

II.—Bacillus.

(Para los caracteres del género, véase más arriba.)

A.—BACILOS PATÓGENOS PARA EL HOMBRE

Bacillus anthracis.

(BACTERIDIA DEL CARBUNCO.—MILZBRANDBACILLUS)

Bastoncillos de 5 á 20 μ de longitud y 1 á 1 $\frac{1}{4}$ de grueso. Después de desarrollarse hasta el punto de alcanzar el doble de su longitud, se dividen. Vense con frecuencia bacilos que presentan un principio de división transversal. Algunas veces están encorvados al nivel de los elementos en vías de formación, ó reunidos en el punto de división, formando un ángulo más ó ménos abierto. Los bacilos obtenidos por desecación de una tenue capa de sangre, jugo del bazo, etc., y coloreados después, se presentan con caracteres algo diferentes. Las cadenas de bacilos están entonces claramente segmentadas; las dimensiones de los elementos aislados no cambian, pero sus extremidades están claramente truncadas y no redondas.

Los artículos no están separados entre sí por una simple línea transversal; por el contrario, la línea de separación presenta un abultamiento en su mitad. Estos bastoncillos no tienen pestañas vibrátiles y siempre están inmóviles.

Por el cultivo en diversos medios se pueden ver producirse ligeras modificaciones del diámetro transversal, sin que por lo demás se altere la forma característica de los bacilos. En ciertas circunstancias pueden verse producir una infinidad de formas de involución.



FIGURA 64.—Bacilos del carbunco.
Dibujo esquemático (3000/1).

En un substrato adecuado y con una temperatura de 36°, los bacilos del carbunco se desarrollan en largos filamentos diversamente con-

torneados. Estos filamentos pueden tener más de cien veces la longitud del bacilo primitivo.

Al cabo de algun tiempo se ven aparecer en su interior, á distancias irregulares, granitos más refringentes, que se convierten en esporos ovals, mientras poco á poco se destruyen los filamentos.

Los esporos son ovoideos y están situados en medio de una masa clara y trasparente como el cristal. Cuando germina el espora, esta masa pierde primero su forma redondeada; la cubierta exterior del espora, que está hinchada, la rompe por uno de los polos y el germen se desarrolla en la dirección del eje longitudinal del espora. Al principio, la cubierta de este último permanece aún adherida á uno de los extremos del naciente bacilo.

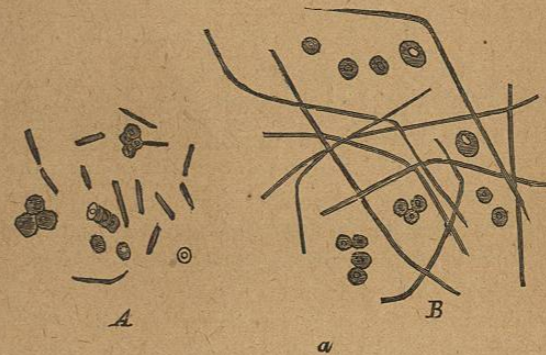


FIGURA 65.—Bacilos del carbunco, segun Koch (650/1).

A. Sangre de cobaya. — B. Bacilos procedentes del bazo de un raton, á las tres horas de cultivo en el humor acuoso.

Los bacilos del carbunco son fáciles de cultivar en diversos medios nutritivos artificiales: rodajas de patata, gelatina, semillas farináceas, etc. Además, pueden cultivarse en orina alcalina, en una infusión de heno neutralizada, y con una temperatura conveniente se verán desarrollarse los esporos.

Este bacilo pertenece al grupo de los *aerobios*, en tanto que no se desarrolla sino de un modo limitado si falta el oxígeno. Es preciso tener en cuenta en los cultivos la gran sensibilidad de los bacilos del carbunco en presencia de un ligero exceso de ácido.

En placas de gelatina, después de veinticuatro á treinta y seis horas, forman puntitos apenas perceptibles á simple vista; con un débil aumento puede verse ya en este estadio una disposición característica: las colonias son redondeadas, oscuras, de un color verde-negruzco, y de contorno irregular, ondulado. Este borde ondulado se hace cada vez

más marcado á medida que la colonia se desarrolla; sobre todo, es muy



FIGURA 66. — *Bacilos del carbunco*. Formacion de esporos, y su germinacion.

