidad de veneno tan insignificante que no ocasionaría el más mínimo efecto en un adulto. También se comprende sin gran trabajo que la afección ceda sin dificultad al tratamiento, si se tiene el cuidado de esterilizar ó hervir al baño de maría la leche que se da al enfermito.

Todavía no se sabe con certeza hasta donde se extienden los trastornos ocasionados por las bacterias en este terreno. Claro es que están relacionados muy principalmente con los productos alimenticios, y comúnmente, aunque no siempre, afectarán las funciones digestivas. Es muy probable que muchos de los casos de *diarrea estival* sean producidos por esa causa, y que si se investiga su procedencia, se encontrará que son originados por los tóxicos microbianos ingeridos con los alimentos ó las bebidas, ó por otros venenos análogos que se desarrollan en el alimento, después de tomado por el individuo. En verano, época en que los microbios abundan tanto y en todas partes y en que crecen con tanta rapidez, es casi imposible evitar por completo estos peligros, aun ejerciendo sobre todos los alimentos una vigilancia que no podría menos de ser cansada y molesta. No obstante, bueno es tener presente que la fuente más común y más peligrosa de dichos venenos es la leche y sus productos, por lo cual en verano sobre todo, no se debe beber leche que no sea enteramente fresca y pura, ó en la que no se hayan destruído las bacterias

por medio de la esterilización del baño de maría.

4. **Gérmenes patógenos que son verdaderos parásitos.**—Esta clase de bacterias patógenas incluyen aquéllas que realmente invaden el organismo y se alimentan de los tejidos de éste en vez de hacerlo de los alimentos que se toman. Es difícil establecer una línea divisoria entre esta clase y la anterior. Por ejemplo, las bacterias que causan la difteria (Fig. 28) no invaden todo el organismo. Se desarrollan en la garganta, se fijan en sus paredes y se limitan á una parte externa ó á los tejidos superficiales; en una palabra, este bacilo sólo se encuentra en la boca y la garganta y se limita á las llamadas *falsas membranas*. Nunca penetra en los demás tejidos de la economía, aunque ataque á la membrana mucosa.



FIG. 28.—Bacilo de la difteria.



FIG. 29.—Bacilo del tétanos.

En la membrana mucosa se desenvuelve con mucha actividad y en ella segrega ó produce de alguna manera venenos en extremo violentos, los cuales se absorben y dan origen á los síntomas generales de la enfermedad. Lo mismo sucede con el bacilo que origina el *tétanos* (Fig. 29). El bacilo del tétanos se inocula comúnmente en los tejidos de la víctima por una herida hecha con algo que haya estado en contacto con el terreno en que el bacilo

habita. Se desarrolla con facilidad después de inoculado, pero se localiza en el fondo de la herida sin invadir mayor extensión de tejido. Produce, sin embargo, durante su desarrollo diversos venenos que han sido distinguidos y estudiados, algunos de los cuales que se conocen algo, son sumamente violentos. Interin el bacilo crece en los tejidos que circundan la herida, se segregan estos tóxicos, que después se absorben y penetran en la economía, produciendo esa in-

toxicación los terribles síntomas que caracterizan el tétanos. Algo muy análogo acontece con el bacilo del cólera asiático causado por un bacilo que puede crecer rápidamente en los intestinos y quizá también en algunas de las secreciones del cuerpo, alimentándose en parte de las sustancias contenidas en el tubo intestinal, en parte de las secreciones. Parece asimismo que se extiende y disemina hasta cierto punto, toda vez que se le encuentra en las paredes de los intestinos. Pero propiamente hablando, no es un parásito, y la fatal enfermedad que produce es consecuencia de los venenos segregados en los intestinos.

FIG. 30.—Bacilo tífico: *a*, como aparece ordinariamente coloreado ó teñido, manifestando la forma característica en los cultivos; *b*, teñido para manifestar los flagelos.



duce es consecuencia de los venenos segregados en los intestinos.

De aquí á los parásitos verdaderos sólo hay un paso. La *fiebre tifoidea*, por ejemplo, es una afección originada por los microbios que se desarrollan en los intestinos, pero que además, invaden

los tejidos más extensamente de lo que lo hacen los gérmenes del cólera asiático (Fig. 30). Por regla general no invaden la totalidad del cuerpo, sino que se localizan en algunas glándulas ú órganos especiales, como el hígado, el bazo, etc. Aun en estas glándulas parece que no encuentran condiciones muy favorables de desarrollo, puesto que en ellas no se desenvuelven en gran extensión. Encuéntranse en el bazo en centros ó grupos pequeños, mas no se distribuyen ge-

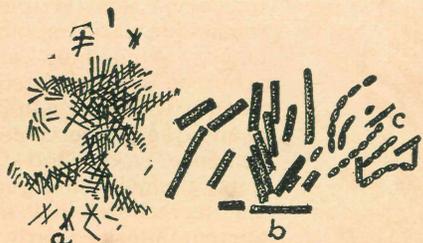


FIG. 31.—Bacilo de la tuberculosis: *a*, como se ve en el tejido pulmonar; *b*, más aumentado; *c*, como se ve algunas veces en los esputos de los tísicos.

neralmente por toda la víscera. Donde quiera que se desarrollan producen venenos que se han llamado *toxinas tíficas*, y son las que principalmente dan origen á la fiebre.

Gran número de gérmenes patogénicos están, como los del bacilo tífico, más ó menos circunscritos á localidades especiales. En vez de distribuirse por todo el organismo una vez que han penetrado en él, se limitan á órganos determinados. El ejemplo más común de un parásito de esta clase es el bacilo de la tuberculosis, *tuberculosis bacillus*, origen de la *consunción* ó *tisis*, de la *escrófula*, los *tumores blancos*, el *lupus*, etc. (Fig. 31).

Aun cuando este bacilo es muy común y puede atacar casi todos los órganos de la economía, generalmente limita su desarrollo: puede localizarse en una glándula pequeña, en una articulación, en un punto dado de los pulmones, ó en las glándulas del mesenterio, y dejar el resto de los tejidos completamente inmunes ó libres de infección, no siendo muy raro que el efecto causado por el bacilo se circunscriba á una extensión tan reducida que no dé margen á ninguna consecuencia grave.

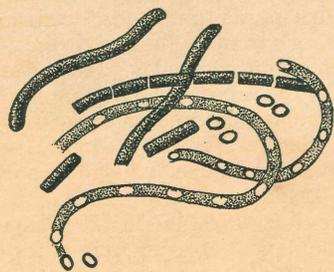


FIG. 32.—Bacilo del ántrax
(*fiebre esplénica*).

afección ordinariamente de marcha lenta.

Hay además otros parásitos que no limitan su acción de esta manera, sino que tan pronto como entran en el organismo, producen una infección general invadiendo la sangre y acaso simultáneamente todos los tejidos orgánicos. El ejemplo más típico de esta clase es el *ántrax* ó *pústula maligna*, enfermedad muy rara por fortuna en el hombre. El bacilo que la origina se multiplica en la sangre (Fig. 32) y muy pronto produce una infección general y sumamente grave, resultado de la abundancia de los bacilos en todos los teji-

dos de la economía. Algunas de esas afecciones obscuras conocidas con el nombre de *envenenamientos de la sangre*, parecen ser de la misma índole general y proceden de una invasión del organismo entero por ciertas bacterias patógenas.

En resumen, los llamados gérmenes de las enfermedades resultan de la acción en el organismo de venenos producidos por el desarrollo de los microbios. Las diferencias en la naturaleza de éstos son causa de las diferencias que se observan en el carácter de la enfermedad, como las diferencias en las propiedades parásitas de las diversas especies de bacterias, originan á su vez diferencias muy marcadas en el curso de las afecciones y en sus relaciones con los fenómenos externos.

5. **Enfermedades debidas á los microbios.**—Ofrece grande interés el determinar hasta dónde se extienden las afecciones humanas causadas por las bacterias, lo que actualmente no es fácil, ni quizá posible decir con seguridad; de la misma manera que no es fácil probar que una enfermedad dada sea enteramente originada por los microbios. Para poder hacerlo, sería necesario encontrar algún microbio particular presente siempre en todos los casos de la enfermedad; hallar un método para hacer que se desarrollara fuera del organismo en cultivos medios; demostrar su ausencia en los animales ó en el hombre sanos, y por último, reproducir la enfermedad en animales que se hallen en cierto estado fisiológico, inoculándoles el microbio. Todas estas pruebas presentan dificultades, especialmente la última. En los animales es comparativamente fácil reproducir una enfermedad por inoculación; pero los experimentos en el hombre, son por regla general, imposibles, y es muy frecuente en el caso de enfer-

medades humanas tropezar con dificultades insuperables, no pudiéndose por tanto, obtener una prueba completa. Después que se encuentra un microbio específico conocido y asociado á una enfermedad, es generalmente fácil hacer experimentos con él en los animales; pero, algunas de las afecciones del hombre no atacan á éstos, y aun en el caso de que los ataquen, es muy á menudo dudoso si la afección producida en el animal por la inoculación es idéntica á la del hombre, lo que se debe á la diferencia que existe entre los síntomas que presentan los diversos animales. Como consecuencia, la prueba de que ésta ó la otra enfermedad sea producida por gérmenes, varía desde una demostración absoluta hasta una simple sospecha. Por consiguiente, una lista completa y correcta de las enfermedades originadas por las bacterias ó de las especies de microbios que son patógenos para el hombre, no es posible que se formule dados los conocimientos que hasta ahora se poseen.

La dificultad para hacer una enumeración de las enfermedades de origen microbiano, se hace aún mayor porque se ha averiguado recientemente que las mismas especies de bacterias patógenas pueden producir diferentes resultados en condiciones y medios diferentes. Cuando se estudió por primera vez el germen de la enfermedad y se demostró la relación que existía entre los microbios y las enfermedades, se creyó que cada especie particular de microbio patógeno originaba una sola enfermedad bien definida; y viceversa, se supuso que cada afección producida por un germen reconocía como causa especies determinadas de bacterias. Estudios posteriores han revelado que eso no siempre es cierto. Hay enfermedades que tie-

nen una relación definida con microbios definidos, es verdad, como el germen del ántrax, por ejemplo, que producirá siempre el ántrax, sean los que quieran el lugar y manera como se inocule. Del mismo modo, en determinado número de casos, bacterias específicas distintas se asocian á enfermedades distintas. Por otra parte, hay algunos microbios patogénicos que no están completamente definidos y que producen resultado diverso según las circunstancias, variando sus efectos por la calidad y el estado del órgano y por las condiciones del individuo atacado. Por ejemplo, un número considerable de diferentes tipos de envenenamientos de la sangre, *septicemia*, *piemia*, *gangrena*, *heridas inflamadas*, ó *formación de pus* procedente de ligeras lesiones de la piel, trastornos múltiples que varían desde una insignificante formación purulenta hasta las más graves y violentas intoxicaciones ó envenenamientos de la sangre, todos ellos parece que son producidos por microbios, y es imposible encontrar especies determinadas en los diferentes tipos de estas diversas manifestaciones morbosas. Hay tres formas comunes de las especies pertenecientes á los micrococos, estreptococos, etc., productoras de pus, que se encuentran casi indistintamente relacionadas con varios tipos de alteraciones inflamatorias. Además, estas especies de bacterias se hallan casi siempre en derredor del cuerpo humano, aún en estado de salud. Existen en los vestidos, en la piel, en la boca, en el canal intestinal, etc., sin ocasionar el menor daño; y, sin embargo, pueden causar grandes males si por un incidente recibiera el individuo alguna herida en la que lleguen á penetrar. Esta cualidad nociva, varía de conformidad con las circunstancias así del indivi-

duo como de los mismos microbios. Si la persona está en buen estado de salud, el poder de causar daño de estas bacterias es muy limitado aun cuando penetren por las heridas, mientras que si su vitalidad es débil, entonces recibirá mucho mal, y bastará una ligera cortadura y hasta un simple arañazo para que los microbios penetren bajo la piel y den lugar á inflamaciones y á la formación del pus. En algunas personas se desarrollarán pequeños abscesos ó inflamaciones insignificantes donde quiera que haya una erosión en la epidermis, mientras que en otras, esas erosiones y aun heridas de mayor consideración, se curarán inmediatamente y cicatrizan de primera intención sin trastorno alguno. Ambas están sujetas indudablemente á iguales probabilidades de infección, pero unas resisten y otras no. En el lenguaje vulgar se dice que esa tendencia á los abscesos indica un mal estado de la sangre ó de los humores, frase que en realidad, nada significa para la ciencia. Además, se ve que la facultad de producir enfermedades por bacterias de las mismas especies, varía en diferentes ocasiones. Algunas habitan en todo el canal alimenticio y son totalmente inofensivas, mientras que otras, en circunstancias enteramente desconocidas, invaden los tejidos y originan una afección grave y á veces mortal. Unos, como el bacilo del tifo, producen alteraciones siempre que se introducen en el organismo y toman asiento en él: los otros, como los bacilos normales del intestino, existen constantemente, pero sin causar daños, por regla general, excepto en circunstancias especiales en que adquieren cierta malignidad. Todo esto demuestra que hay otros factores que determinan el curso de una enfermedad y hasta su invasión, independien-

temente de una especie particular de microbios patógenos y que la enfermedad misma puede también producir y desarrollar ciertos microbios.

De los anteriores razonamientos se deduce que es imposible dar una lista exacta de los gémenes de las enfermedades. No obstante, estudios últimamente realizados han revelado algunas relaciones definidas entre estos microbios y ciertas enfermedades, y no carecerá de interés hacer una enumeración de las afecciones más conocidas.

