

Existen observaciones que prueban sin ningún género de duda que la atenuación puede persistir años enteros en una gran serie de generaciones sucesivas. Así sucede sobre todo, cuando esta modificación se provoca con medios poco activos que obren durante muchísimo tiempo.

De esta manera se comprueba en ciertas bacterias una actitud que de ningún modo se armoniza con las demás propiedades bio-ógicas de las bacterias. En general, observamos una constancia en las propiedades hereditarias de las bacterias análoga á la de las plantas superiores, y vemos conformarse la virulencia á las mismas leyes que las otras propiedades, si advertimos que en un gran número de cultivos sucesivos no sufre cambio alguno, ó bien se afecta en ciertas condiciones anormales y sólo para la generación influida.

Pero no cabe duda alguna acerca del hecho notable de la transmisibilidad de la atenuación artificialmente producida en ciertas bacterias. De estos conocimientos nuevos se puede inferir que debemos ser extraordinariamente circunspectos en nuestro juicio para no trasportar á ciertas bacterias las leyes aplicables á otros organismos y para no querer sacar deducciones generales de observaciones aisladas.

En la Bacteriología debe limitarse el juicio á casos aislados, más que en cualquiera otra rama de las ciencias naturales. Tan poco racional es admitir en virtud de consideraciones teóricas ser imposible la debilitación hereditaria de las bacterias, como deducir de la atenuación en casos aislados que hay una extensa variación de la virulencia por efecto de ciertas causas no demostradas, ó que existe esta variación en otras especies bacterianas, ó hasta una actitud transitoria análoga en las demás propiedades de los microbios.

CAPÍTULO SEXTO

DISTRIBUCION GENERAL Y LOCAL DE LAS BACTERIAS

En las más diversas partes del medio ambiente hállanse gran número de especies bacterianas, cuando existe suficiente grado de humedad, sustancias nutritivas adecuadas y una temperatura por lo menos de 6 á 10° grados. Es tanto más considerable la masa de estas bacterias cuanto más se acerque la temperatura al óptimum de 20 á 30° y más sustancias nutritivas haya. Allí donde se acumulan materias orgánicas muertas, excrementos humanos ó de animales, cadáveres, plantas muertas, residuos domésticos é industriales en la superficie del suelo, en las aguas estancadas, en el agua corriente ó en el interior de las habitaciones, cuando la temperatura y el grado de humedad son á propósito, se ven formarse focos de bacterias, que al fin destruyen á dichas sustancias y las reemplazan por un gran número de individuos de nueva formación.

En vista de la propagación, del enorme aumento y de la resistencia relativamente grande de las bacterias, involuntariamente se pregunta uno cuáles son los medios de que la naturaleza se vale para destruir las masas bacterianas formadas de continuo y para oponerse á su incessante multiplicación. Este medio no consiste en el frío del invierno, el cual se sabe que sólo produce un alto en el desarrollo, pero que parece dejar intactas á todas las bacterias.

Los medios de desinfección natural consisten más bien en la *desección*, en el *agotamiento de las sustancias nutritivas*, y á veces también en la existencia de altas temperaturas, sobre todo en la superficie del suelo, debidas á la insolación. Evidentemente todos estos medios sólo obran matando las formas de esquizomicetos que menos resisten,

miéntras que aún conservan su vitalidad la mayoría de las formas duraderas, lo mismo en el estado de desecación que en los medios nutritivos agotados y con elevada temperaturas.

Mas á pesar de este hecho pueden obtenerse, gracias á estos medios, resultados suficientes en el sentido de que en la naturaleza las formas duraderas tienen con frecuencia ocasion de germinar y de dar origen á formas fácilmente destruidas. Por una parte, el cambio incesante de buenas condiciones nutritivas, y por otra, la falta de agua y de sustancias asimilables, constituyen principalmente los factores que producen una extensa destruccion de las más diversas bacterias y una regulacion de su vida.

Respecto á las especies que despiertan nuestro interés por la extension accidental de su actividad sobre los organismos vivos, es muy difícil su continuo desarrollo en lo que naturalmente nos rodea, por el hecho de que estas bacterias son casi siempre muy exigentes acerca de la calidad de las materias nutritivas requeridas, de que para desarrollarse necesitan una temperatura determinada y de que muchas veces son sensibles de una manera particular á las alteraciones del substrato nutritivo y á la falta de agua. Es preciso añadir que todos los parásitos facultativos son vencidos fácilmente por los saprofitos, los cuales, en las condiciones ordinarias, se desarrollan con mucha más rapidez; estos últimos se apoderan muy pronto de las sustancias nutritivas necesarias y destruyen á los parásitos, merced á la existencia de ciertos productos de su nutricion.