A. Bacilos procedentes del bazo de un raton, despues de veinticuatro horas de cultivo en el humor acuoso. — Los esporos están dispuestos como las perlas de un collar en el interior de los filamentos (650/1). — B. Germinacion de los esporos (650/1). — C. La misma, vista con mucho mayor aumento (1650/1).

claro cuando ésta llega á la superficie de la gelatina, y, por consiguiente, se extiende con mayor rapidez en todas direcciones.

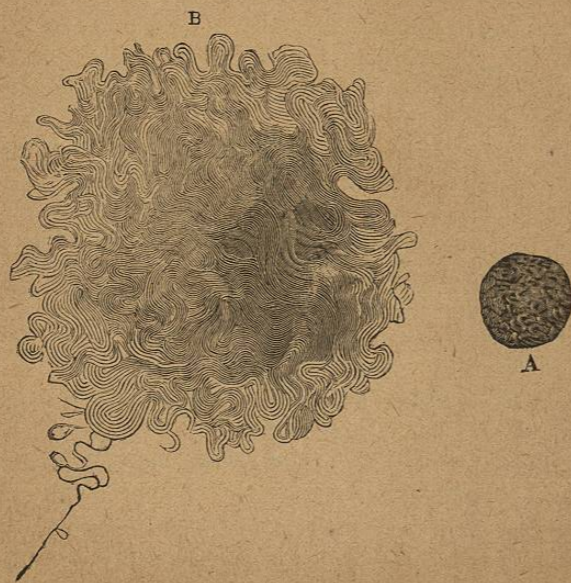


FIGURA 67. — Colonias de bacilos de carbunco en la gelatina.

A. Despues de veinticuatro horas. — B. A las cuarenta y ocho horas (80/1).

Con un débil aumento se ve entonces, en medio solamente, el resto oscuro de la colonia profunda; á su alrededor existe una masa brillante, moreno-clara ó gris-clara, formada por filamentos ondulosos y enmarañados, semejantes á los cabellos de una cabeza de Medusa. Finalmente, se ven filamentos ó madejas de filamentos destacarse de la periferia irregular de la colonia, y extenderse en diferentes direcciones por la superficie de la gelatina. Al mismo tiempo, esta última se liquida en una breve extension; la colonia, que en este momento tiene de 2 á 4 mm de diámetro, comienza entonces á disgregarse por la accion del liquido formado.

En el cultivo por picadura en la gelatina se ve producirse primero una tenue línea blanca; despues nacen de ésta finos filamentos que se desprenden de ella en una direccion perpendicular, y crecen en la gelatina radialmente dispuestos. Estos radios penetran en esta última, más en la proximidad á la superficie que en las partes profundas.

Al cabo de dos ó tres días se ve producirse tambien una liquidacion lenta. La forma radiada persiste aún al principio; sólo despues de ocho dias caen las colonias al fondo de la parte líquida, considerablemente profundizada. Si á la gelatina se le añade la más mínima cantidad de agar-agar, no se produce la liquidacion. En rodajas de patatas cocidas, los bacilos carbuncosos forman una capa gris-blanquecina, saliente, mucosa, de superficie irregular. Esta capa no recubre toda la superficie de la patata, sino que sólo se extiende á una distancia de 3 á 5 mm en todas direcciones, á partir del punto de inoculacion. En el suero sanguíneo forman una capa blanquecina. En una infusion de carne producen masas nebulosas, que se desarrollan de preferencia en el fondo del tubo.

Injectando este germen en la sangre del hombre ó de los animales, ó por inoculacion subcutánea de cantidades en extremo mínimas, se produce la enfermedad carbuncosa. Esta se revela, ora con sintomas locales, y constituye entonces la *pústula maligna*, que termina aún con bastante frecuencia por la curacion, ora con sintomas generales, y constituye entonces una septicemia, que termina con rapidez por la muerte.