Nombre de las enfermedades.	Nombre de los bacilos que producen las enfermedades.
Ántrax (pústula maligna).	Bacilo del ántrax.
Cólera.	Espirilo del cólera asiático.
Pulmonía crupal.	Micrococo de la pulmonía crupal.
Difteria.	Bacilo de la difteria.
Muermo.	Bacilo del muermo.
Gripe.	Bacilo de la gripe.
Lepra.	Bacilo de la lepra.
Fiebre remitente.	Espirilo de Obermeier.
Tétanos.	Bacilo del tétanos.
Tuberculosis (incluyendo la tisis ó consunción, la escrófula, etc).	Bacilo de la tuberculosis.
Fiebre tifoidea.	Bacilo tífico.

Varias infecciones producidas por heridas, entre ellas la *septicemia*, la *piemia*, los *abscesos agudos*, *úlceras*, *erisipelas*, etc., son originadas por ciertas formas de micrococos que se asemejan unas á otras en muchos caracteres y difieren en muy pocos. Se encuentran casi indistintamente en todas las infecciones por heridas, y ninguna de ellas parece tener relación definida con una forma especial de enfermedad, excepto el micrococo de la erisipela. Los micrococos que producen el pus común se agrupan en tres especies: el *staphi-*

Staphylococcus pyogenes aureus, el *Staphylococcus pyogenes* y el *Streptococcus pyogenes*. Estas tres especies son las más comunes; pero algunas veces se encuentran otras.

Además de estas especies cuya acción puede considerarse comprobada, se cree con mayor o menor certeza que las siguientes enfermedades son ocasionadas por distintas especies de microbios: *bronquitis*, *endocarditis*, *sarampión*, *tos convulsiva*, *peritonitis*, *pulmonía* y *sífilis*, etc.

Aun podría darse otra lista de enfermedades cuya naturaleza general indica que son producidas por microbios; pero no se ha podido averiguar cuáles son las bacterias que más se relacionan con ellas. Se ha demostrado que un gran número de afecciones que padecen los animales son originadas por estos microorganismos, habiéndose hallado también un gran número de microbios en ciertas materias, como las heces fecales, la sangre en putrefacción, etc., microbios que los experimentos han comprobado que pueden producir enfermedades en los seres del reino animal; pero sin que haya evidencia de que en circunstancias normales puedan ser causa de esas mismas enfermedades. Acaso contribuyan á las alteraciones que ocasionan los alimentos tóxicos, mas en realidad no pueden considerarse como gérmenes de enfermedad.

6. Diferencias y variedades en el poder patogénico.—Como ya se ha manifestado, las ideas concernientes á las relaciones entre las bacterias y la enfermedad han sufrido un gran cambio desde que se formularon por vez primera, y hoy se reconoce que, además de la presencia de los microbios, hay otros factores que ejercen grande influencia en los estados morbosos. Es necesario consi-

derar estos factores desde dos puntos de vista, á saber: la diferencia y variedad, condiciones ó estados de los microbios, y la condición y susceptibilidad individual.

El primero de estos factores sólo requiere breves consideraciones. Es bien sabido que hay diversas circunstancias que afectan la virulencia de las bacterias. El bacilo que se supone produce la pulmonía, por ejemplo, pierde todo su poder para causar de nuevo la enfermedad una vez que ha sido cultivado en el laboratorio por un espacio corto de tiempo, en un cultivo medio ordinario. Esto se comprende fácilmente, teniendo en cuenta el hecho de que es un bacilo parásito que puede desarrollarse como tal. No obstante, en algunas ocasiones puede recuperar su poder patogénico pasando otra vez á un animal que sea algo susceptible de ser atacado por él. Uno de los microbios patogénicos más violentos que existen es el que produce el ántrax; pero pierde también su influencia patógena si se cultiva por largo tiempo á una temperatura elevada. El micrococo que causa el cólera ó *colerina de las gallinas* pierde también sus propiedades morbíficas en un cultivo medio común, cuidando de dejar pasar algunos días entre las inoculaciones sucesivas, en nuevos tubos de cultivo. Los microbios más patógenos pueden ser tratados por manera tal, que sufran una disminución y hasta una pérdida total de su facultad de producir enfermedades graves. Por otra parte, hay diversas circunstancias y condiciones que son capaces de aumentar la virulencia de los gérmenes patogénicos. El virus que causa la hidrofobia, por ejemplo, aumenta su virulencia si se inocular en un conejo y se toma después el virus del mismo conejo para

hacer otras inoculaciones. El micrococo del cólera de las gallinas, debilitado del modo dicho antes, puede recuperar de nuevo su violencia primitiva inoculándolo en un pájaro, como el gorrión, é inoculándolo de éste á otro pajarillo, siendo tanto más activo cuanto más se repitan las inoculaciones. Es indudable que estas variedades existen lo mismo en la Naturaleza que en los cultivos artificiales. Los microbios que hacen que las heridas sean infecciosas, los abscesos, etc., difieren, al parecer, en circunstancias normales, desde un tipo susceptible de producir un envenenamiento violento y hasta mortal en la sangre, hasta un simple tumor ó absceso y asimismo á ser completamente inofensivos. Indudablemente, este factor es el que determina en gran parte la mayor ó menor intensidad de las afecciones epidémicas causadas por bacterias contagiosas.

7. **Susceptibilidad individual.**—Las grandes modificaciones hechas ahora en los conocimientos antiguos, respecto á este ramo de las ciencias, han influido en las ideas actuales acerca del poder que tienen los individuos para resistir á la invasión de los microbios patógenos. Desde hace mucho tiempo se sabía que hay personas más susceptibles que otras para contraer las enfermedades, y tratando de determinar la significación de este hecho, se han realizado valiosos é interesantes descubrimientos. Después de manifestada la enfermedad, se sucede un período más ó menos largo, en el que no se revelan efectos apreciables, á cuyo período sigue el primer acceso de la afección y su desarrollo, hasta que llega á una crisis que, si se domina, termina en la curación. El curso general de una enfermedad producida por los gérmenes se divide en tres períodos:

el período de *incubación*, el de *desarrollo* de la enfermedad y el de *curación*. La susceptibilidad del organismo á contraer una enfermedad debe considerarse desde los tres puntos de vista de la "invasión," la "resistencia" y la "curación."

8. **Invasión.**—Para que una enfermedad infecciosa pueda afectar á un individuo, se necesita ante todo que el microbio especial que la produce llegue á penetrar en la economía. Varias son las vías por las que se efectúa esta entrada, bien sea por la boca, bien por las fosas nasales, bien por la piel, y en algunas ocasiones por los canales ó conductos excretorios, etc. Las que penetran por la boca lo hacen generalmente por el intermedio del alimento ó del agua, etc., que se ingiere; las que se abren paso por las fosas nasales entran acompañadas del aire, y las que se introducen por la piel lo verifican en la mayoría de los casos por el contacto con algún objeto infectado, como el contacto directo con una persona contaminada, ó con sus vestidos, ó con algunos objetos infectos. Quizá en ciertas circunstancias se introduzcan en la piel por medio del aire que se respira, lo cual no es tan común y sólo acontece en determinadas afecciones. Hay dos hechos cuyo conocimiento es de la mayor importancia: primero, que es muy pequeña la probabilidad de que una afección producida por bacterias penetre por medio del aire, sucediendo esto en un número muy reducido de afecciones, como la viruela, la tuberculosis, la escarlatina, etc.; y segundo, que estando intactas la piel y las membranas son un protector casi seguro contra la invasión de las bacterias. Si la piel está íntegra, sin rasguños, ni heridas, quemaduras, etc., rara vez ó casi nunca la atraviesan los microbios. Estos dos hechos revisten grandísimo interés,

puesto que de todas las fuentes de infección que amenazan al hombre, de ninguna puede precaverse menos que de aquélla que se verifica por conducto del aire; y de todas las vías de entrada que tienen los microbios, la que más dificultades ofrece para guardarla debidamente es la piel. Los microbios de los alimentos se pueden destruir, calentándolos hasta cierta temperatura, y del mismo modo se pueden hacer inofensivos los líquidos que se beban; pero en manera alguna es posible prescindir del aire que se respira, ni hay método ninguno conocido para desinfectar satisfactoriamente ese aire, siendo imposible para los que tienen que estar al lado de personas enfermas ó cuidarlas, evitar por completo el contacto, ya con el paciente, ya con sus ropas, ya con los objetos que lo rodean más ó menos de cerca.

De lo que precede se deduce claramente que la susceptibilidad individual á contraer enfermedades producidas por las bacterias parásitas, depende, más que del medio infectado, de los hábitos de aseo de la persona, del cuidado en desinfectar los objetos infectados, de su costumbre de comer los alimentos condimentados ó crudos, y del estado de la piel y de las membranas mucosas del individuo: además, cualquier rasguño, por insignificante que sea, aumentará la susceptibilidad. Afecciones ligeras, como los constipados ó catarros, que irritan las membranas mucosas, disminuirán el poder de resistencia del individuo y lo harán más susceptible á que penetre en su organismo cualquier germen patógeno que se halle próximo á él. De la misma manera, las úlceras en la boca y las picaduras ó caries en los dientes y otras muchas cosas pueden ser también factores importantes en la susceptibilidad individual. Vese,

pues, que son numerosos los factores puramente físicos que pueden contribuir á esa susceptibilidad del individuo para contraer determinadas enfermedades de carácter puramente infeccioso.

9. Poder de resistencia del organismo.—Aun después de que las bacterias han penetrado en la economía, no es seguro ni mucho menos que originen una enfermedad determinada, porque tienen que reñir una ruda batalla antes de ejercer sus efectos morbosos. Tan luego como los microbios entran en la economía, se levantan contra ellos poderosas fuerzas de resistencia del organismo humano, que trata de destruirlos y expelerlos. Muchos de los microbios mueren con rapidez, habiendo casos en que todos quedan aniquilados sin haber podido adelantar un paso en la infección. Claro es que entonces no resulta trastorno alguno en la salud del individuo. Otras veces, el organismo no puede sobreponerse al poder de los invasores, los que se multiplican rápidamente. En esta lucha, el éxito de los invasores no depende necesariamente de su número. Pelean simplemente por ocupar una posición en el cuerpo del animal, donde encuentran alimento y medios para desenvolverse. Unos cuantos de estos microscópicos seres pueden ser suficientes para ganar la posición, se multiplican entonces y se hacen muy numerosos. Por lo tanto, el organismo, para defenderse de ellos, tiene que destruir cada una de las bacterias ó por lo menos, que impedir su desarrollo. Los maravillosos poderes de reproducción de que están provistos los microbios les dan una gran ventaja en esta batalla. Por otra parte, se necesita tiempo para que estos pequeñísimos seres, cuya multiplicación es asombrosa, se hagan lo bastante numerosos para causar

daños. Cuando la cantidad de invasores no es muy considerable, hay un intervalo de reposo después que penetran en la economía y durante este intervalo, ó sea durante el período de incubación, la economía puede organizar resistencia suficiente para expeler á los microbios, destruirlos ó atenuar su acción.

Aun no se sabe bien hasta donde se extienden las fuerzas que el organismo humano puede desplegar contra estos enemigos invasores. Sin embargo, algunos de sus métodos de defensa son conocidos ya y se sabe lo bastante de ellos para poder formarse idea de la intensidad de la lucha empeñada y de las vigorosas y enérgicas resistencias que la economía humana puede oponer á esta invasión.

Téngase en cuenta, en primer lugar, que una gran parte de los microbios no puede desarrollarse en el cuerpo del hombre, aunque penetre en él. Los microbiólogos conocen hoy muchos centenares y acaso millares, de estos microscópicos seres, la gran mayoría de los cuales encuentran condiciones tan hostiles en los tejidos humanos, que apenas les es posible desarrollarse en ellos. Los músculos y la sangre del hombre suministran, cuando han perdido su vitalidad, alimento excelente para los microbios; pero la carne y la sangre humanas, estando vivo el individuo, ejercen de uno ú otro modo una influencia destructora en las bacterias, que destruye el crecimiento de un gran número de especies. No obstante, algunas no se destruyen por esas fuerzas hostiles representadas por los tejidos del animal y, por lo tanto, son susceptibles de crecer y multiplicarse en el organismo. Éstas son las únicas que constituyen realmente los microbios patogénicos, las

únicas por consiguiente que pueden producir enfermedades al desenvolverse en el cuerpo del animal. El hecho de que la mayoría de las bacterias no se desarrollan en la economía, demuestra palpablemente que existen en esos tejidos ciertas condiciones especiales que hostilizan la vida bacteriana. Además, apenas puede ya ponerse en duda que en esas mismas condiciones hostiles que permiten al organismo resistir los ataques de los microbios patógenos, se encuentra la causa de la resistencia orgánica.

¿Cuáles son las fuerzas desplegadas contra esos invasores? La índole esencial de esa batalla parece que estriba en la producción de venenos y contravenenos. Parece también indudable que el primer paso dado por el organismo para expeler esas bacterias consiste en inundarlas, en ahogarlas, por decirlo así, en ciertos tóxicos que impiden su crecimiento. En la sangre y en la linfa del hombre y de otros animales, existen ciertos productos que tienen una influencia destructora para el crecimiento de los microorganismos. La presencia de estos venenos es innegable, puesto que ha sido demostrada por muchos experimentos hechos directamente en la sangre de algunos animales. Muy poco se sabe acerca de la naturaleza de esos productos; pero se está seguro de sus fuerzas represivas, á las que se ha dado el nombre de *alexinas* ó *alesinas*, que se producen en los tejidos vivos, por más que se ignore el modo cómo se producen. Auxiliado por estos tóxicos, el cuerpo de los animales puede estorbar el crecimiento de la mayor parte de las bacterias que penetran en sus tejidos. Los microorganismos comunes mueren inmediatamente, porque esas alexinas obran como antisépticas, y las bacterias

comunes no pueden desarrollarse en los cuerpos vivos, como no podrían desarrollarse en una solución que contuviese otros venenos. De esta manera el organismo está perfectamente protegido contra la mayoría de las bacterias.