En las condiciones habituales, si los agentes patógenos tienen que multiplicarse durante un tiempo más largo, con toda evidencia, deben de desarrollarse casi directamente en forma de cultivo puro. Accidentalmente, estos cultivos puros de bacterias patógenas podrán formarse en substratos nutritivos de consistencia blanda y en restos vegetales ó animales flotantes. Pero se estrella contra dificultades bastante considerables la conservacion de los parásitos facultativos y obligatorios que de esta manera se han desarrollado, ya fuera del hombre, ya en el interior mismo de éste, y que desde él han llegado al medio ambiente. Verifícase, sobre todo, merced á la existencia de formas vivaces, que en el estado seco ó en los substratos nutritivos agotados se pueden conservar durante largo tiempo sin alterarse. Allí donde faltan las formas vivaces, todavía puede producirse una suspension de desarrollo tal que no se realice ninguna invasion de saprofitos, ni se modifiquen las bacterias parásitas más sensibles. Esto sucede, por ejemplo, con un frío de + 5°, y tambien (como veremos despues con mayores detalles) en un terreno poroso moderadamente húmedo.

Sobre el reparto de las bacterias en la superficie del globo importa advertir que no están limitadas al sitio de su desarrollo, sino que hay

un transporte frecuente de las bacterias y una diseminacion de éstas en límites más ó ménos extensos. Las corrientes de aire y de agua pueden colocarse entre los más importantes medios de transporte; como factores de importancia ménos grande y que obran de variadísimas maneras pueden citarse: la diseminacion por los animales y la que resulta de las profesiones, ocupaciones y relaciones del hombre.

Si desde el punto de vista de la presencia de las bacterias examinamos cuanto nos rodea, vemos desde luégo que los microbios se encuentran en el aire en cantidad muy variable. Con los métodos de investigacion empleados hasta hoy se han encontrado en las capas de aire próximas al suelo en campo raso unas 100 á 500 bacterias vivas por metro cúbico. En los sitios habitados existen en número poco considerable si han cesado desde hace algun tiempo los movimientos del aire, al paso que se encuentran en gran abundancia cuando los movimientos de la atmósfera producen torbellinos de polvo. De la observacion directa de los gérmenes del aire, así como de las experiencias sobre la filtracion, resulta que los micro-organismos en él suspensos casi nunca son individuos aislados, sino, por regla general, numerosos individuos correspondientes á una misma especie y reunidos en pequeños grupos, ó que se adhieren á partículas más pesadas y á granos visibles de polvo.

Casi siempre debe buscarse el origen de los gérmenes de la atmósfera en el desarrollo de las bacterias en la superficie de la tierra; el grado de humedad no es suficiente para que se verifique la multiplicacion en el aire. El paso de las bacterias á éste no se realiza, por lo general, sino cuando las colonias están completamente desecadas y destruidas por una fuerza exterior. Nægeli ha demostrado que ni aún las fuertes corrientes de aire son capaces de arrancar las bacterias que se adhieren á superficies húmedas. Sólo cuando al mismo tiempo salta el líquido por efecto de la formacion de olas ó cuando se golpea con violencia (molinos, lejías) ó por formarse burbujas de agua, pueden las bacterias recorrer cortos trayectos en la atmósfera.

Hasta cuando una colonia está seca no se sigue de ello por necesidad la separacion de los elementos que la constituyen y su paso al aire ambiente; las bacterias desecadas se adhieren con fuerza al substrato, en el cual se han desarrollado, y sólo por reblandecimiento de éste, por formarse grietas, por influjo de una causa exterior ó por accion de la temperatura, es como se desprenden pequeñas partículas que pueden ser arrebatadas por las corrientes aéreas.

Verdad es que ciertos observadores habían comprobado antes que fuertes corrientes de aire podían apoderarse de las bacterias hasta en las superficies húmedas; pero las investigaciones hechas en aquella época no se ejecutaron por medio de cultivos puros ni de sustancias nutritivas sólidas. Por eso, cualesquiera bacterias podían introducirse con facilidad en los líquidos, á causa de los insuficientes sistemas de cierre, y dar así resultados en apariencia positivos. En el día pueden repetirse fácilmente los experimentos con resultados constantes, si se opera con cultivos puros de especies bacterianas raras fáciles de distinguir de las que pudieran encontrarse accidentalmente.