En esta afeccion se pudo observar por primera vez una enfermedad infecciosa del hombre, debida á un micro-parásito vegetal y trasmisible al mismo tiempo á diversos animales, es decir, accesible á los estudios experimentales. Inoculada la más pequeña huella de un cultivo del bacilo carbuncoso á conejos, cobayas, erizos, gorriones, carneros, caballos, etc., determina la aparicion de la enfermedad y la muerte. Esta sobreviene, por ejemplo, en el raton á las veinte y en el conejo á las cuarenta y dos horas de la inoculacion. En los animales muertos se encuentran entonces grandes cantidades de bacilos, sobre todo en el

bazo; pero tambien se hallan, ademas, en todos los capilares, particularmente en los pulmones, hígado, riñones é intestinos; en los grandes vasos, por el contrario, sólo se encuentran bacilos aislados. Ciertas razas de carneros (de Argelia), las ratas blancas, los perros y las ranas gozan de una inmunidad absoluta ó relativa respecto al carbunco. Los

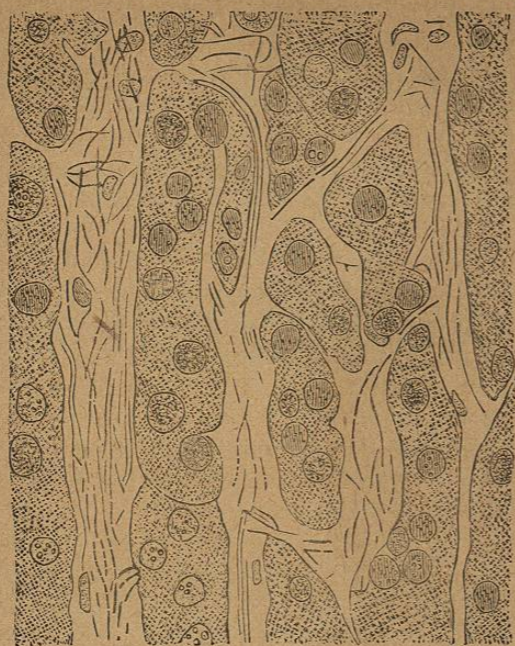


FIGURA 68. — *Carbunco*. Corte del hígado (700/1)

bueyes tienen relativamente poca receptividad para la inoculación, al paso que, por el contrario, sucumben fácilmente á la infección natural, la cual proviene en los carneros y bueyes de la alimentación y comienza por el intestino. Los bacilos libres de esporos no parecen poder vivir en este conducto; por otra parte, está demostrado que los esporos pueden desarrollarse en el intestino del carnero y penetrar en la circulación por la mucosa intacta.

En el interior del organismo los bacilos se multiplican únicamente por división trasversal y nunca forman esporos. Estos nacen sólo en los substratos nutritivos sin vida y aún no más que en condiciones determinadas, entre las cuales tiene la mayor importancia una temperatura á propósito. El límite superior de ella es el de unos 43°, y el más bajo el de 12 á 18°. A ménos de 12° no se producen el crecimiento de los filamentos ni el desarrollo de los esporos. Por consiguiente, si los cadáveres de animales muertos de carbunco se entierran á una pro-

fundidad donde, en nuestras comarcas, reine una temperatura inferior á 12°, los bacilos no producen esporos, se destruyen sin llegar á esta forma duradera. El argumento de Pasteur, quien pretende que en los cadáveres enterrados se conservan los bacilos ó los esporos y pueden ser ulteriormente conducidos á la superficie, sobre todo por los gusanos, este argumento es inverosímil. Por el contrario, debemos figurarnos, como lo hace Koch, que una epizootia de carbunco se produce del modo siguiente: los gérmenes difundidos siempre acá y allá en las regiones palustres, en las orillas de los ríos, etc., pueden formar nuevos esporos en un substrato adecuado. Entonces, las inundaciones, las crecidas de la aguas arrastran los esporos hasta los pastos. Así llegan al alimento de los animales y se explica el modo de infección más frecuente por la vía intestinal.