El gran número de especies que se encuentran en el agua, en la leche, en el aire, en la boca de los animales ó en la piel y que casi siempre se hallan presentes en todas partes, son susceptibles de crecimiento en los alimentos orgánicos comunes faltos de vida; mas tan luego como entran en un organismo vivo, se detiene inmediatamente su desarrollo por los agentes antisépticos que obran contra ellos. Por lo tanto, estos microbios no son patógenos ni causa de trastornos para la salud del individuo.

Hay otras especies de bacterias que pueden permanecer en el cuerpo á pesar de los ataques de los referidos agentes para desprenderse de ellas. Éstas son las que constituyen los microbios patógenos, ó sea los llamados "gérmenes de las enfermedades," únicos que pueden conservarse en el organismo. ¿Cómo pueden estas especies vencer á los venenos que matan á las otras especies inofensivas? Lo mismo para las unas que para las otras, esas alexinas son nocivas para su desarrollo; pero las ofensivas cuentan con algún medio para contrarrestar sus efectos. En este asunto acerca de los venenos, hay algo que está todavía muy obscuro; y si ha de juzgarse por las apariencias, los microbios patógenos dominan á las alexinas del organismo dando nacimiento á su vez á otros productos que neutralizan las alexinas, anulando así los efectos causados por ellas. Dichas bacterias patógenas cuando penetran en el organismo, crean inmediatamente un

grupo de cuerpos denominados *lixinas* ó *lisinas*, misteriosas como las alexinas, pero se supone que neutralizan su acción, venciendo de esta manera la resistencia que el organismo opone al desarrollo de los microbios. Ya en este caso los invasores pueden multiplicarse con la rapidez necesaria para conservar su puesto en el organismo, y bien pronto desarrollan los síntomas que constituyen la enfermedad. Las bacterias patógenas difieren por tanto de las que no son patógenas, en la facultad que tienen de segregar productos que pueden neutralizar los efectos ordinarios de las alexinas, dominando así la resistencia normal que el organismo les ofrece.

Mas, aun cuando las bacterias dominen de ese modo las alexinas, no por eso está decidida la batalla, porque el hombre dispone de otro medio defensivo que entra inmediatamente en actividad para contrarrestar el desarrollo de los organismos invasores. Este segundo método de resistencia se debe á una serie de células activas que se encuentran en la sangre y que se conocen con el nombre de *corpúsculos blancos* (Fig. 33, a, b). Son pequeños trozos de protoplasma que existen en grandes cantidades en la sangre y en la linfa, células activas susceptibles de locomoción y que pueden escaparse fuera de los vasos sanguíneos. No es raro ver en el interior de su substancia pequeños cuerpecillos con los que se ponen en contacto. Una de sus misiones consiste en apoderarse rápidamente de pequeñísimos cuerpos irritantes que se hallan en los tejidos y llevarlos al exterior por medio de las secreciones. Obrán, pues, como agentes de limpieza en el cuerpo. Estos corpúsculos ejercen alguna intervención para preservar de los ataques de los microbios patógenos. Muy á menudo

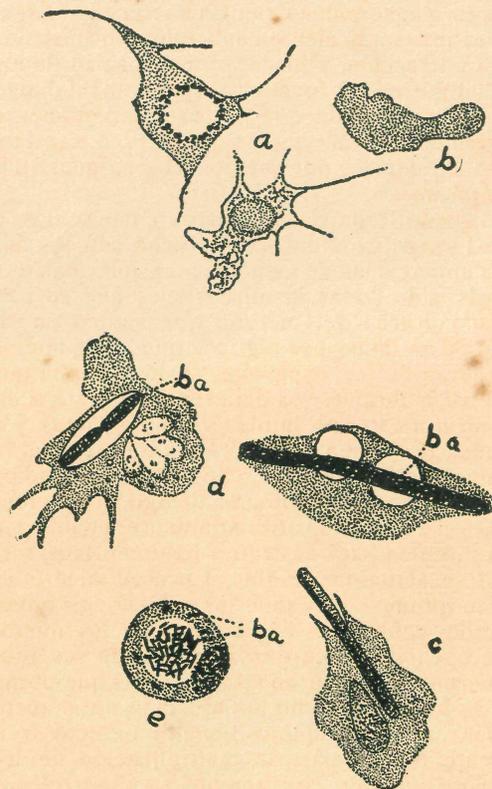


FIG. 33.—Corpúsculos blancos de la sangre y otros fagocitos: *a*, forma estacionaria; *b*, forma móvil; *c*, fagocito con una bacteria á medio tragar; *d*, fagocitos conteniendo bacterias muertas ó vivas; *e*, fagocito lleno de bacterias; *ba*, bacterias.

recogen gran número de ellos en las regiones del cuerpo en que se encuentran las bacterias. Estas bacterias invasoras ejercen sobre los corpúsculos una gran atracción, y los corpúsculos salen de los vasos sanguíneos y forman á veces una falange numerosa y apretada que rodea completamente á los gérmenes invasores, los que pueden manifestarse en el exterior por medio del fenómeno llamado *inflamación*.

No queda duda de que estos corpúsculos ó glóbulos sanguíneos entran en lucha con los microbios al cercarlos de esta manera, por más que no hayan sido pocas las discusiones que se han entablado acerca del método que siguen en su lucha. Se ha dicho por algunos que los glóbulos se apoderan de los microbios, se los tragan, por decirlo así, y después los digieren (Fig. 33, *c*, *d*, *e*). Esta teoría hizo nacer la idea de la *fagocitosis*, y á consecuencia de ella se dió á esos corpúsculos la denominación de *fagocitos*. No obstante, estudios llevados á cabo durante mucho tiempo hacen creer que no es ese el método ordinariamente seguido por los corpúsculos para destruir á los microbios, sosteniéndose actualmente que el procedimiento es más bien químico. Cuando las células se reúnen en grandes cantidades en derredor de los microbios patógenos, parece que segregan de sus propios cuerpos ciertos productos nocivos que obran sobre las bacterias como las alexinas antes mencionadas. Estos productos tienen un efecto decididamente dañino para la multiplicación de los microbios: impiden rápidamente su desarrollo y, obrando en unión de las alexinas, acaso los destruyen completamente.

Una vez muertas las bacterias, los glóbulos sanguíneos blancos pueden apoderarse de sus ca-

dáveres y conducirlos al exterior. Algunos de los corpúsculos entran en el torrente circulatorio y llevan á sus enemigos á diversos puntos de la economía, por eliminación. Con frecuencia los corpúsculos blancos perecen en la contienda y entonces se acumulan en forma de pus y se abren camino á través de la piel. La pelea entre los fagocitos y las bacterias sigue con vigor, y si al fin los fagocitos son más fuertes que los microbios, estos quedan destruidos gradualmente. En este caso, el individuo ignora lo que pasa en el interior de su organismo: el conflicto se desarrolla sin que él tenga conciencia de lo que acontece y acaso, ni siquiera sepa que ha estado muy expuesto á ser víctima de las bacterias. En otros casos, los microorganismos patogénicos son más fuertes que los fagocitos; se multiplican con mucha rapidez y á veces producen secreciones que expulsan al exterior á sus enemigos. Como ya se ha dicho, los corpúsculos son atraídos generalmente al punto invadido; pero en algunas ocasiones, cuando especies esencialmente mortíferas y vigorosas invaden la economía, las secreciones producidas por las bacterias son tan enérgicas, que hacen salir al exterior á los corpúsculos. En tales circunstancias los huéspedes invasores tienen oportunidad para multiplicarse sin impedimento, para diseminarse por todo el cuerpo, y la enfermedad se desarrolla rápidamente como resultado inmediato de su acción tóxica en los tejidos orgánicos.

Ya se ha visto que el cuerpo humano no está indefenso en presencia de las bacterias productoras de enfermedades, sino que por el contrario, está provisto de numerosas fuerzas de resistencia. No debe suponerse, sin embargo, que la descrip-

ción que antecede, relativa á la acción de estas fuerzas, sea enteramente exacta; de la misma manera que no debe deducirse que la resistencia es en todos respectos tal cual se ha explicado. Las investigaciones en este sentido son aún muy recientes y reina todavía gran obscuridad en muchos puntos. Acaso más adelante se introduzcan grandes modificaciones en la interpretación que hoy se da. Pero, aun reconociendo esas incertidumbres en los detalles, debe estarse seguro de los hechos generales. El organismo vivo tiene fuerzas de resistencia muy eficaces para impedir á la mayor parte de las bacterias que se desarrollen en el interior de sus tejidos, y muy suficientes para arrojar al exterior los verdaderos microbios patógenos. Estas fuerzas están asociadas en parte con las producciones de los venenos del cuerpo, y en parte con los poderes activos de las células especiales que se han llamado fagocitos. Es de esperarse que el porvenir aclare el origen de esos venenos y la manera cómo los fagocitos obran.

La resistencia del organismo varía según las circunstancias. Es evidente que esas resistencias son fuerzas naturales y que sin duda alguna están en consonancia con el estado de salud del individuo. Una salud perfecta, un cuerpo robusto, vigoroso y bien nutrido, suministrarán los mejores medios de resistencia contra las bacterias infecciosas. Por el contrario, un organismo debilitado por una nutrición pobre, ofrecerá mucha menos resistencia. La cuestión de si se sufrirá ó no una afección producida por los gérmenes, no estriba simplemente en exponerse á ella ni tampoco en la duda de si los microbios penetrarán ó no en la economía; depende también de que haya el suficiente vigor en el organismo para producir

alexinas en la proporción necesaria ó fagocitos lo bastante numerosos y fuertes para rechazar el ataque. Mucho puede hacer la higiene para evitar estas enfermedades; pero no hay que olvidar que la otra parte combatiente tiene asimismo gran importancia y, por tanto, que es necesario hacer cuanto se pueda, además de la parte higiénica, por dotar al organismo de vigorosas fuerzas de resistencia.

10. **Curación de las enfermedades microbianas ó parasitarias.**—Las fuerzas de resistencia no siempre son suficientes para expulsar á los invasores, que pueden prolongar su estancia en el organismo y vencer los obstáculos que se les oponen, en cuyo caso pueden multiplicarse sin impedimento y acabar por hacerse dueños del campo. Á medida que se hacen más numerosos, aumentan sus productos tóxicos y producen efectos venenosos directos. El período de invasión termina y comienza el de enfermedad, la que sigue su curso agravándose generalmente más y más, hasta que llega á una crisis. Ya en este estado, si la intoxicación no es tan grave que ocasione la muerte, los efectos nocivos pasan y se entra en el período de convalecencia.

¿Por qué no es siempre mortal la enfermedad cuando las bacterias se posesionan del organismo y se desarrollan en él? ¿Por qué no continúan multiplicándose hasta producir suficiente veneno para destruir la vida del individuo atacado? Es verdad que eso sucede siempre, pero en la mayor parte de los casos se logra la curación.

Será por que el organismo debe poseer algún otro juego de fuerzas de resistencia, que son las que se relacionan con el período de curación. Aunque debilitado por el envenenamiento

y sufriendo á causa de la enfermedad, el paciente no cesa en la batalla, sino que organiza lentamente un nuevo ataque contra sus invasores. Durante algún tiempo, los microbios siguen multiplicándose sin que nada los destruya y crecen con rapidez; pero, al fin, su multiplicación se detiene, su vigor se debilita, y su número disminuye hasta que por último, se expulsan del organismo. Muy poco se sabe todavía acerca de la naturaleza de esta nueva resistencia. Obsérvase, en primer lugar, que por regla general, después de la curación, las fuerzas de resistencia contra la enfermedad aumentan en el individuo, aumento que puede ser muy duradero y tan considerable, que resulte la inmunidad casi completa contra la enfermedad, por muchos años y acaso por toda la vida. Un ataque de escarlatina, por ejemplo, preserva al individuo de ser atacado en lo sucesivo por esa fiebre eruptiva. En otros casos la resistencia puede ser sólo temporal, como sucede en la difteria; pero siempre se adquiere cierta suma de inmunidad. Esta facultad de resistir las actividades de los parásitos parece aumentar durante los progresos de la enfermedad, y, si llega á ser suficiente, expele á las bacterias del cuerpo antes de que hayan podido ocasionar la muerte, comenzando en seguida la convalecencia. Lo que en manera alguna es claro todavía para los microbiólogos, por más que ya conozcan bien ciertos factores, es á qué se debe esta resistencia nuevamente adquirida. Parece innegable que en algunas afecciones las células orgánicas producen, después de cierto tiempo, substancias que sirven como antídotos de los venenos producidos por las bacterias durante su crecimiento, substancias que han recibido el nombre

de *antitoxinas*. En la difteria, por ejemplo, los gérmenes que se desenvuelven en la garganta producen venenos que se absorben por la economía y dan origen á los síntomas de la enfermedad; pero, transcurrido un período dado de tiempo, las células reaccionan y producen un contraveneno que neutraliza los efectos tóxicos del veneno de la difteria. Esta substancia se ha tomado de la sangre de los animales curados de un ataque de difteria, y se ha llamado *antitoxina diftérica*. Mas, ni aun con este conocimiento se explica plenamente el hecho. La antitoxina diftérica neutraliza los efectos de la *toxina diftérica*, y el organismo desarrolla entonces fuerzas bastantes para expulsar las bacterias que se alojan en la garganta. Cómo desempeñan esta tarea, es lo que se ignora casi por completo. Alguna otra fuerza debe entrar en juego para arrojar á los microbios, fuerza que sólo puede ejercer su acción después de neutralizado el efecto venenoso de los gérmenes. Por tanto, en estos casos la curación se debe, primero, al desarrollo en el organismo de antídotos naturales contra los venenos, y segundo, á alguna otra fuerza, desconocida todavía, que expulse á los parásitos.

