

de la superficie, sobre todo en las partes más próximas. Se trata de saber si desde cada punto invadido pueden propagarse las bacterias á grandes distancias en el sentido vertical y en el sentido horizontal. Desde este punto de vista merecen considerarse desde luego las corrientes de agua ó de aire. Las primeras conducirían, por infiltración á través del suelo, las bacterias á la profundidad, hasta la capa de agua subterránea. O bien, por capilaridad y por evaporación en la superficie, el agua arrastraría hasta las capas superficiales las bacterias que se encuentran en las profundas. Pero las investigaciones experimentales han probado que no se realizan estos fenómenos. Numerosas experiencias han demostrado del modo más evidente que una capa de tierra de $\frac{1}{2}$ á 1 metro de espesor constituía un excelente filtro para las bacterias. En la tierra vegetal, y sobre todo en la tierra arcillosa, merced al movimiento lento de los líquidos en el suelo natural, la purificación de éstos debe ser aún más completa. Los hechos observados primero por Koch y más tarde en el Instituto del autor, han venido á demostrar estos datos. En efecto, se ha probado que las capas profundas del suelo contienen extremadamente pocas bacterias, ó hasta ninguna (abstracción hecha, como es natural, de la tierra artificialmente aportada, terraplen), mientras que las capas superficiales son siempre ricas en bacterias. Además, se ha observado que las fuentes bien protegidas en la superficie contra la penetración de las bacterias manaban un agua casi exenta de gérmenes; y que el agua que contenía muchos se volvía tanto más pura cuanto más tiempo se daba á la bomba, es decir, cuando el agua salía más del suelo vecino para penetrar en el pozo. Por consiguiente, sólo puede admitirse en débil grado el transporte hasta la profundidad de las bacterias que han penetrado en la tierra; tanto más cuanto que, según Hoffmann, el paso de los líquidos y de las sustancias disueltas sólo se verifica con mucha lentitud, y á veces se necesitan meses y aún años ántes de llegar á las capas próximas al agua *freatica*.

Soyka ha afirmado recientemente, después de una serie de investigaciones, que una corriente de líquido producida por capilaridad puede transportar los gérmenes desde la profundidad hasta la superficie. Las mismas investigaciones, repetidas por Pfeiffer (1) y en el Instituto de Koch, han dado resultados diferentes en absoluto. Pero aún cuando estas corrientes capilares dieran á las bacterias semejante impulso, nos costaría trabajo admitir que en las condiciones naturales fueran un importante medio de transporte, pues hemos visto precisamente que las capas profundas son pobres en bacterias, al paso que, por el contrario,

(1) *Zeitschr. f. Hyg.*, t. I, cap. 3.º

son muy ricas las capas superficiales. Además, la corriente en cuestión apenas tendrá influencia en el transporte de los gérmenes del suelo al hombre, puesto que, según veremos, sólo tiene importancia la naturaleza de la superficie. La cuestión de saber si las corrientes atmosféricas pueden producir el cambio de lugar de las bacterias en el suelo ha sido estudiada por Nægeli primero, y después por Renck, Soyka, Pfeiffer y otros. Todos estos observadores han llegado á resultados concordantes, es decir, que ni aún las fuertes corrientes de aire pueden hacer pasar las bacterias á través de las capas de tierra de algunos centímetros de espesor. La tierra filtra el aire por completo, aún cuando esté completamente seca. En el suelo natural, un poco húmedo siempre, y donde son mínimos los movimientos del aire, se observará ménos todavía la posibilidad de un cambio de lugar y un transporte de bacterias.

En último término pudiera admitirse la propagación de las bacterias por un crecimiento continuo. Las oxidaciones enérgicas que se producen en el suelo prueban, en efecto, una vida activa y una intensa multiplicación de las bacterias; pero ni aún por la multiplicación más rápida permitirían las superficies en extremo grandes que presenta un suelo poroso más que una propagación muy lenta de la vegetación. Además, este modo de propagarse faltaría en absoluto á las bacterias patógenas. En fin, en muchos casos puede verificarse el transporte de las bacterias por los animales que se mueren en la tierra, pero su extensión será muy restringida. Por consiguiente, debemos representarnos las bacterias del suelo como fijas, y no cambiando de lugar sino con lentitud y en una pequeña extensión.