Recientemente han insistido Schrakamp y Friedrich acerca de la posibilidad de que los bacilos crezcan y se desarrollen en las capas superficiales del suelo. En los excrementos del ganado ve Kitt el substrato nutritivo que permite el desarrollo de los bacilos y la formación de los esporos en las regiones infestadas. (Compárese con el capítulo de la PATOGENIA.)

Toussaint y Pasteur hicieron un descubrimiento de grandísima importancia desde el punto de vista científico. Encontraron que una temperatura anormalmente elevada ó pequeñas dosis de sustancias tóxicas hacen perder al bacilo del carbunco sus propiedades patógenas, mientras que no modifican sus caracteres morfológicos ni sus propiedades biológicas. El tiempo después del cual se produce la atenuación del virus y, sobre todo, el retorno de la virulencia, parecen depender en gran parte del modo como se emplean los medios utilizados para producir la atenuación. El grado de ésta puede modificarse á voluntad exactamente, según Koch.

La inoculación de bacilos suficientemente debilitados produce en los bueyes, carneros, etc., una afección que se cura con rapidez. Después de esta enfermedad, los animales quedan por largo tiempo al abrigo de los ataques del bacilo carbuncoso no atenuado. (Inoculación preservativa de Pasteur.) Para más detalles véase el capítulo de la PATOGENIA.

«Según Buchner, los bacilos del carbunco tienen propiedades biológicas y morfológicas en extremo variables. Por efecto de las variaciones de su cultivo, después de haber pasado por una forma de transición, podrían transformarse en una especie que les toca muy de cerca, en bacilo del heno (*Bacillus subtilis*). También éste, con ayuda de cultivos adecuados, pudiera transformarse en verdadero bacilo carbuncoso. Buchner ha hecho primero cultivos sucesivos del bacilo carbuncoso en una solución nutritiva que contenía extracto de carne, peptona

y azúcar. Después de estos cultivos no se mostraron virulentos sino empleándolos en altas dosis, pues entonces recobraban en el organismo su virulencia primitiva. Más tarde aún ya no eran patógenos en absoluto y se conducían como el bacilo del heno.

»Koch ha demostrado de la manera más convincente que esta pretendida transformación consistía tan sólo en una contaminación de los cultivos por el *Bacillus subtilis* y una sustitución progresiva de este último al *Bacillus anthracis*. Por efecto de la pérdida gradual de la virulencia hubiera debido verse producir, como con los bacilos atenuados por un cultivo de una temperatura elevada, una enfermedad atenuada no mortal. En los ensayos de Buchner no producía efecto la inyección de pequeñas dosis, mientras que otras más fuertes mataban al animal. Este hecho, así como el aumento de la virulencia por efecto del paso del cultivo por el cuerpo del animal que servía para las experiencias, corresponde con exactitud a la manera de conducirse los cultivos contaminados. Conteniendo pocos gérmenes patógenos al principio, al pasar al organismo se encuentran en estado de cultivo puro.

»Buchner ha tratado de realizar la transformación del *Bacillus subtilis* en *Bacillus anthracis*. Para esto cultiva el primero en clara de huevo conteniendo un poco de extracto de carne, luego en sangre fresca de conejo continuamente agitada con aire (esta sangre no estaba esterilizada). Transportóse en seguida este cultivo de sangre a una solución de extracto de carne, y los esporos formados en esta última, inyectados en grandes cantidades en la sangre, producían una afección que Buchner designa con el nombre de carbunco. Pero desde que está demostrado que los bacilos del heno se encuentran muchas veces mezclados con diferentes hongos patógenos parecidos a la bacteridia carbuncosa, y que, además, en la sangre y en el extracto de carne putrefactos se encuentran con frecuencia tales bacilos, el experimento de Buchner no puede considerarse como decisivo.

»Puede que la enfermedad obtenida en último término no fuera en modo alguno el carbunco, sino el edema maligno o quizá cualquiera otra enfermedad. Esto, que es posible, se hace probable si se considera cuán constantes se han mostrado los bacilos del carbunco y los *Bacillus subtilis* en las más variadas condiciones de cultivo, cuando estos cultivos se hacían por sabios que aprecian en su justo valor la extensión de las fuentes de error que presentan los cultivos en los líquidos.