Estos hechos son verdaderamente maravillosos y llaman la atención por manera notable. Si intencionalmente se quisiera buscar la teoría menos verosímil para explicar la curación de la enfermedad infecciosa, sería muy difícil encontrar otra que fuera menos creíble que la de que las células del cuerpo desarrollan durante la afección un antídoto contra el veneno producido por los gérmenes parásitos. Y sin embargo, es indudable que los antídotos se forman en el curso de la enfermedad. No se han encontrado en todas las

afecciones, y sería demasiado pretender que este sea el método constante y exclusivo en todos los casos de curación. No obstante, con respecto á las enfermedades microbianas ó parasitarias, puede decirse en general que después que las bacterias entran en el organismo por algún punto débil, tienen que sostener ante todo un combate para hacer frente á las fuerzas de resistencia del organismo, fuerzas que parecen ser en parte *biológicas* y en parte *químicas*. Estos poderes de resistencia son suficientes en muchos casos para evitar que los microbios consigan permanecer en la economía. Si los invasores dominan á las fuerzas de resistencia, entonces empiezan á multiplicarse con rapidez y toman posesión del organismo entero ó de parte de él. Continúan desarrollándose hasta que el individuo muere ú ocurre algún accidente que detenga su desenvolvimiento. Después que el individuo pone en acción sus nuevas fuerzas para impedir el crecimiento de los gérmenes, viene la curación y el paciente adquiere una inmunidad que se prolonga por un espacio de tiempo más ó menos largo, contra un segundo ataque de la misma enfermedad.

Tales son, en resumen, las relaciones que existen entre los microbios parásitos y el cuerpo humano. Mas, si bien ésta es la teoría del asunto en general, preciso es reconocer que estas relaciones difieren mucho según las diversas enfermedades y que no puede aplicarse á todas la misma descripción. Las bacterias varían en la forma y en el lugar que eligen para atacarlo. No sólo producen diversas clases de tóxicos que dan nacimiento á diferentes síntomas de intoxicación; no sólo los resultados no son idénticos en los distintos animales; no sólo las diferentes especies pató-

genas difieren mucho en su poder para desarrollar afecciones graves; sino que también las diversas especies producen efectos especiales según la clase del animal á quien atacan. Algunas solamente pueden vivir como parásitas en el hombre: otras, en el hombre, en los ratones ó ratas y en otro reducido número de animales: algunas, parece que no pueden vivir más que en el ratón salvaje y no en el doméstico: otras en ciertos animales y no en el hombre: otras habitan en el caballo; varias en pájaros, pero no en mamíferos de sangre caliente, mientras que hay bacterias y microbios que viven muy bien en todos los tejidos de la mayor parte de los seres de la escala zoológica. Claro es que los microbios que habitan como parásitos en el hombre son los relacionados con las enfermedades humanas y los que interesan más al médico, del mismo modo que los que viven en los otros animales interesan al veterinario.

Véase, pues, cuán distintas son las variedades que ofrecen las bacterias parásitas. Difieren en el lugar que escogen para el ataque, en la manera de atacar y en la parte del cuerpo que eligen como centro para desarrollarse. Difieren también en la violencia y en el carácter de los venenos que producen, en su poder para dominar las resistencias que les opone el organismo, y en su facultad de producir éstas ó las otras enfermedades. Presentan, en suma, tan gran número de métodos de acción, que no es posible describirlos de modo que puedan aplicarse á todos los microbios, ni aconsejar un procedimiento general para preservarse de ellos y expulsarlos una vez que han invadido el organismo.

II. **Enfermedades causadas por otros organismos que no son microbios.**—Aun cuando el objeto pri-

mordial de esta obra es el de ocuparse especialmente de microbiología, no puede dejar de decirse algo en ella referente á otros organismos microscópicos que no pertenecen propiamente al grupo de las bacterias. Si bien la mayor parte de las afecciones originadas por gérmenes se deben á los microbios que acaban de estudiarse en los capítulos precedentes, hay algunas cuya causa se encuentra en organismos que corresponden á otros grupos. De estos seres, unos son plantas de una organización superior á la de los microbios; pero otros son indudablemente animales microscópicos. Sus costumbres difieren algo de las de las bacterias y como consecuencia de ello, el curso de las enfermedades que producen es, por regla general, diferente también. Entre las enfermedades producidas por animales microscópicos, hay una ó dos que tienen la bastante importancia para que merezcan mención especial.

Paludismo.—La más importante de estas enfermedades es el *paludismo* en sus diversas formas, conocidas por varios nombres, tales como *escalofríos* y *fiebre*, *fiebre de otoño*, *malaria*, *chuchos* y otros varios nombres vulgares. Esta afección, tan común en todas partes, y sobre todo en los climas cálidos, ha sido muy estudiada por los médicos y los sabios que se ocupan de materias científicas y le han asignado multitud de causas. En un tiempo se creyó que era resultado de una bacteria, y se describió un bacilo especial como causante del paludismo. Últimamente se ha demostrado que la origina un organismo microscópico que pertenece al grupo de los animales unicelulares y que tiene relaciones muy estrechas con las conocidísimas *amebas* (Fig. 34). Todavía no se conoce bien el organismo palúdico, y la descripción si-

guiente abraza los hechos más conocidos hasta el día y sus relaciones con las enfermedades del hombre; pero ante todo conviene tener en cuenta que el nombre de *palúdico*, *paludiano*, etc., dado á los microorganismos que se cree producen los diversos tipos de esas fiebres, procede del origen

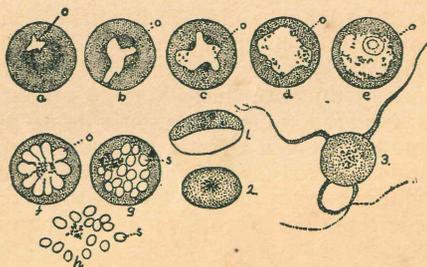


FIG. 34.—Microorganismo de la fiebre palúdica: las letras desde *a* hasta *g* manifiestan el crecimiento del parásito en el interior de los corpúsculos sanguíneos; *o* representa el microorganismo en varios estados; *s* los esporos. El 1 es el llamado cuerpo semicircular que se desarrolla en el 2, en forma flagelada, como se ve en el 3.

que se les atribuye; es decir, de terrenos pantanosos, charcos, pozas, lagunas, aguas estancadas y todo cuanto es causa de miasmas y donde nacen y se multiplican mosquitos y otros insectos que puedan inocular el veneno palúdico.

Es indudable que el germen palúdico habita en alguna parte fuera del cuerpo humano, mas se ignora á punto fijo cuál sea su morada, como se ignora de qué origen procede el parásito. Parece, sin embargo, probable que en unos casos el medio de transmisión sea el agua y en otros el aire. Sea cualquiera la fuente de donde provenga, penetra bajo el cuero cabelludo del hombre y llega á la

sangre. Ataca los corpúsculos ó glóbulos rojos sanguíneos, alojándose cada organismo palúdico en un sólo glóbulo (Fig. 34, *a*). Allí se desarrolla aumentando en dimensiones á expensas de las substancias de los corpúsculos (Fig. 34, *a-f*). Al crecer se hace granuloso y bien pronto manifiesta tendencia marcada á separarse en masas irregulares (Fig. 34, *f*), acabando por dividirse y subdividirse en muchos cuerpos pequeños llamados *esporos* (Fig. 34, *g*). Estos cuerpecillos salen del corpúsculo y durante cierto tiempo viven libres en la sangre (Fig. 34, *h*). Después de un período determinado, vuelven á los corpúsculos rojos, desarrollando nuevos *parásitos palúdicos amebos* y convirtiéndose nuevamente en esporos, proceso que puede repetirse muchas veces sin que nada lo impida.

Considéranse estos organismos como parásitos de los glóbulos rojos y fácil es comprender que la gran abundancia de parásitos y la destrucción de los glóbulos han de ser muy desastrosas para la salud del individuo atacado, y la gravedad del mal dependerá de la extensión del parasitismo. Los síntomas de las enfermedades palúdicas corresponden al modo de desenvolverse el organismo que las produce, y los caracteriza generalmente una intermitencia muy marcada por períodos más ó menos regulares de escalofrío y fiebre que alternan con otros períodos de remitencia, durante los cuales, esos síntomas desaparecen ó se aminoran mucho. Los paroxismos de las enfermedades que se distinguen y tipifican por el escalofrío, se presentan cuando los esporos se escapan de los corpúsculos sanguíneos y flotan en la sangre. Una vez que han vuelto de nuevo á los glóbulos rojos, la fiebre disminuye, y mientras están desarrollán-

dose en los corpúsculos hasta que se fraccionan en esporos, el individuo invadido por estos organismos experimenta alivio en los síntomas más graves.

Parece que hay más de una clase de organismos palúdicos, diferenciándose los diversos tipos

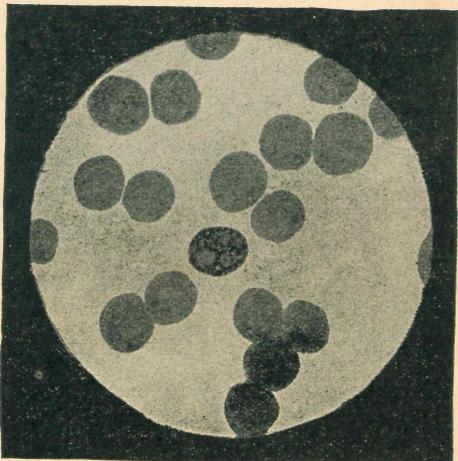


FIG. 35.—Parásito de la fiebre palúdica ó paludiana, en completo estado de desarrollo.

en el tiempo que tardan en desarrollarse y en transformarse en esporos. Una de sus variedades, la más común de todas, necesita dos días para su desenvolvimiento, lo que hace que los paroxismos morbosos se presenten con intervalos de cuarenta y ocho horas: otra de las variedades requiere tres días para su desarrollo, habiendo otras que no guardan regularidad alguna en sus períodos

de crecimiento y de dividirse en esporos. Estos hechos explican las variedades de la fiebre palúdica, existiendo además otras irregularidades que parecen debidas á distintas causas. Puede haber más de una clase de parásitos al mismo tiempo en un individuo, cada una de las cuales producirá esporos en diferentes períodos, y claro es que el desarrollo simultáneo de estas clases, independientes unas de otras, dará ocasión á múltiples modificaciones en el curso de la enfermedad.

Los organismos palúdicos son muy sensibles al parecer á la acción de la quinina, bastando una pequeña dosis para matarlos, y de aquí el gran valor que tiene en la medicina. Si el remedio llega á la sangre en el momento en que los esporos están fuera de los corpúsculos sanguíneos, éstos mueren con rapidez antes de que tengan tiempo de penetrar en otro corpúsculo. Durante su desarrollo en el interior de los glóbulos no son ni con mucho tan sensibles á los efectos de la quinina como cuando están en estado libre de esporos, y en ese período la quinina es menos activa.

El pequeño organismo palúdico es un animal y no se puede cultivar satisfactoriamente en el laboratorio por ninguno de los métodos artificiales conocidos hasta ahora, por lo que todavía se sabe poco acerca de él. No queda duda de que tiene alguna morada fuera de la sangre del hombre, y muy probablemente ha de atravesar por otros períodos de metamorfosis en los cuerpos de otros animales. La mayor parte de los animales parásitos viven á expensas de dos ó más seres, alternando de uno á otro, y es de suponerse que sea esto lo que acontece con el parásito del paludismo. Los microbiólogos no han podido aún descubrir ni averiguar nada definitivo respecto al

asunto, y hasta que se sepa algo relativo á la vida de estos organismos fuera de la sangre del hombre, muy poco podrá adelantarse en el terreno de aconsejar los medios de evitarlos, excepto los medios higiénicos más recomendados por la ciencia.

El paludismo difiere de la mayor parte de las enfermedades producidas por gérmenes, en que los organismos que la causan no se eliminan en manera alguna de la economía. En casi todas las demás afecciones parasitarias, los gérmenes se expulsan en las secreciones ó excreciones, y por intermedio de éstas pueden abrirse camino con facilidad para penetrar en otros individuos, lo que no acontece con el organismo palúdico, razón por la cual no es contagioso. Si el parásito pasa parte de su existencia en otro animal que no sea el hombre, debe haber medios para que pase del hombre á otros animales. Fundado en eso, se ha creído que algunos insectos que se alimentan de sangre humana pueden servir como vehículo de transmisión inoculando al picar. Esto no está demostrado por completo; pero, es muy posible y sea como quiera, lo cierto es que el organismo palúdico no se expele ordinariamente del hombre y que no es contagioso.

Otros varios animales microscópicos viven como parásitos en el ser humano, algunos de ellos tan asociados con ciertas enfermedades, que hace creer que sean la causa de ellas. El más común de todos es el *amœba coli* que se presenta en algunas diarreas rebeldes y en la disentería. En ciertas variedades de esta afección, el parásito se encuentra con tanta frecuencia que no puede quedar la menor duda de que está íntimamente ligado á la causa de la enfermedad, si bien faltan aún pruebas definitivas en favor de esta teoría.

En las plantas, hay algunas de organización superior á la de las bacterias, que se hacen parásitas en el cuerpo humano y producen diversos tipos de enfermedades. Estas plantas pertenecen en su mayor parte al grupo de los *mohos* y manifiestan gran disposición para afectar la piel, en la que se desarrollan especialmente bajo el cabello y pueden enviar algunas de sus filiformes ramillas á los tejidos subdérmicos, ocasionando inflamaciones é irritaciones de la piel y úlceras muy difíciles de curar. Mientras el organismo planta continúe creciendo, las úlceras no se cicatrizarán, y una vez que los organismos penetran en el cuero cabelludo, por regla general, es muy difícil destruirlos. Entre las enfermedades originadas por los diversos organismos plantas, figuran los herpes, las aftas, la alopecia ó caída del pelo, etc.