Las investigaciones recientes sobre la actitud de las bacterias patógenas en el suelo nos interesan muy en particular. Debemos ver, sobre todo, si el suelo tiene realmente una influencia específica sobre los bacilos patógenos, si esta influencia se caracteriza por un crecimiento y una multiplicación más rápidos, si favorece la fermentación de los esporos y su conservación, y, por último, si la propagación del germen al hombre depende de ciertas condiciones del terreno.

Según nuestros conocimientos actuales sobre las necesidades de los hongos patógenos, debemos admitir como nada probable su multiplicación en el suelo. En las capas profundas, lo bajo de la temperatura es ya por sí sólo bastante para poner obstáculos al desarrollo de estos microbios. En las capas más altas, que tienen siempre ó por lo ménos temporalmente una temperatura de 16º, los hongos podrían desarrollarse si encontrasen sustancias nutritivas convenientes, si no existiera sustancia alguna capaz de suspender su desarrollo y si no vinieran los saprofitos á impedirlo. Pero en las circunstancias ordinarias casi nunca se llenan estas condiciones. De las numerosas investigaciones de Bol-

ton, Heraeus, etc., resulta del modo más preciso que hasta los bacilos del tifus, que sin embargo son los menos exigentes de los gérmenes patógenos, requieren, no obstante, para crecer y multiplicarse una pequeña cantidad de las mejores sustancias nutritivas. Bajo este aspecto, las bacterias patógenas están en absoluta oposición con algunas especies saprofitas, que viven y se multiplican con sustancias nutritivas de cualquiera naturaleza. Pero las mejores sustancias nutritivas no pueden hallarse sino en algunos puntos de las capas superficiales y de una manera pasajera, porque se produce siempre una rápida destrucción de ellas por los bacilos saprofitos y por la acción de superficie del suelo.

En todo caso pueden cultivarse diversas bacterias patógenas en la orina pura diluida. Schrakamp ha podido comprobar un desarrollo de los bacilos del carbunco en la tierra previamente esterilizada y mezclada con orina, suero, gelatina nutritiva, etc. Pero no pueden sacarse de aquí deducciones relativas al suelo ordinario. Los excrementos y las aguas caseras penetran en esta tierra en cantidad abundante y contienen numerosos saprofitos. Casi siempre se diluyen mucho en el suelo por el agua llovediza; las capas en que primero se detienen encierran igualmente saprofitos y fermentos organizados aptos para provocar su descomposición. Este es el motivo por el cual una tierra mantillosa presenta otras condiciones nutritivas esenciales distintas que los líquidos puros que sirven para las experiencias. No se podrán deducir conclusiones acerca de la actitud del suelo más que de los experimentos hechos con la tierra arable, de la tierra de jardín realmente abonada. Koch hizo ya análogas experiencias; trató de cultivar los bacilos del carbunco en el mantillo, en la tierra rica en humus procedente de las márgenes de un río, en el fango, en el barro mezclado con agua. No observó ningún desarrollo.

Praussnitz hizo en el Instituto del autor investigaciones en el mismo sentido, pero hasta ahora no ha obtenido multiplicación de las bacterias patógenas con ninguna especie de tierra, ni con ningún estiércol. Estas investigaciones continúan; es posible que más adelante se encuentren estados del suelo que permitan una multiplicación local por poco tiempo. En suma, esta propiedad del suelo es una excepción siempre, hasta en las condiciones realizadas en los laboratorios. Estas últimas son extraordinariamente más favorables que las que se encuentran en la naturaleza, porque se emplea siempre una tierra esterilizada a 100°, desembarazada por consiguiente de las demás bacterias, y un aire sin anhídrido carbónico. En realidad, los saprofitos que encuentran allí condiciones de existencia más ventajosas, lo mismo que la acumulación de anhídrido de carbono, constituirán en el más alto grado un obstáculo al desarrollo de las bacterias patógenas.