Una vez introducidas las bacterias en el aire permanecen entonces suspensas durante un tiempo más ó ménos largo, ó bien son arrebatadas por las corrientes atmosféricas. Desde este punto de vista influyen más que nada, aparte de la fuerza de las corrientes, el diámetro y el peso de las partículas suspensas en el aire. Bien pronto se depositan, con todo su cortejo de bacterias, voluminosos granos de polvo, perceptibles á simple vista con ayuda de cualquiera iluminación. Las partículas más pequeñas que se ven flotar en un rayo de sol permanecen con más facilidad en suspension y se mueven en un sentido ó en otro por influjo de corrientes poco marcadas. Todavía hay que considerar las masas de bacterias más pequeñas, cuyo peso se puede valorar en una trillonésima de gramo y aún menor, las cuales en el aire tranquilo descienden de una manera imperceptible.

Es preciso figurarse todos estos corpúsculos como rodeados por una capa de aire condensado, consistente esencialmente en vapor de agua y que forma un manto, un para-caídas que facilita el trayecto aéreo (Nægeli).

De estas observaciones y consideraciones resultan las leyes de distribución de las bacterias en el aire. Allí donde se encuentren bacterias en colonias numerosas en la superficie del suelo y donde sea completa la desecación, también el aire contendrá numerosos gérmenes. Allí donde no haya ocasión favorable para el desarrollo de las bacterias (desiertos, altas montañas) ó bien en las partes cuya superficie esté constantemente húmeda (mares), el aire casi nunca contendrá bacterias. Nada se sabe aún en cuanto á la distancia á que pueden ser trasportadas las bacterias vivas. Dadas las distancias que pueden recorrer ciertos polvos, hay derecho á suponer que también las bacterias pueden recorrer grandes trayectos. Este hecho es apto para disminuir hasta cierto punto las diferencias locales relativas á la riqueza del aire en bacterias; sin embargo, el mayor número de los microbios del aire proviene de fuentes locales.

No es posible decir si las raras especies que se han encontrado en las altas montañas proceden del aire, del cuerpo, de los vestidos ó de

los utensilios de los observadores ó hasta de orígenes locales insignificantes. Este hecho tiene una importancia secundaria, lo mismo, por otra parte, que esa *caza de bacterias* que se verifica en las altas montañas ó en los mares lejanos y que más bien se dirige al público en general, ávido de curiosidades, que á los sabios.

De las variaciones temporales en el número de los gérmenes atmosféricos, abstracción hecha de la variable cantidad de colonias disponibles, dependen, en primer lugar, las condiciones que favorecen el paso de nuevas bacterias al aire, y en segundo lugar, las condiciones que influyen sobre su separación de éste. El aumento de las bacterias verificase sobre todo por la acción de los vientos secos; con vientos incompletamente saturados de humedad y hasta con vientos húmedos, verdad es que las capas superiores de las partes del suelo expuestas pueden desecarse y haber transporte de polvo y de cierta cantidad de bacterias; pero, al cabo de un período continuo de fuertes sequías (tal como el producido entre nosotros por los vientos del E.), la desecación se extiende de otra manera; cada rincón de las calles, de los patios ó de las casas, las capas profundas del suelo, se desecan entonces y pasan al aire numerosas y variadas bacterias, á veces patógenas. A pesar de esta influencia importante que los vientos ejercen sobre el número y especie de gérmenes atmosféricos, sin embargo, aún es posible que el metro cúbico de aire ambiente no contenga más gérmenes que en un tiempo tranquilo y húmedo. En efecto, puede que el viento los esparza en mayor espacio y los arrastre sobre todo á las capas más elevadas. Por el contrario, una mayor riqueza de agua, sobre todo la precipitación del vapor acuoso y la existencia de corrientes húmedas descendentes, determinan la precipitación de los polvos y producen un aumento de gérmenes en las capas aéreas próximas al suelo, hasta que continuas condensaciones ó lluvias hayan arrastrado á éste la mayor parte de las bacterias. Las investigaciones hechas hasta el presente han tenido poco en cuenta la distribución de los gérmenes en la atmósfera, y en especial la posibilidad de ser barridos por las condensaciones, aún cuando sea probable que haya que aguardar, por el conocimiento detallado del modo de propagarse los gérmenes atmosféricos, una explicación acerca del modo como se producen las infecciones (el paludismo, por ejemplo).