CAPÍTULO VII

MÉTODOS PARA COMBATIR LOS MICROBIOS PARÁSITOS

1. **Utilidad de la microbiología.**—La principal ventaja que ofrece el conocer la causa de las enfermedades, estriba en que ese conocimiento facilita recursos con los cuales hay esperanzas de que se hallen medios adecuados para prevenirlas é impedir los daños que ocasionan. El estudio de la medicina en los tiempos antiguos era casi puramente empírico, entrando muy poco en él la parte realmente científica. Hoy, por el contrario, los hechos nuevamente descubiertos y los conocimientos adquiridos, hacen concebir grandes espe-

ranzas de que esa importantísima rama del saber humano se base más en la ciencia que en el empirismo. Desde que comenzaron los estudios microbiológicos se ha adelantado más en la solución de los problemas relacionados con las enfermedades, que lo que se había adelantado en el largo número de siglos transcurridos, siendo más notables estos nuevos conocimientos, en todo lo que se refiere á la prevención de las enfermedades ó sea á la higiene, que es la medicina preventiva. La bacteriología ha sido un factor de grandísima importancia en la medicina preventiva, como lo ha sido también hasta cierto punto en la medicina curativa.

2. **Medicina preventiva.**—La tendencia de la medicina en los siglos pasados se reducía á curar las enfermedades, mientras que hoy, el estudio de esa ciencia tiende, sobre todo, á investigar los mejores procedimientos para impedir el desarrollo de esas enfermedades. La medicina preventiva ha tomado grandísimo incremento recientemente, y puede decirse que toda ella está basada en el conocimiento de las bacterias, asunto del más vivo interés. “Hombre prevenido vale por dos,” se dice vulgarmente, y está probado que conocer la causa de una enfermedad es tener mucho adelantado para evitarla. Al estudiar algunas de las afecciones contagiosas y epidémicas, desde el punto de vista de los conocimientos microbiológicos, se ha visto que es posible determinar, no sólo la causa de esas afecciones, sino también hasta qué extremo y cómo se hacen contagiosas, á lo menos hasta cierto punto. Algunos de los resultados obtenidos han sido tan lentos, que apenas pueden considerarse como verdaderos triunfos. Por ejemplo, los trabajos hechos en micro-

biología indujeron á sospechar primero y á demostrar después, que la tuberculosis es una afección contagiosa, y desde que esto se comprobó ha habido una disminución lenta, pero innegable en el número de víctimas ocasionadas por esta enfermedad.

Asimismo ha comprobado el estudio microbiológico, que la fuente de la infección colérica en las epidemias, se encuentra, en gran parte á lo menos, en el agua que se bebe, y si bien es cierto que el cólera ha efectuado varias invasiones en distintos países extendiéndose más ó menos, también lo es que no ha asentado sus reales en ninguna parte durante mucho tiempo, y que las epidemias no han hecho grandes destrozos, excepto en aquellos casos en que ha habido grandes descuidos y mucho abandono de la higiene. Es muy instructiva y significa mucho la comparación entre la historia de las epidemias coléricas de las pasadas edades y la de estos últimos tiempos. En las antiguas, el cólera barría, por decirlo así, poblaciones y aún países enteros, mientras que en las modernas, se ha concretado generalmente á casos aislados ó poco menos, si se exceptúan algunos en los que se desconocía la relación directa entre la enfermedad y las aguas potables.

El estudio de la medicina preventiva está aún en su infancia, y sin embargo, ha realizado ya grandes progresos. Se han desarrollado nuevos sistemas de saneamiento; se han introducido importantes modificaciones en la construcción de los hospitales, asilos y lazaretos, dando reglas para la disposición de las salas y habitaciones, que impiden en gran medida el contagio del paciente al que lo asiste y por lo mismo á los demás; se ha averiguado cuáles enfermedades son contagiosas y

cuáles no; se conocen en parte las fuentes de contagio que pueden ser sospechosas y contra las que hay que resguardarse, se ha dado, en una palabra, un gran paso hacia la manera de evitar la propagación de las enfermedades. Demuestran ampliamente el valor y la importancia de este estudio, la disminución constante que se viene observando en la mortalidad, desde que las ideas modernas de saneamiento han comenzado á ejercer alguna influencia, así como el hecho de que las epidemias en general son mucho menos graves y devastadoras de lo que eran antes, y que muchas personas gozan hoy de inmunidad contra ciertas afecciones que antes no respetaban á nadie, como acontece, por ejemplo, con la viruela, que merced al descubrimiento y la aplicación de la vacuna ha dejado de ser uno de los azotes de la humanidad.

El estudio de la medicina preventiva consta de varios factores relacionados todos con el modo y manera como el contagio se verifica. Hé aquí algunos de esos métodos:

Origen del elemento infeccioso.—Sabido es ya que en casi todas las enfermedades contagiosas, el elemento infeccioso proviene de los que padecen de ellas, y que, excepto en algunos casos, como en el paludismo, siempre se debe considerar á los individuos afectados, como fuente de contagio. Los microbios patógenos se eliminan en todos estos casos, del paciente, saliendo al exterior por este ó el otro medio, ya sea por el canal alimenticio, ya en las secreciones, ya de alguna otra manera, y cualquier enfermero que tenga un poco de criterio y siga las órdenes del médico, podrá determinar sin dificultad la vía por la cual se ha realizado la eliminación. Una vez establecido este hecho y debidamente tomado en considera-

ción, es asunto comparativamente fácil poner en práctica precauciones muy valiosas para impedir que las materias infecciosas se extiendan y propaguen el mal.

Medios de distribución.—Las bacterias pasan de la fuente original de la enfermedad al nuevo individuo susceptible de adquirirla, y sólo tienen el poder de distribuirse independientemente, cuando están sumergidas en líquidos, y por consiguiente, su tránsito de uno á otro individuo ha de ser pasivo. Sin embargo, fácilmente se trasladan por otros varios medios, el estudio de los cuales es un poderoso auxiliar para impedir el contagio. El primero de estos medios es el alimento, que puede contaminarse con materias infecciosas, por diversos procedimientos; como por el contacto con los albañales, con aguas sucias ó impuras, ó hasta con los utensilios de cocina y platos, etc., usados por el paciente. También el agua se contamina de materias infecciosas, y es fuente prolífica de propagación del cólera y de la fiebre tifoidea. La leche es asimismo otro vehículo muy propio para distribuir la contaminación y ocasionar la fiebre tifoidea, la tuberculosis, la difteria, la escarlatina y otras afecciones menos comunes. Además, los vestidos, las ropas de cama, los utensilios de que el paciente se sirve, son otros tantos focos de infección, si no hay especial cuidado en limpiarlos y desinfectarlos perfectamente. Otra vía de infección es por intermedio del contacto directo con animales infectados. Algunas veces los insectos llevan los gérmenes de una persona á otra, y en varias enfermedades, como la tuberculosis y quizá la escarlatina y la viruela, debe considerarse el aire como el transmisor de los microorganismos morbíficos. El conocimiento de estos

hechos ayuda en gran manera á explicar muchas causas de infección, misteriosas al parecer, muy especialmente cuando á ese conocimiento se une el del origen de donde procede la materia contagiosa.

Modos de invasión.—La microbiología ha demostrado que las diferentes especies de microbios se valen de medios diferentes también para penetrar en el organismo, y que cada uno de ellos debe introducirse por la vía que le es propia, á fin de posesionarse de su nueva residencia en dicho organismo. Desde que se sabe que el material tífico infeccioso ha de entrar por la boca para producir la enfermedad, y que la tuberculosis ha de hacerlo por las fosas nasales en el acto de la respiración, así como que los tipos morbosos que envenenan la sangre sólo penetran á través de heridas ó de la piel denudada, se está en posesión de ciertos hechos fundamentales que sirven de base para poner en práctica métodos adecuados con que hacer frente á esos peligros. Se sabe también que contra determinadas enfermedades, es preciso, para evitar el contagio, tener cuidado de no tragar el material infeccioso, mientras que hay otras afecciones contra las cuales no basta ese cuidado; y una vez adquiridos estos datos y estos conocimientos—que cada día se van haciendo más extensos y profundos—es claro y seguro que las enfermedades contagiosas han de ser cada vez menos frecuentes y mortíferas.

Estos hechos nos enseñan, sobre todo, lo que ocurre con las bacterias después que se eliminan del organismo y cómo pueden existir y conservar su actividad durante largo tiempo; cómo pueden emboscarse en el fango ó en el agua ó en la suciedad, dormidas al parecer, pero bien despiertas en

realidad; cómo en fin, se multiplican y desarrollan en esos medios. La medicina preventiva nos ilustra acerca del modo de destruir esos seres, que sólo acechan un momento oportuno para producir la infección; nos hace descubrir desinfectantes y nos enseña *cuándo* y *cómo* han de emplearse. Ya nos ha mostrado la manera de sofocar ciertas formas epidémicas por medios propios para aniquilar las bacterias y para disminuir los peligros que antes acompañaban á las enfermedades contagiosas. En una palabra, el estudio de la microbiología nos ha puesto en condiciones de que no nos encontremos ya más ni indefensos ni desconfiados ante una devastadora epidemia, y de que no tengamos que cruzarnos de brazos, impotentes, como hacían nuestros antepasados, cuando uno de esos terribles azotes de la humanidad ataca á una población ó á un país entero; sino, por el contrario, que, conociendo sus causas y su origen, podamos vencerlos y subyugarlos, haciendo, por lo menos, que la duración de las epidemias graves sea muy corta.

3. *Los microbios en cirugía.*—En ninguna de las esferas de acción de la medicina preventiva ha sido la bacteriología de tanto valor, como en cuanto se refiere á la cirugía. Desde que empezó á practicarse esta rama de la ciencia médica, los cirujanos han tenido que luchar con dos grandes dificultades. La primera, la conmoción ó choque resultante de la operación, que depende de la magnitud de ésta, y que casi siempre se presenta después de toda operación quirúrgica de alguna importancia. La segunda dificultad estriba en los efectos consecutivos á la operación. Después de practicada ésta, aún con buen éxito, era casi siempre seguro que surgieran algunas complicaciones

secundarias, tales como inflamaciones, fiebres, envenenamiento de la sangre, gangrena, etc., que ponían muchas veces en peligro la vida del paciente y no pocas ocasionaban su muerte. Estas complicaciones revestían mayor gravedad aún que el choque ó conmoción, tanto que, con mucha frecuencia, el operado salía triunfante al principio; pero era vencido por las fiebres consecutivas que parecían absolutamente inevitables y hasta se miraban como factores necesarios en la curación de las heridas quirúrgicas.

Muy á menudo parecía que mientras mayores eran los cuidados de que se rodeaba al paciente, mayores eran también los trastornos ocasionados. El soldado al que se hacía la primera cura en el campo de batalla y que se alojaba luego en un hospital improvisado de campaña, frecuentemente se curaba sin complicación alguna, mientras que sucumbía generalmente de gangrena de hospital, cuando entraba en el verdadero hospital, por más atenciones que se le prodigarán. Todos estos hechos eran perfectamente conocidos; pero el cirujano, ignorante de la causa que los producía, se encontraba indefenso ante estos trastornos inflamatorios y sus varias complicaciones.

Demostrado que el mal era originado por las bacterias, y comprobado con antelación que la enfermedad del gusano de seda la producía un microorganismo, nació el concepto de que las afecciones inflamatorias reconocían la misma causa. Indudablemente que hay semejanzas muy marcadas entre estos trastornos y la putrefacción, por lo que dicho concepto es lógico y claro. Durante largo número de años fué imposible demostrar esta teoría y encontrar las diversas clases de microorganismos que daban margen á estas alte-

raciones. Ya se ha visto que hay distintas especies de microbios que se relacionan con esa clase general de enfermedades, pero que no hay ninguno en particular que tenga relación especial con un tipo dado de inflamación, y los descubrimientos en este sentido sólo progresaban con mucha lentitud desde el punto de vista microscópico. Sin embargo, mucho antes de que la demostración llegase á ser un hecho, la teoría ya había tenido aplicación práctica, dando nacimiento á la cirugía antiséptica ó sea *aséptica*, es decir libre de microorganismos.

La cirugía antiséptica se basa exclusivamente en el propósito de impedir la entrada de los microbios en las heridas. Supónese que si estos organismos no penetran en la herida, la curación se efectuará sin que se desarrollen inflamaciones y fiebres secundarias, que se presentarían con certeza si se les dejase desarrollarse en la herida. Esta teoría encontró al principio gran oposición; mas los hechos probaron su valor, y hoy los métodos antisépticos están aceptados en todo el mundo civilizado.

Á medida que aumentaban las pruebas, los cirujanos aprendieron á apreciar muchos hechos importantes, figurando á la cabeza de ellos el conocimiento de los orígenes de donde procede la infección de las heridas. Creyóse que el aire era el gran factor en la infección; pero pronto se vió que las bacterias que existen en la atmósfera son, en su mayor parte, inofensivas. Supúsose entonces con más razón que la fuente más común de esas infecciones se encontraba en los instrumentos, en las manos del cirujano, en los apósitos y esponjas, etc., que se ponían en contacto con la superficie lesionada. Supúsose también que las

bacterias que producen esa clase de alteraciones pertenecían á las especies comunes que existen en todas partes y envuelven, por decirlo así, el cuerpo de los animales, adhiriéndose á las ropas y á la piel, dispuestas siempre á invadir el organismo á la primera oportunidad que se les ofreciere. Siempre están presentes estas bacterias, mas no siempre son nocivas. No son invasores extraños, como las especies patógenas más violentas, la del cólera asiático por ejemplo; pueden compararse, como ya se ha dicho antes, á enemigos familiares ó domésticos que nos rodean de continuo. Contra estos microbios, omnipresentes y activos incesantemente, es contra los que debe estar prevenido el cirujano. No es posible entrar en detalles sobre los métodos para evitar la invasión, habiendo que limitarse á decir que consisten esencialmente en la más escrupulosa limpieza bacteriológica y en efectuar la operación con instrumentos esterilizados y en un lugar que reúna las condiciones de la más rigurosa *asepsia* ó estado de desinfección.