»Además pretende Buchner haber convertido los bacilos del carbunco en una forma transitoria y luego en verdadero bacilo del heno en un tiempo muy corto (veinticuatro horas), por el hecho de haber cultivado el primero en una solución nutritiva de extracto de carne, de yema de huevo (procedente de huevos viejos conservados en agua de cal) y de un poco de álcali, a una temperatura de 36°. La yema de huevo no estaba esterilizada y la inoculación se hizo por medio del bazo de un animal muerto de carbunco. De aquí resultan dos posibilidades para la introducción de gérmenes extraños. Es probable que realmente se haya verificado esta contaminación, como lo prueban los numerosos resultados en absoluto contradictorios obtenidos por medio del bacilo carbuncoso.

»En estos últimos tiempos, Prazmowsky se ha adherido a la opinión de Buchner. Por cultivo hecho según los datos de este autor, cultivando *Bacillus anthracis* ha obtenido un bacilo móvil no patógeno.

Por otra parte, sin embargo, comprobó que este germen no era absolutamente idéntico al *Bacillus subtilis*, que se distingue del bacilo del carbunco por el modo de formarse los esporos y por algunos atributos constantes. Las contrapruebas promovidas por Flüge acerca de las transformaciones de Buchner le han llevado a convencerse de que el desarrollo de los hongos extraños es un hecho en extremo frecuente y casi inevitable con la disposición experimental prescrita. No había garantía alguna en cuanto a la naturaleza del bacilo obtenido en último lugar. A las mismas conclusiones llega Kurth, en virtud de su trabajo sobre el *Bacterium Zopfii*.

»Otros autores, también sin razón, han atribuido a la bacteridia del carbunco una extensa *variabilidad morfológica*. Así, Buchner, Zopf, Fokker, Archangelsky y Roloff han admitido que los *Coccus* son una forma de crecimiento del *Bacillus anthracis*, en los cultivos lo mismo que en los animales enfermos. Múltiples experiencias hechas por observadores muy versados en la técnica microscópica y que saben apreciar las fuentes de error antes citadas, han demostrado la inexactitud de esta afirmación. De Bary declara haber visto en ciertos cultivos (solución de peptonas) una disgregación de los filamentos de bacilos carbuncosos en segmentos redondeados, reunidos en grupo grumoso o en racimos. Salvo algunas raras excepciones, carecían de vida. Evidentemente, estas formas de degeneración, que se presentan en grandísimo número, no tienen la menor relación con los micrococos.»

Bacillus aedematis maligni.

Reconocido por Koch como agente del edema maligno, enfermedad mortal para los ratones, conejillos de Indias y conejos. Designado primitivamente por Pasteur con el nombre de *Vibrio septicus*. Recientemente se ha observado el edema maligno en los mamíferos domésticos y en el hombre.

Desde el punto de vista morfológico los bacilos del edema maligno se parecen mucho a los bacilos del carbunco. Son bastoncillos de 3 a 3½ μ de longitud y de 1 a 1,1 μ de grueso. Casi siempre hay dos o tres bacilos reunidos. Con frecuencia se encuentran pseudo-filamentos que tienen de 10 a 40 μ de longitud.

Estos filamentos parecen relativamente rígidos; muchos están rotos o doblados, pero también algunos están entrelazados y arrollados. Adquieren con facilidad un aspecto granuloso en las preparaciones coloreadas, por efecto de la desigual absorción de las materias colorantes.

Los bacilos del carbunco se distinguen del vibrion séptico por su grueso algo mayor, por sus extremidades truncadas y su segmentación particular en las preparaciones coloreadas.

Además, no se encuentran en la sangre carbuncosa fresca los largos filamentos que se hallan en el edema maligno. Los bacilos del edema maligno son móviles algunas veces (no siempre), al paso que los bacilos del carbunco siempre son inmóviles.