En su consecuencia, respecto a la multiplicación de las bacterias patógenas en el suelo, es bastante indiferente saber si un terreno está más o menos contaminado, es decir, impregnado de detritus. Evidentemente, puede que la mayor o menor cantidad de estas sustancias traiga consigo un cambio en las especies predominantes; pero éstas pertenecen a la clase de los saprofitos obligados y no permiten, de manera alguna, que se desarrollen los parásitos facultativos, cuyas condiciones vitales son mucho más restringidas. Sin embargo, puede que en ciertas condiciones los bacilos patógenos lleguen a desarrollarse en las capas superiores del suelo (por ejemplo, en la sangre de los cadáveres de animales muertos del carbunco). Pero, evidentemente, esto no es una influencia particular del terreno; el mismo hecho puede producirse en otros substratos nutritivos. Los bacilos del tifus y los espirilos del cólera, que penetran por medio de deyecciones frescas en un terreno impregnado de malas sustancias nutritivas y de bacterias saprofitas, pueden multiplicarse aún algún tiempo a expensas de las materias nutritivas de las deyecciones, lo mismo que sucedería en otras condiciones sin la influencia del suelo; además, éste no ejerce ningún influjo favorable, antes al contrario.

Nuestra respuesta será quizás un poco diferente cuando nos preguntemos si la tierra favorece la conservación de las sustancias patógenas. Pudiera producirse esto a causa de la tendencia a la formación de esporos o por efecto de la conservación particularmente larga de los esporos preformados, o también por conservación de las bacterias aspóreas en el estado viable. Soyka (1) ha observado últimamente, en una serie de investigaciones hechas por medio de bacilos carbuncosos, que los esporos se forman con más rapidez en estos últimos, cuando el líquido que los contiene se derrama en tierra, que cuando se conserva en las mismas condiciones de temperatura, etc.

La formación de los esporos en el interior de los bacilos del carbunco se verifica principalmente en la superficie de los líquidos, y éste es tanto más rico en esporos y los contiene tanto más pronto cuanto más delgada es la capa. En un suelo no saturado por completo de humedad, los líquidos se distribuyen en capa tenue y se encuentran, por consiguiente, en las condiciones más favorables para formar esporos. Pero este hecho se observa en los líquidos en capa delgada, esparcidos por cualesquiera substratos nutritivos.

Soyka ha visto acelerarse la formación de los esporos del modo más claro, cuando el suelo contenía una cantidad de agua que represente el 75 al 25 por 100 del volumen de los poros, es decir, en límites muy

(1) *Fortschr. d. Med.*, núm. 9.

extensos y poco marcados, puesto que con 100 por 100 de agua todavía se ven formarse esporos en abundancia, y con cantidades inferiores al 25 por 100 la distribución de los esporos en un espacio demasiado grande impide comparar los resultados. Por bajo de 18°, Soyka no ha podido observar la formación de los esporos en la tierra. Por consiguiente, de estas experiencias no resulta que el suelo tenga influjo ninguno en la formación de los esporos. Cuando los bacilos carbuncosos llegan á las capas superficiales del suelo que se encuentran secas, entonces producen esporos de la misma manera que en los restos de los cadáveres de animales carbuncosos, en las deyecciones ó en los substratos vegetales de los sitios pantanosos, etc. A lo más, se forman con alguna mayor rapidez, lo cual no tiene importancia.

Es muy posible que otras bacterias patógenas ménos aptas para formar esporos que los bacilos carbuncosos hallen en el suelo condiciones mucho más favorables para la formación de estos últimos; pero actualmente no conocemos nada parecido.

Por otra parte, quizá los esporos preformados ó producidos en la tierra se conservan mejor que en cualquier otro substrato de la superficie. En estos últimos, los esporos, por efecto de las lluvias, por las corrientes de aire ó de agua, reciben de continuo nuevas sustancias nutritivas; las masas desecadas se humedecen de nuevo y los esporos son arrastrados á otros sitios ricos en sustancias nutritivas, de suerte que germinan con bastante facilidad y dan origen á bacilos fácilmente vencidos por los saprofitos. En la tierra, por el contrario, las condiciones nutritivas desfavorables y las malas condiciones de temperatura se oponen á la germinación de los esporos, y así puede explicarse que los que se encuentren en ella se conserven durante largo tiempo. A esto se debe que se observen en el suelo cantidades considerables de estas formas duraderas. Pero, aún sin previa formación de esporos, la tierra goza tal vez de la propiedad de conservar las más diversas bacterias en estado vivo, aún las bacterias patógenas. Anteriormente hemos visto que las bacterias aspóreas mueren con bastante facilidad en las condiciones ordinarias, ora porque se encuentren en medios líquidos fácilmente invadidos por los saprofitos, ora porque los substratos se desecan y la falta de agua los mata. Podemos, pues, figurarnos que en la tierra y hasta en lo que habitualmente se denomina tierra seca, no se verifica con mucha facilidad la desecación de las bacterias, dada la acción del aire sin cesar saturado de vapor de agua, y las capas de vapor que rodean á los elementos del suelo. Pero, por otra parte, según lo ha hecho observar Soyka, la distribución del líquido en tenues láminas en el fondo produce una especie de fijación de las bacterias que impide la circulación tal como se produce en las capas densas; de esta manera se evitan la rápida multiplicación de las bacterias