Todo esto ha dado por resultado una revolución completa en la cirugía. Á medida que el asunto se ha ido comprendiendo mejor y se han adoptado los métodos más rigurosos y completos, los casos de complicaciones secundarias en las heridas quirúrgicas se han hecho menos frecuentes, hasta el extremo que casi han desaparecido prácticamente en todos los casos simples. Actualmente reconoce el operador que cuando siguen á las heridas quirúrgicas alteraciones inflamatorias, es una prueba de que ha habido algún descuido, y el cirujano hábil é instruído sabe perfectamente que con las precauciones que puede tomar, sólo tiene que temer en las heridas el efecto directo

de la conmoción y sus consecuencias; pero que la fiebre traumática secundaria, la intoxicación ó envenenamiento de la sangre y la gangrena, etc., no se presentarán. Tan es así, que los modernos operadores apenas conocen ya la gangrena quirúrgica, porque no han tenido ocasión de observarla ni estudiarla prácticamente. Las infecciones secundarias han desaparecido también en gran parte, y el cirujano sólo tiene que cuidarse de la herida misma y de las fuerzas del paciente para resistir el mal.

Estos descubrimientos y estos indiscutibles progresos han sido causa de que se practiquen ahora sin vacilación, operaciones en las que antes ni se hubiera soñado. No hace aún muchos años se creía que no eran posibles las operaciones en la cavidad abdominal, y al recurrirse á ellas era en la casi seguridad de tener un mal resultado, mientras que hoy apenas se concede gravedad á esas operaciones. Hasta la cirugía del cerebro se va generalizando más cada día. Acaso se abuse y se vaya demasiado lejos en este terreno, y acaso el cirujano, armado con su poder de llevar á cabo muchas operaciones sin inconvenientes ó peligros de momento, use la cuchilla en circunstancias en que quizá debería abstenerse y confiar á la Naturaleza el cuidado de la curación. Pero, sea de ello lo que quiera, es imposible apreciar la suma de sufrimientos que se ha evitado y calcular el número de vidas que se ha salvado con la aplicación de medios adecuados para oponerse á las afecciones inflamatorias consecutivas á las heridas y á las operaciones quirúrgicas.

El objeto de la medicina preventiva es más que el de curar las enfermedades, el de prevenirlas ó evitarlas. Instruyéndonos acerca de las

causas de la enfermedad, nos proporciona una gran enseñanza sobre la manera de oponerse á la invasión. Á diferencia de la medicina práctica ó curativa, la medicina preventiva se relaciona con el público en general. Si bien los conocimientos médicos deben estar limitados á los hombres que se dedican al estudio de esa ciencia, es muy de desearse que el conocimiento de la higiene ó sea la medicina preventiva, se extienda y vulgarice cuanto sea posible. Un individuo no puede aplicar satisfactoriamente sus conocimientos higiénicos á otro que los ignore por completo ó que sea muy descuidado. Las epidemias que devastan nuestras poblaciones son un testimonio fehaciente de la apremiante necesidad de educar á la mayoría de las gentes en todo aquello que se relacione con el origen ó causa de la infección, con la manera de propagarse y con los medios de hacerlo inofensivo.

4. **Prevención por medio de la inoculación.**—Es un hecho reconocido hace largo tiempo, que en la mayor parte de los casos un ataque de enfermedad contagiosa hace al individuo que la sufre más ó menos inmune contra un segundo ataque de la misma enfermedad, siendo muy raro que una persona padezca dos veces igual afección contagiosa. Este hecho está demostrado por la experiencia, si bien la inmunidad así adquirida está sujeta á muchas variaciones. Hay enfermedades contra las que no se adquiere inmunidad alguna, como sucede con la tuberculosis, mientras que hay otras en que la inmunidad es muy frecuente y duradera, como acontece en la escarlatina. La inmunidad varía además, según los individuos. Así como los hay que adquieren una inmunidad duradera después de haberse curado en un primer ataque,

otros sucumben muy á menudo á una segunda invasión. Á juzgar por la experiencia, todas las enfermedades infecciosas que se han curado producen cierta suma de protección contra un segundo ataque; pero en algunas personas la inmunidad es pasajera, mientras que en otras se prolonga por mucho tiempo. Las afecciones que ocasionan una infección en todo el sistema, producen por regla general una inmunidad más permanente que aquéllas que sólo afectan pequeñas porciones del organismo. La tuberculosis ó tisis que, como ya se ha dicho, está casi siempre localizada en un órgano, ofrece poca inmunidad, y la escarlatina, por el contrario, que ataca la economía entera, protege al individuo por un espacio de muchos años y acaso durante toda su vida.

Se tenía conocimiento de esa inmunidad, desde épocas remotas y muchas personas la adquirían voluntariamente, encontrándose todavía algunas que emplean el mismo procedimiento. Un ataque ligero de esa clase de enfermedades produce la misma inmunidad que un ataque fuerte y fundadas en este hecho, muchas madres han expuesto voluntariamente á sus hijos, en epidemias que no revestían notoria gravedad, á fin de que las contrajeran para protegerlos en el futuro. Aun las formas ó tipos graves se han adquirido á veces de esta manera voluntaria, lo cual es muy común en China con respecto á la viruela. Claro es que estos métodos son muy peligrosos y deben condenarse en absoluto; pero el principio de que una afección benigna produce la inmunidad, ha dado margen á que se pongan en práctica otros procedimientos más lógicos, científicos y en lo posible seguros.

La primera aplicación que se hizo de este prin-

cipio fué la inoculación de la vacuna contra la viruela, desde hace ya más de un siglo. La viruela de la vaca tiene indudablemente mucha analogía con la viruela del hombre, y un ataque de la viruela vacuna preserva de la verdadera viruela hasta cierto punto y por cierto tiempo al individuo atacado. Fácil era, por tanto, inocular al hombre con una parte de la materia infecciosa tomada de la vaca, cuyo virus lo protegía contra la enfermedad eruptiva que tantas víctimas ha ocasionado. Este descubrimiento fué puramente empírico, y la vacunación se practicó mucho antes de que se comprendiese bien el principio en que se basaba y mucho antes también de que se conociese el germen de la enfermedad. El principio salió del olvido gracias á Pasteur y desde entonces se ha puesto en práctica con conciencia plena de su verdadero valor. Haciendo experimentos con el ántrax en animales, comprendió Pasteur que en ésta como en otras enfermedades, á la curación seguía la inmunidad, lo que le indujo á investigar si podría inventarse un método para comunicar á los animales la forma leve de una afección, librándolos así de un ataque grave. La solución del problema no era fácil. No se podía inocular al animal directamente con bacterias, por pequeño que fuera el número que se empleara, á causa de su gran poder de multiplicación, por lo cual se hacía necesario disminuir su violencia, atenuar su acción, lo que logró Pasteur haciendo desarrollarse á los microbios en cultivos flúidos por cierto tiempo y á una temperatura elevada. Este proceso hacía menor la virulencia de las bacterias, hasta el extremo de que podían inocularse en el ganado, produciendo solamente tipos benignos de la afección, que se curarían con

facilidad. Este notabilísimo descubrimiento hizo concebir grandes esperanzas para el futuro. Si era posible, por manipulaciones de laboratorio, encontrar recursos contra una enfermedad tan grave como el ántrax, ¿por qué no se había de poder aplicar el mismo sistema contra las enfermedades propias del hombre?

La práctica no respondió del todo á lo que la teoría hizo esperar. No ofrece dificultad creer que el procedimiento podría aplicarse, trabajando con empeño, á gran número de enfermedades humanas; pero se formularon grandes objeciones contra el sistema. En primer lugar, la inoculación de por sí es un asunto serio: aun la vacunación contra la viruela, á pesar de lo conocida que es, produce en ocasiones resultados fatales á causa de los métodos defectuosos de aplicación. Por otra parte, entraña inmensa responsabilidad hacer experimentos en el hombre para producir enfermedades mortales quizá, con agentes tan poderosos y enemigos tan terribles como los microbios.

La gravedad de la viruela, su extraordinaria contagiosidad y las consecuencias relativamente ligeras de la vacunación, hace que se acepte la vacuna, sobre todo en épocas de epidemia, para evitar la posibilidad de ser invadidos por tan temible afección; mas la inmensa mayoría de las personas, no quieren sufrir una operación, por pequeña que sea, sólo para impedir enfermedades más ó menos graves y que no se desarrollan con mucha frecuencia ó de las cuales creen poder escapar. Por ejemplo, se ha descubierto un método que hace inmunes á los animales contra el tétanos, y es muy probable que produzca el mismo efecto en el hombre; pero el hombre se resiste generalmente á la inoculación puesto que no es muy co-

mún en él la aparición de esa enfermedad. Las inoculaciones han de reservarse, por tanto, para casos tan graves y tan frecuentes ó que se presenten periódicamente, que produzcan una gran mortalidad y obliguen á la mayoría á buscar protección contra el mal. Otro de los argumentos aducidos contra las inoculaciones, se funda en que la inmunidad producida sólo dura cierto espacio de tiempo. Practicadas para evitar el ántrax en el ganado, únicamente sirven de preservativo durante unos cuantos meses, sin que pueda decirse aún cuánto se prolongará la inmunidad en otros casos, bastando este hecho para que el método no se generalice ni se emplee más que en circunstancias especiales. Por consiguiente, no hay que pensar en las inoculaciones constantes y repetidas contra muchas enfermedades.

Está probado que el principio de las inoculaciones como auxiliares en la medicina preventiva, no tiene todo el valor que al parecer representa. La enfermedad del hombre en que más se ha intentado aplicarlo seriamente—exceptuando la viruela—es el cólera asiático. Las epidemias de esta enfermedad horrorizan tanto y las probabilidades de morir víctimas de ella son tantas, que justifican y hacen aceptable la inoculación. Recientemente se han esforzado los microbiólogos en encontrar un medio inofensivo de inoculación contra ese azote y parece que lo han conseguido en parte, puesto que en la India, cuna predilecta del cólera-morbo, se ha logrado ya mucho. La microbiología posee en la actualidad medios para oponerse al cólera, que llegarán á ser quizá tan eficaces como lo es la vacuna contra la viruela, no obstante lo cual, es dudoso que estos medios se generalicen, tanto más cuanto que las epidemias

coléricas se pueden prevenir por otros medios higiénicos, siendo uno de los más eficaces el ejercer la debida vigilancia en el servicio de las aguas potables.

La *hidrofobia ó rabia*, es sin duda una de las enfermedades más horribles, si bien, por fortuna, relativamente rara en el hombre: esta misma rareza es causa de que la generalidad no se someta á la inoculación para prevenirla; pero, por otra parte, la gravedad que reviste, haría que el individuo que tuviera que exponerse á la mordedura de un animal rabioso estuviese dispuesto á sufrir cualquier tratamiento que le libertara de tan espantoso mal. Hizose necesario, por lo tanto, para encontrar un medio de inoculación contra la hidrofobia, buscar un método que pudiera aplicarse en el espacio de tiempo que media entre la mordedura y la época presumible en que la afección debiera declararse en el hombre. Afortunadamente, este período de incubación es lo bastante largo para que dé tiempo á realizar el objeto; y el justamente célebre Pasteur inventó un método de inoculación aplicable con buen resultado después que el individuo ha sido mordido por un animal hidrófobo. Como se ve, esta inoculación preventiva obedece á un principio diferente de aquél en que se basa la inoculación contra el ántrax y otros males. No protege al individuo haciendo nacer en él una forma benigna de la enfermedad que se le inoculara, sino que le provee de elementos para contrarrestar la acción de ciertos venenos químicos producidos por la afección misma.

Es un hecho fisiológico conocidísimo que la economía puede habituarse á ciertos tóxicos ó venenos si se le va acostumbrando lenta y paulatinamente á dosis cada vez mayores, y á eso se debe

al parecer el efecto de la inoculación en la hidrofobia. La materia que contiene el virus rábico tomado de la medula espinal de un conejo muerto de rabia, se inyecta al individuo mordido por un animal rabioso. Esta substancia tóxica que se inyecta es muy débil en la primera inyección, pero poco á poco se le inocula con otros más fuertes, dando por resultado que, transcurrido cierto tiempo, el inoculado ha adquirido ya la facultad de resistir al virus de la hidrofobia. Antes de que haya pasado el período de incubación propio de la materia infecciosa original de la mordedura, la persona inoculada ha adquirido tal tolerancia contra ese veneno, que puede soportar impunemente el ataque de la hidrofobia ó rabia, es decir, que por este método se neutralizan los efectos de la enfermedad anticipándose á ellos.

El tratamiento preventivo de la hidrofobia por este método se encontró al principio con una violenta oposición, y durante varios años no se creyó en su eficacia. Sin embargo, las estadísticas anuales del Instituto Pasteur han convencido tanto, que se ha llegado á adquirir la convicción casi general de que el procedimiento de Pasteur es realmente bueno y muy útil contra el terrible mal.

Solamente en los casos mencionados se ha aplicado hasta ahora la inoculación preventiva en las enfermedades del hombre, con buenos resultados, excepción hecha de la difteria, en la que también se emplea ya con mucha eficacia. Los experimentos hechos en los animales en varias enfermedades han demostrado que esas inoculaciones pueden dar resultados buenos y felices, y es casi seguro que lo mismo sucedería en el hombre si se hubiera juzgado práctico y factible aplicarlas;

mas, por las razones antedichas, sólo se emplearán en algunas de las enfermedades más violentas, comunes y destructoras.