La diferencia morfológica más esencial estriba en la formación de los esporos. Esta no se verifica en los bacilos del edema maligno como en los bacilos del carbunco, sino que los elementos aislados, antes de formar los esporos, presentan un ligero abultamiento en medio ó uno de los extremos. De aquí resulta la forma de un huso ó la de un rena-



FIGURA 69.—Bacilos del edema maligno (vibrion séptico). Koch (700/1).
A. Procedente del bazo de una cobaya. — B. De los pulmones de un raton.

cuajo. En la parte tumefacta se produce un gran esporo oval, que al principio está empañado y luego se vuelve muy brillante. Cuando se desarrolla por completo, desaparece el resto del bacilo que aún se coloreaba.



FIGURA 70. — Formación de los esporos en el bacilo del edema maligno (700/1).

El cultivo del bacilo del edema maligno presenta ciertas dificultades, porque este germen es muy *anaerobio*. Sólo se desarrolla formando colonias visibles, en ausencia, por decirlo así, completa del oxígeno. No se desarrolla en las placas de gelatina, ni aún en las capas profundas. Tampoco se desarrolla en los cultivos en raya sobre gelatina, agar ó suero. Inoculado á cierta profundidad en el agar-agar ó en el suero sanguíneo, puede crecer entonces. Debe hacerse la inoculación de tal manera que, sumergidas las partículas, pueda cerrarse por encima el conducto de la picadura.

Entonces se ve producirse en el agar-agar una alteración difusa del medio nutritivo, como Hesse lo ha observado el primero. Se ven aparecer en él rayas oscuras ó nubes, al mismo tiempo que se desarrollan burbujas gaseosas en el conducto de la picadura. Estas avanzan en diferentes direcciones, dividen con frecuencia el agar en varios pedazos y hacen subir trozos hasta el tapon de uata que cierra el tubo de cultivo. Estas burbujas gaseosas comprimen el agar-agar y hacen salir un

líquido que se acumula en el fondo del tubo de ensayo. Este líquido contiene muchísimos bacilos. Los gases que se desarrollan en este caso tienen un olor soso poco intenso. El suero se liquida con rapidez por el desarrollo de los bacilos; la producción de gas es más considerable que en el agar-agar. En la estufa á 37° la masa entera del suero se transforma en un líquido amarillo, en el cual se encuentran aún algunos trozos de suero sólido, de bordes irregulares y festoneados. En la gelatina nutritiva se ven formarse en la parte profunda del trazo de inoculación, alrededor de las sustancias que contienen los gérmenes, una cubierta globulosa de 5 á 10 mm de diámetro. La periferia presenta un estriamiento radiado muy fino, mientras que el contenido está formado por gelatina líquida ligeramente turbia. Los bacilos del edema maligno se desarrollan mejor en la gelatina nutritiva que contiene 1 á 2 por 100 de glucosa. Para obtener cultivos bien característicos se introducen los materiales de inoculación en tubos de ensayo que contienen gelatina líquida todavía, y en seguida se la deja solidificar. Al cabo de dos á tres días se ve que se han formado, en la parte inferior del tubo, globitos de $\frac{1}{2}$ á 1 mm de diámetro conteniendo líquido y mostrando con un débil aumento la radiación periférica característica. Las colonias se desarrollan en el fondo del tubo de ensayo y hasta á 2 $\frac{1}{2}$

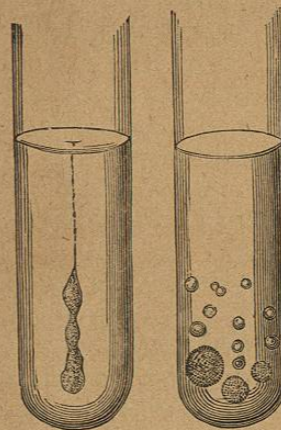


FIGURA 71. — Cultivo del edema maligno en la gelatina.

centímetros de la superficie de la gelatina. Los 2 $\frac{1}{2}$ centímetros superiores permanecen inalterables. Echando aceite en la superficie de la gelatina, introduciendo CO² en el tubo, etc., se puede conseguir artificialmente que las colonias se desarrollen hasta en la superficie (1).

(1) Observaciones hechas por el Dr. Liborius en el Instituto de Higiene de Goettinga. (*Zeitschrift für Hygiene*. v. Koch u. Flüge, t. I.)