y su desecación. Así, pudiera suceder que las bacterias patógenas aspóreas se conserven durante mucho más largo tiempo que en los demás substratos.

El hecho de que la tierra favorezca particularmente la conservación de las bacterias, y en manera alguna su multiplicación, parece hallarse en contradicción con la experiencia señalada más arriba: que una tierra impregnada de líquidos en putrefacción provoca con mucha más facilidad las enfermedades infecciosas que los mismos líquidos putrefactos. Pero este hecho es fácilmente explicable, sin que sea necesario admitir una multiplicación de las bacterias. Las bacterias patógenas se encuentran en estos líquidos en mucha menor cantidad que las saprofitas, que con frecuencia forman ptomainas. La existencia de estas ptomainas no permite emplear grandes cantidades de líquido para la infección; los animales mueren por intoxicación consecutiva al empleo de grandes cantidades. Cuando se inyectan pequeñas dosis, dada la cantidad relativamente pequeña de bacterias patógenas, disminuyen otro tanto las probabilidades de infección. Cuando los líquidos putrefactos penetran en un terreno poroso, las diferentes especies se fijan y se conservan, al paso que las ptomainas se destruyen con rapidez. Las investigaciones de Falk y Soyka han probado que, por efecto de la acción de superficie, la tierra descompone rápidamente las bases orgánicas tóxicas y las ptomainas. Por estas razones, podemos introducir bajo la piel grandes cantidades de tierra sin producir intoxicación, mientras que las enfermedades aparecen con mayor frecuencia. Naturalmente, tampoco ejercen efecto alguno pequeñas cantidades de tierra.

Esta propiedad del suelo de conservar estas bacterias patógenas, ¿está sujeta á variaciones de tiempo y de lugar? ¿Serían suficientes estas variaciones para explicar en la hipótesis de Pettenkofer la distribución de las enfermedades infecciosas según los tiempos y lugares?

Ciertamente, esta propiedad puede variar según los tiempos y lugares; pero, hasta ahora, faltan pruebas experimentales de ello. Además, las diversas especies de terrenos porosos pueden también presentar diferencias cuantitativas según el grueso del grano y según su permeabilidad. Quizá también ejerza la contaminación más ó ménos grande del suelo cierta influencia, en el sentido de que un mayor contenido en especies saprofitas y en sustancias nutritivas haga más difícilmente apto el suelo para conservar las bacterias patógenas. Igualmente pueden presentarse ciertas variaciones temporales; concíbese que un terreno muy húmedo presenta más bien las condiciones de un líquido é impide la rápida distribución, la fijación de las masas bacterianas y la acción simultánea del aire contenido en los poros, es decir, impide la conservación.

A despecho de estas variaciones de tiempo y de lugar, la propiedad conservadora del suelo no tiene, sin embargo, el poder de ejercer una influencia excesiva sobre la propagación de las enfermedades epidémicas; porque no podemos admitir para ninguna especie bacteriana que el estado de conservación en el cual se encuentra en el suelo sea necesario para darle aptitud á transmitir una enfermedad. Todos los agentes patógenos tienen igualmente las propiedades necesarias para producir una infección, sin que sea preciso que se pongan en contacto con el suelo. Además, la conservación de las bacterias patógenas no es una propiedad exclusiva de la tierra; puede verificarse en los más diversos substratos nutritivos, sobre todo cuando estas bacterias, como el *Bacillus anthracis*, forman fácilmente esporos, ó cuando abandonan ya en esta forma el cuerpo del enfermo, como sucede con los bacilos del tífus. Bajo este aspecto, diferentes especies de tierra pueden quizá distinguirse cuantitativamente y gozar de la propiedad de conservar durante más largo tiempo y más por completo los bacilos. Pero aún existen tantos otros medios de transmisión de los gérmenes patógenos, que la parte que tome ó deje de tomar el suelo en la conservación no puede en muchos casos influir de un modo notable en el curso de una epidemia.