Merece también dilucidarse el por qué un ataque sólo, seguido de la curación, produce la inmunidad. Esta cuestión se ha discutido ya al tratar de los procedimientos de que se vale el organismo para curarse de las enfermedades infecciosas. Ya se ha visto que esto se debe, en parte, á la manera como el cuerpo mismo se cura debido al desarrollo de substancias químicas que neutralizan los venenos ú obran como germicidas, ó bien producen ambos efectos á la vez, y acaso se deba asimismo á la destrucción rápida de los microbios por la actividad celular (*fagocitosis*). Las fuerzas que expulsan á los microbios invasores en un caso, quedan en vigor para rechazar otro ataque de la misma especie bacteriana. El tiempo durante el cual son activas y eficaces estas fuerzas para oponerse á nuevas invasiones, determina el tiempo de acción y de duración de la inmunidad. Hasta tanto que se sepa con más certeza el modo cómo se efectúa la curación, no se podrá explicar satisfactoriamente la importante cuestión de la inmunidad.

5. Límites de la medicina preventiva.—Á pesar de todos los adelantos realizados en la medicina preventiva, no puede esperarse que se eviten por completo las enfermedades infecciosas, toda vez que los gérmenes que las producen nos rodean por todas partes. Si se aplicaran todos los medios que la microbiología nos enseña para impedir el desenvolvimiento de las diversas enfermedades, la vida se haría poco menos que imposible. Sería muy molesto y hasta irrealizable no poder comer más que alimentos que hubieran pasado por

la acción del fuego, ni beber agua sino después de hervida, ni leche ni otros líquidos que no se hubiesen esterilizado previamente, exigencias á que no podría atenderse en las condiciones ordinarias de la vida.

Para alejar todo peligro de infección no podríamos tocar ningún objeto que no se hubiera esterilizado con anterioridad, ó tendríamos que desinfectarnos las manos después de haberlo tocado; nos veríamos obligados á usar siempre vestidos desinfectados; no nos sería dado llevar los dedos á la boca ni coger con ellos los alimentos; estaríamos privados de viajar ó pasear en carruajes públicos, y ni aun deberíamos respirar el aire al mismo tiempo que los demás respiran. Por lo tanto, todo lo que se puede y se debe exigir de la medicina preventiva, es que nos señale las fuentes más fecundas y más comunes de infección, poniéndonos así en estado de evitar algunas de las afecciones más frecuentes y temibles. Debe, pues, meditarse seriamente hasta dónde se extiende y es utilizable el empleo práctico y posible de los medios preservativos, y no caer en exageraciones acaso nocivas y seguramente irrealizables; porque, como se dice vulgarmente "á veces, el remedio es peor que la enfermedad."

Por otra parte, considerando la cuestión desde cierto punto de vista y con una filosofía amplia, no es lo mejor para la humanidad el huir de los peligros. El vigor del organismo procede más bien del uso de sus poderes, que de la inercia ó falta de uso de ellos. Es indudable que la salud y la robustez de la humanidad colectivamente considerada, se desarrollan mejor afrontando los peligros que rehuyéndolos. La resistencia á las enfermedades revela vigor físico, y éste se desen-

vuelve en el animal por la aplicación de los principios en que se basa su desarrollo.

Merced á la higiene, que es la verdadera medicina preventiva, muchos individuos enfermizos que sucumbirían pronto en la lucha por la existencia pueden vivir y viven durante un número mayor de años; mas, sean los que quieran nuestros sentimientos humanitarios respecto al individuo, no podemos dejar de reconocer que la supervivencia de los raquíticos y endebles no es en manera alguna beneficiosa para la raza en general, en cuanto se relaciona con el desarrollo físico. Si se atendiera sólo á la naturaleza física del hombre, habría que recomendar un sistema análogo al que usaban los antiguos espartanos, exponiendo á la muerte á los individuos endebles é inútiles. Estos principios no prevalecerán, por fortuna, entre los hombres, dado el estado de civilización en que se encuentran, y la conciencia universal demanda que se haga todo cuanto sea posible en auxilio de los débiles, por cuya razón es nuestro deber cultivar y perfeccionar la medicina preventiva, en obsequio de esos seres y utilizar los beneficios que una higiene bien entendida, sin exageraciones ni exigencias irrealizables, presta, ha prestado é indudablemente seguirá prestando á la humanidad.

6. Medicina curativa.—La microbiología ha contribuido mucho menos á la medicina curativa ó práctica que á la preventiva. Sin embargo, su participación en la medicina curativa no ha carecido de importancia, y ofrece ser aún más valiosa en lo futuro. Es arriesgado hacer predicciones para el porvenir; pero, á juzgar por los hechos realizados en los últimos años, hay derecho á esperar más tarde útiles resultados.

7. **Medicamentos.**—En los comienzos de la microbiología se creyó que el conocimiento de las bacterias específicas daría por resultado el descubrimiento de medicamentos específicos también para la curación de ciertas enfermedades. Si una especie determinada de microbios origina una enfermedad dada y esa especie puede cultivarse en el laboratorio, parece fácil hallar medicamentos que sean nocivos para el desarrollo de la bacteria y por tanto, que puedan servir para el tratamiento de la afección. Los hechos han demostrado que eso es ilusorio, á lo menos hasta ahora.

No ofrece dificultad encontrar medicinas que sean fatales para los gérmenes específicos cuando se desarrollan en los cultivos medios del laboratorio; pero, generalmente, estas medicinas son de muy poco ó ningún valor empleadas contra las enfermedades. En primer lugar, esas substancias son casi siempre venenos muy activos. El sublimado corrosivo, por ejemplo, es una de las que destruyen con rapidez muchos gérmenes patogénicos; mas es un tóxico ó veneno sumamente enérgico y no puede administrarse en cantidad suficiente para destruir las bacterias parásitas en el organismo sin que se produzcan al mismo tiempo efectos tóxicos en la economía. Es evidente que para que una droga tenga poder bastante para destruir las bacterias, ha de ejercer sobre ellas una acción específica muy directa. Sus efectos germicidas han de ser de tal índole, que una dosis capaz de matar los gérmenes, sea lo bastante pequeña para no tener influencia deletérea en el individuo á quien se aplica; y es lo cierto, que aun no se han encontrado medicamentos que reúnan esas condiciones.

Otra dificultad de mucha monta también, estri-

ba en que la medicina vaya á producir su efecto precisamente en el punto que se necesita. Ya se ha visto que hay algunas enfermedades debidas á bacterias que se esparcen indistintamente por toda la economía; pero la mayor parte de las afecciones se localizan en sitios determinados. La tuberculosis puede atacar una glándula sola ó un solo lóbulo del pulmón; el germen tífico se circunscribe á los intestinos, el hígado, el bazo, etc., etc. Aun cuando se encontrase un agente terapéutico que ejerciera sus efectos sobre el bacilo de la tuberculosis, es muy dudoso que se pudiera emplear algún procedimiento eficaz para introducirlo en el organismo por manera tal, que limitara sus efectos á una sola glándula pequeña y aislada. Algunas veces, la afección puede localizarse en un punto dado en que se la combata directamente, como en una glándula dérmica ó de la piel por ejemplo, y en ese caso, los germicidas son muy valiosos, como lo es el empleo de los desinfectantes en los abscesos ó infecciones superficiales. En este sentido, los desinfectantes son poderosos auxiliares en la medicina curativa.

Hasta ahora, se ha obtenido muy poco éxito en las tentativas para encontrar medicamentos específicos que oponer á enfermedades específicas, y es dudoso que se hallen en lo futuro. El medicamento que más se aproxima al objeto perseguido es la quinina en el tratamiento del paludismo; pero, realmente, las enfermedades palúdicas no son producidas por microbios, sino por un organismo microscópico de naturaleza muy distinta y que se considera que pertenece más bien al reino animal que al vegetal. Excepto esto, muy poco se ha adelantado en el descubrimiento de específicos que puedan administrarse al interior ó ino-

cularse con la esperanza de que destruyan clases especiales de bacterias patogénicas, sin riesgo de que sean nocivos para el organismo humano.

8. **Fuerza medicatriz de la Naturaleza (vis medicatrix naturæ).**—El estudio de las enfermedades bacterianas tal como se desarrollan en el cuerpo humano, ha puesto de relieve, sobre todo, el hecho de que esas enfermedades se curan á veces más por un procedimiento natural, que por uno artificial. Si un microbio patogénico consigue salvar los obstáculos y penetrar en la economía, y si además llega á dominar las fuerzas de resistencia de que ya se ha hablado, comienza á multiplicarse y á ocasionar daños. Esta multitud de animáculos sigue desarrollándose por un tiempo indeterminado, sin que todavía se haya podido impedir su multiplicación, por medios terapéuticos; pero, transcurrido algún tiempo, empieza á efectuarse un cambio en el organismo que es hostil al crecimiento ulterior de los parásitos, cambio producido quizá en parte por las secreciones de las mismas bacterias, toda vez que estos microscópicos seres no pueden permanecer en un medio que contenga en abundancia sus propios productos. Esas secreciones son tóxicas para ellos mismos, así como para el animal en que se depositan, y una vez que se acumulan en bastante cantidad, dificultan primero el crecimiento de los microbios y después se oponen á él por completo.

También parece que contribuye al mismo fin, la actividad de las facultades vitales del individuo invadido. Como ya se ha dicho, en el organismo se desarrolla cierta substancia que neutraliza los venenos microbianos, impidiendo así que lleguen á producir todas sus ponzoñosas consecuencias. Aliviadas de los efectos directos del veneno las

fuerzas de resistencia, se recuperan y comienza la destrucción de las bacterias. Debilitadas éstas, muy probablemente por sus propias secreciones, ceden con facilidad á la resistencia que les opone la célula vital, siendo también muy posible que esas fuerzas aumenten por el efecto reactivo de los microbios y sus venenos. Sea como quiera, en los casos en que ha de realizarse la curación de las enfermedades parasitarias, el organismo domina, aniquila y expelle á los microbios, volviendo á su estado fisiológico.

Este proceso es puramente natural. La curación de las enfermedades producidas por los microbios parásitos depende de que la economía pueda ó no resistir por suficiente tiempo á los venenos bacterianos, para que tenga tiempo de reaccionar y recuperar sus fuerzas. Si los venenos son demasiado violentos y se producen con rapidez, es muy posible que sobrevenga la muerte del individuo antes de que pueda desplegar las energías necesarias para expulsar á sus enemigos. En algunas enfermedades, la ponzoña es tan violenta, que casi siempre ocasiona la muerte, siendo la curación verdaderamente excepcional. Tal acontece con el bacilo del tétanos. Pero en otras afecciones, el organismo puede vencer á los microbios y librarse de ellos arrojándolos al exterior. El procedimiento siempre es natural y depende de la actividad vital del individuo atacado, actividad basada, ya sea en las células orgánicas, ya en los fagocitos ó en otras células activas. En suma, el organismo posee en la mayoría de los casos fuerzas propias para repeler las invasiones, fuerzas que son las que obtienen la victoria.

Es evidente que todos estos hechos no hacen concebir muy halagüeñas esperanzas de que llegue

un día en que se puedan curar las enfermedades infecciosas destruyendo las bacterias por medio de medicamentos; antes al contrario, nos convencen de que estamos bajo la dependencia de las fuerzas orgánicas de resistencia. Es evidente también que la medicina científica debe dirigir su atención á los medios de vigorizar las fuerzas resistentes y curativas de la economía. La tendencia del médico ha de ser la de colocar al organismo en condiciones de resistir los venenos de los microbios, ya que no puede destruirlos, estimulándolo para robustecer sus medios de defensa. Claro es que los medicamentos desempeñan papel —y papel importantísimo en la ciencia—pero ese papel se limita á facilitar al organismo recursos para vencer á los que lo atacan. No hay que olvidar que, por regla general, los agentes terapéuticos no son siempre específicos contra determinadas enfermedades. Reconocido este principio, hay que reconocer asimismo la lógica de las dosis pequeñas en contra de las dosis grandes. Una dosis pequeña sirve de estimulante á las fuerzas decaídas, mientras que una dosis crecida, deprime directamente esas fuerzas ó produce efectos secundarios nocivos. Una vez que se adquiere el convencimiento de que la tendencia de la medicina es, no á destruir las enfermedades, sino á robustecer las fuerzas orgánicas, la terapéutica habrá de tomar un nuevo aspecto y una dirección nueva, como lo está haciendo ya.

Así lo han comprendido los médicos, y especialmente desde la última década del siglo XIX, han encaminado su práctica en este sentido. Si una dosis moderada de quinina domina el paludismo en pocos días, no se debe deducir de ese hecho que una dosis doble lo domine en la mitad

del tiempo ni con mayor seguridad. Las enormes cantidades de medicamento que se empleaban para subyugar las enfermedades, han sido reemplazadas por otras más pequeñas, que tienen por objeto estimular las fuerzas debilitadas. Los médicos modernos no tratan ya de *curar* la fiebre tifoidea, persuadidos hace largo tiempo de su incapacidad para ello; sino que todos sus esfuerzos se dirigen á emplear cuantos medios están á su alcance para sostener y aumentar las fuerzas vitales del enfermo á fin de que puedan resistir el veneno tífico, en la convicción íntima de que sin poner al tifoideo en disposición de hacer frente á los efectos venenosos de la tifotoxina, no le será posible reaccionar contra la enfermedad y expeler á sus enemigos. El deber del médico es vigilar, observar y favorecer los poderes vitales del enfermo, que son los que tienen que mantener la lucha contra las bacterias invasoras.

9. **Antitoxinas.**—Á pesar de todo lo dicho, los bacteriólogos han proporcionado recientemente á la profesión médica nuevos recursos para ayudar al organismo en su combate contra las enfermedades infecciosas. Como ya se ha dicho, uno de los elementos principales para su curación, á lo menos en algunas afecciones, estriba en producir el desarrollo en la economía de una *antitoxina* que obre como contraveneno de la intoxicación microbiana. Mientras no se desarrolle esta antitoxina, los venenos continuarán actuando y debilitando el organismo, impidiendo así que entren en juego las fuerzas de resistencia que han de expeler á los microbios; y si fuera posible obtener esta antitoxina en cantidad suficiente é inocularla existiendo ya los venenos en el organismo, contaría éste con un auxiliar poderoso en sus esfuerzos

para desembarazarse de sus enemigos. Un antídoto contra esos venenos acaso no produzca directamente la curación; pero tal vez cause el efecto de anular la acción de las toxinas, dando así á la economía mayores probabilidades para dominar á las bacterias. En este principio se funda el empleo de las antitoxinas en la difteria y el tétanos, que están produciendo ya buenos resultados.

La antitoxina sólo puede lograrse por un método natural, pues que no se conoce aún bastante bien su naturaleza para manufacturarlas artificialmente. No se puede negar sin embargo la posibilidad de prepararlas de esta última manera, y experimentos practicados recientemente hacen esperar que acaso se consiga el objeto por medio de la electricidad y por otros medios, como se ha logrado ya hasta cierto punto. Sin embargo, hoy día se emplean los métodos naturales. Elígense animales cuya sangre sea inofensiva para el hombre y que sean al mismo tiempo susceptibles de padecer la afección que se quiere combatir. Para la difteria se ha elegido el caballo. Se inocula este animal con pequeñas cantidades de virus diftérico libre del bacilo de la difteria, virus que se obtiene con facilidad dejando al bacilo que se desarrolle en el laboratorio en un cultivo medio por espacio de cierto tiempo, durante el cual se desenvuelven fácilmente las bacterias en cantidad abundante. Después se separan por medio de la filtración, quedando como residuo una solución pura del virus tóxico. Á intervalos sucesivos se inyectan al caballo cortas dosis de esta solución, que producen en él los mismos efectos que si estuviese atacado de la enfermedad. Las células del caballo reaccionan y producen

una cantidad considerable de antitoxina que se disuelve y circula en la sangre del animal, hecho que está perfectamente demostrado. Se sabe que la sangre de un caballo tratada de esta manera tiene la propiedad de neutralizar el veneno diftérico, mientras que la sangre del mismo animal antes del experimento, no producía tales resultados.

De ese modo se desarrolla en la sangre del animal una suma de antitoxina que el médico puede emplear cuando lo juzgue necesario. Si parte de esta sangre se inocula á un individuo atacado de difteria, sus efectos, si es cierta la teoría de las antitoxinas, serán los de contrarrestar, en parte á lo menos, la acción de los venenos desarrollados en el paciente por el bacilo diftérico. Esta antitoxina no cura la difteria ni es causa directa de la expulsión del bacilo; pero protege á la economía contra los venenos diftéricos por manera tal, que la coloca en situación de poder desenvolver todas sus energías.

El empleo de las antitoxinas como auxiliar en la curación de las enfermedades infecciosas es muy reciente, y no se sabe aún hasta donde alcanzará en el porvenir su benéfica influencia. Se ha aplicado con éxito, al parecer, en la difteria, habiéndose usado también en el tétanos con resultados muchas veces favorables. El mismo principio se ha querido utilizar como tratamiento en las mordeduras de las serpientes venenosas, basándose en la creencia de que en esta clase de intoxicación el organismo puede desarrollar un antídoto si tiene oportunidad para ello. Experimentos hechos en caballos del modo dicho al tratar de la difteria, han dado por resultado una substancia que neutraliza el veneno de

la culebra, y en la actualidad se están estudiando otras enfermedades con la esperanza de lograr resultados satisfactorios. Pero las afecciones parasitarias son de índole y naturaleza tan diversas, que no se puede confiar en que el método que sea bueno para una lo sea igualmente para otra. Está probado hasta la evidencia que la vacuna es de gran valor contra la viruela, pero que carece de toda acción benéfica en otras enfermedades. Asimismo está demostrado que la inoculación con gérmenes debilitados es útil en el ántrax y el cólera de las gallinas, no siéndolo en manera alguna en otros casos. Hay que combatir á cada parásito de por sí por medios especiales y, sobre todo, no debe olvidarse que las antitoxinas no curan en calidad de tales, sino que su acción se limita á preservar el organismo de los efectos deprimentes y debilitantes del veneno, hasta que la economía pueda curarse de por sí, desplegando todos sus poderes de resistencia, neutralizando, destruyendo y expeliendo el veneno.

Preciso es fijarse en otra consideración con respecto á las toxinas. Ya se ha dicho que la curación de un ataque de la mayoría de las enfermedades infecciosas hace al individuo inmune contra un segundo ataque, durante un período más ó menos largo. Pero esta inmunidad es mucho menor después de la cura obtenida por la inoculación, que la inmunidad que se adquiere cuando entran en juego solamente las fuerzas naturales. Si el paciente se salva sin la intoxicación artificial, se debe á que él mismo ha desarrollado las antitoxinas para contrarrestar los efectos del veneno con sus propias energías; en otras palabras, á que sus actividades celulares se han dirigido, durante algún tiempo á lo menos, á la

producción de antitoxinas. Es de suponerse, por tanto, que después de la curación el individuo conservará esta facultad, y mientras que la posea, estará libre de un segundo ataque. Por el contrario, cuando la curación es consecutiva á la inoculación de antitoxinas, no son las células orgánicas las que han producido el contraveneno. La neutralización ha sido pasiva, y una vez efectuada la curación, las células orgánicas no están ya más obligadas á producir antitoxina que lo estaban antes del ataque. El antídoto inyectado, la antitoxina, se elimina bien pronto por las secreciones naturales, y el paciente queda casi tan expuesto como antes á una nueva invasión del mal. Es indudable que en estos casos la inmunidad es poco duradera, puesto que no depende de ninguna actividad orgánica, sino de la inoculación artificial de una substancia que rápidamente se elimina por los emuntorios ó vías de secreción naturales.

Varias son las antitoxinas que ahora se preparan en laboratorios biológicos, con el fin de producir sueros contra ciertas enfermedades; los cuales obran como antitóxicos ó contravenenos y están prestando ya grandes servicios, no sólo al médico sino al veterinario y por consiguiente al agricultor, que gracias á esos sueros ó antitoxinas, va logrando aminorar las epidemias del ganado y de las aves y curar muchas de sus enfermedades.

10. **Conclusión.**—Las nociones que preceden acerca de la manera como viven, se desarrollan y funcionan los microbios en la Naturaleza, puede servir para que se forme una idea justa y apropiada de estos microorganismos, y se modifique la opinión errónea que generalmente se tiene de ellos. Estas nociones demuestran que los microbios desempeñan en la Naturaleza un papel im-

portante y más como amigos, que como enemigos del hombre. Esas plantas, tan pequeñas, tan diminutas y de una organización tan sencilla, abundan y se reproducen de un modo verdaderamente prodigioso. El número de microbios ya descritos asciende á muchos centenares y á juzgar por lo que se observa todos los días, aun no se ha llegado al fin ni mucho menos. Se encuentran los microbios en todas partes, su multiplicación es casi infinita; la facultad que poseen de producir cambios químicos es ilimitada. Estos huéspedes de los seres vivos constituyen una fuerza ó una serie de fuerzas de inmensa importancia y significación, debiendo considerarse la mayor parte de ellos como bienhechores y auxiliares del hombre. El labrador encuentra en los microbios los fertilizadores de sus terrenos y productores de sus cosechas. Los que se dedican al comercio de la leche y á la elaboración de sus productos, hallan en ellos los aromas y los sabores de la mantequilla y de los quesos. Las industrias fermentativas dependen asimismo de los microbios, y su poder universal entra en acción en muchos artículos de comercio en los que hace algunos años ni siquiera se pensaba.

Debemos mirar los microbios como agentes en constante trabajo, por cuyo medio la vegetación se mantiene verde, lozana y risueña. Este poder de las bacterias es fundamental y sus actividades son indispensables para el sostenimiento de la vida.

Un pequeño número de microbios fija su morada favorita, desgraciadamente para la humanidad, en el cuerpo del hombre, constituyéndose así en parásitos humanos, desarrollando venenos al desarrollarse ellos mismos y originando graves

enfermedades. Estas clases de microbios, relativamente reducidas, son verdaderas enemigas nuestras; pero en su conjunto, los microbios son amigos y aliados del hombre, prestándole beneficios inmensos. Sin ellos no tendríamos epidemias, es verdad; mas también es verdad que no existiríamos. Suponiendo que sin ellos la existencia fuera posible, algunas personas vivirían unos cuantos años más. Si bien es cierto que los microbios, como causantes de enfermedades, de vez en cuando ocasionan á veces inesperadamente la muerte de un individuo; si bien es cierto que á veces destruyen, barren—digámoslo así—de la superficie de la tierra á centenares y aun á millares de seres humanos, no es menos cierto que sería imposible, sin esos microscópicos seres, la vida de los animales y las plantas en el globo terráqueo.

Además, muchas de las epidemias producidas por los microorganismos, que antes causaban gran mortandad, van desapareciendo poco á poco, gracias á las enseñanzas de la microbiología, ó por lo menos van siendo menos temibles; porque la higiene ha enseñado el modo de contenerlas y el médico á la vez cuenta con nuevos recursos en la terapéutica de los sueros y en los medicamentos desinfectantes.

El estudio de los microbios ha hecho adelantar mucho á la higiene, y cuanto más se divulgue el conocimiento de los microorganismos como causa de ciertas enfermedades, más ganará la higiene pública y privada y más pronto se logrará desterrar muchos males, evitar las epidemias, que en su mayor parte no reconocen otro origen que las faltas ó pecados cometidos contra la limpieza.

Hay aún gentes y pueblos que viven como re-

1902

zagados, espíritus reacios al progreso, enemigos de la higiene, que son una constante amenaza para la salud y el bienestar de los demás. Nada contribuirá tanto á despertar en ellos la idea del aseo personal, de la familia y de la localidad, como la corriente general de los otros en defensa propia, corriente debida á los conocimientos generales adquiridos sobre ciertas enfermedades producidas por las bacterias ó microbios.

La microbiología es ciencia nueva, pero de mucha importancia para todo el mundo; es no solamente necesaria sino indispensable para todos, tanto por los errores que destruye como por las preocupaciones que derriba y, más que nada, por las verdades que establece y los principios científicos que asienta; así como por su utilidad y provecho para el hombre en sus varias ocupaciones y como parte importantísima de la higiene en general para la conservación de la salud: tal es el objeto de estas *Nociones de Microbiología*.

FIN

ÍNDICE

CAP.		PÁG.
	NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS . . .	7
I.	LOS MICROBIOS COMO PLANTAS.	
	1. Importancia de los microbios . . .	11
	2. Historia	12
	3. ¿Qué son los microbios?	17
	4. Formas de los microbios	17
	5. Multiplicación rápida de los microbios	21
	6. Diferencias en las diversas especies de microbios	22
	7. Formación de los esporos	24
	8. Movimientos de los microbios	27
	9. Estructura interna	29
	10. ¿Son los microbios animales ó plantas?	30
	11. Clasificación de los microbios	31
	12. Variedad de microbios	32
	13. Dónde se encuentran los microbios	34
II.	APLICACIONES DE LOS MICROBIOS EN LAS ARTES.	
	1. Generalidades	36
	2. Beneficios que se obtienen por el poder de descomposición de los microbios	37
	3. Beneficios que se obtienen de los productos de los microbios	41
	4. Los microbios en las industrias por fermentación	42
	5. Vinagre	43
	6. Ácido láctico	47
	7. Ácido butírico	48

CAP.		PÁG.
	8. Preparación del índigo	48
	9. Los microbios en la cura del tabaco	49
	10. Opio	53
	11. Fermentaciones nocivas	53
III. LOS MICROBIOS EN SUS RELACIONES CON LA LECHE Y LA FABRICACIÓN DE MANTEQUILLA Y QUESOS.		
	1. Historia de estas industrias	55
	2. Origen del desarrollo de los microbios en la leche	56
	3. Efectos de los microbios en la leche	58
	4. Los microbios en la elaboración de la mantequilla	61
	5. Uso de los cultivos artificiales de microbios para la sazón de la crema	66
	6. Las bacterias en la fabricación de los quesos	69
IV. LOS MICROBIOS EN LOS PROCESOS NATURALES.		
	1. Importancia del asunto	76
	2. Las bacterias como agentes de limpieza	77
	3. Las bacterias como agentes en la evolución de los alimentos en la Naturaleza	79
V. LOS MICROBIOS EN SUS RELACIONES CON LA AGRICULTURA.		
	1. Importancia de los microbios en la agricultura	94
	2. Germinación de las semillas	94
	3. El silo, los pajares y el granero	95
	4. La fertilidad del suelo	97
	5. Trastornos ocasionados al agricultor por los microbios	105
	6. Relaciones de los microbios con el carbón de piedra	107

CAP.		PÁG.
VI. LAS BACTERIAS PARÁSITAS Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES.		
	1. Consideraciones generales	112
	2. Cómo los microbios producen enfermedades	114
	3. Gérmenes patógenos que no son estrictamente parásitos	116
	4. Gérmenes patógenos que son verdaderamente parásitos	119
	5. Enfermedades debidas á los microbios	123
	6. Diferencias y variedades en el poder patogénico	128
	7. Susceptibilidad individual	130
	8. Invasión	131
	9. Poder de resistencia del organismo	133
	10. Curación de las enfermedades microbianas ó parasitarias	142
	11. Enfermedades causadas por otros organismos que no son microbios	146
VII. MÉTODOS PARA COMBATIR LOS MICROBIOS PARÁSITOS.		
	1. Utilidad de la microbiología	153
	2. Medicina preventiva	154
	3. Los microbios en cirugía	159
	4. Prevención por medio de la inoculación	164
	5. Límites de la medicina preventiva	171
	6. Medicina curativa	173
	7. Medicamentos	174
	8. Fuerza medicatrix de la Naturaleza (vis medicatrix naturæ)	176
	9. Antitoxinas	179
	10. Conclusión	183

1902

513