Trátase de saber, además, de qué manera puede realizarse la transmisión al hombre de las bacterias conservadas en el suelo, y si quizá tendrá alguna influencia sobre ella un estado determinado del terreno, variable con el tiempo y el lugar. Debemos considerar sucesivamente las diversas vías siguientes:

1.º El viento, que levanta el polvo de las capas superficiales y con él las bacterias que arrastra el aire. Según todo lo que hemos dicho más arriba acerca de los hongos del aire y los movimientos de las bacterias en la tierra, estas últimas no se desprenden de este modo sino cuando el suelo está seco por completo. Entonces provienen de las capas superficiales que se reducen á polvo. Un suelo completamente húmedo permite tan poco el transporte de las bacterias, como un suelo cuyas capas superficiales están secas, pero cuya superficie se haya humedecido por lluvias pasajeras;

2.º El agua subterránea, el agua potable y el agua que sirve para los usos domésticos. — Una espesa capa de tierra sobre el agua subterránea impide, evidentemente, que ésta tenga influjo alguno. Pero allí donde el manto de agua freática no está separado de la superficie sino por capas poco densas de tierra movediza, allí donde puede llegar á ésta en ocasión de las crecidas y donde, además, existen grietas y soluciones de continuidad que establezcan una comunicación entre el contenido de una letrina y el agua subterránea empleada, habrá transporte de las bacterias hácia las habitaciones y hácia el hombre;

3.º Los alimentos que se desarrollan en el suelo (patatas, etc.) tras-

portan, en las cantidades de tierra que á ellos se adhieren, grandes cantidades de bacterias de las capas superiores del suelo hasta las habitaciones y los utensilios, por medio de los cuales llegan á otros substratos;

4.º Los hombres y los animales que están de cualquier modo en contacto con la tierra, las herramientas empleadas para trabajar el suelo, etcétera, pueden contribuir de una manera análoga al transporte de los bacilos de la tierra á las casas;

5.º Puede verificarse, por excavación del suelo, por ponerse al descubierto capas profundas, y merced á los vientos, un abundante transporte de bacterias procedentes de la superficie (donde se encontraban en una época anterior) ó de fosas permeables. Estas bacterias, por efecto del amontonamiento de nuevas capas de tierra, estaban sustraídas de mucho tiempo atrás á la acción del aire exterior. Quizá pueda explicarse así el desarrollo de las epidemias de tífus, á consecuencia de las obras públicas.

En todo caso, estas diferentes vías de transporte de las bacterias patógenas no convienen á todos los terrenos y á todas las épocas; por el contrario, existen condiciones variables de tiempo y lugares que favorecen ó impiden uno ú otro medio de transporte.

Una influencia de tiempo que tiene una acción muy pronunciada es la que obra sobre la vía de transporte más frecuente, es decir, la propagación por el aire. Esta influencia obra por el variable grado de humedad de las capas superiores del terreno.

Gracias á las investigaciones de Hoffmann hemos adquirido desde este punto de vista ideas precisas acerca de las importantes relaciones de la penetración de la humedad en el suelo. En el terreno poroso tenemos que distinguir en primer término una zona de evaporación superficial, en la que varía mucho el grado de humedad del suelo y donde alternan una humedad absoluta y una desecación completa. Cuando por efecto de los calores del estío desciende muy profundamente la desecación, muchas veces la totalidad de las lluvias de fines del verano ó del otoño puede penetrar en el suelo sin alcanzar al límite inferior de la zona; entonces hay, por consiguiente, constantemente una capa seca entre la superficie accidentalmente mojada por las lluvias y las capas más profundas que contienen el agua freática. Así, toda la suciedad que cae sobre el suelo en estas condiciones permanece en la zona de desecación superficial.

Bajo esta capa se encuentra entonces la zona que se ha convenido en llamar *zona de paso*, que indica la región, no donde alcanza, sino que está saturada por el agua. Si esta zona, después de que la *zona de desecación* está completamente llena con el agua de lluvia, recibe un aflujo de la superficie, su contenido continúa sin embargo invariable,