En general, atribuyóse en otro tiempo al aire un papel demasiado importante en la diseminación de los gérmenes saprofitos é infecciosos. La experiencia adquirida por los trabajos bacteriológicos modernos y por la práctica quirúrgica demuestra que muy rara vez pasan las bacterias desde el aire tranquilo á los substratos nutritivos, y que basta que un objeto cualquiera ponga éstos al resguardo de los polvos atmosféricos, para protegerlos eficazmente, aún en un aire im-

puro. Con mucha más frecuencia se verifica la contaminación por el contacto con objetos sucios, etc. Por otra parte, cuando el aire está agitado y muy lleno de polvos, determina muchas veces la propagación de las bacterias. Lo notable es el gran número de bacterias que se depositan en los objetos fríos, por la condensación del vapor de agua (alimentos conservados en hielo, etc.). Pero entonces las bacterias patógenas sólo representan en todo caso una mínima fracción del número total.

Al aire libre es verosímil que llegue al infinito la dilución de los gérmenes patógenos, hasta el punto de llegar a ser una rareza la infección producida por tal intermediario. El aire sólo puede considerarse como fuente frecuente de infección en el interior de las habitaciones y en la inmediata proximidad a los enfermos.

Actualmente no están lo bastante bien fundados los datos ni los métodos de las investigaciones atmosféricas, para que puedan establecerse datos precisos sobre las diferencias en tiempo y lugar de los gérmenes atmosféricos, ni sacarse deducciones fundadas en la parte que al aire corresponda en la propagación de una u otra de las enfermedades infecciosas. Las tentativas hechas por Miquel para relacionar los resultados de sus investigaciones atmosféricas con la mortalidad debida a las más diversas enfermedades infecciosas, son prematuras, por lo ménos, y manifiestan cuán paciente es el método estadístico y con cuánta facilidad puede engañar dando la ilusión de una relación causal.

La propagación y la actitud de las bacterias en el suelo han adquirido especial interés desde el punto de vista de la higiene, en el sentido de que hace mucho tiempo, y sobre todo desde los trabajos de Pettenkofer, se ha considerado el suelo como un factor importantísimo de la propagación de las enfermedades epidémicas. La relación, comprobada por la estadística, entre la mortalidad debida al tífus y las variaciones de nivel de la capa de agua *freática* (subterránea) en Munich, han dado la prueba de que ciertos fenómenos que se producían en el suelo tenían un influjo regulador específico en la extensión de ciertas enfermedades contagiosas. El interesante resultado de este dato estadístico deja en duda la cuestión de saber si el fenómeno que se realiza en el suelo por efecto de la variación de la capa de agua subterránea tiene influencia sobre el desarrollo de los gérmenes infecciosos, ó si no tiene más significación particular que por el transporte hasta el

hombre de los gérmenes existentes en el suelo; ó hasta si no existe relación directa entre el estado del terreno y los gérmenes infecciosos, sino más bien una relación indirecta, de tal suerte que deban referirse a un factor común lo mismo el estado en apariencia favorable del suelo, que la propagación de la epidemia. Además, se trata de saber, cuando se advierte cualquiera influencia directa del terreno, si debe considerarse como absolutamente necesaria para la producción de un progreso de la epidemia de que se trate, de suerte que pueda atribuirse al suelo un papel específico indispensable; ó bien si pueden asimismo verificarse los progresos de la afección por otras vías, sin que intervenga el suelo.

Con toda evidencia, no es posible precisar esta cuestión sino por un conocimiento más exacto del agente infeccioso, de sus propiedades vitales y de su manera de propagarse. Sólo suposiciones pueden formarse respecto a los lazos íntimos que pueden existir entre el terreno y las enfermedades contagiosas.

Pettenkofer y sus discípulos han tratado de probar que la naturaleza del terreno ejerce una influencia particular, lo mismo en el desarrollo de los gérmenes patógenos, que en su transporte hasta el hombre. Según estos autores, un terreno poroso, atravesado por los residuos orgánicos y suficientemente húmedo, es indispensable para el desarrollo y como madurez del agente infeccioso. El mismo terreno, con un grado bastante de desecación, debe proporcionar a los gérmenes infecciosos la posibilidad de desprenderse, merced a las corrientes atmosféricas.

En aquella época esta interpretación era fundada en absoluto. Pero desde que en los últimos años hemos podido hacer observaciones directas y estudios experimentales sobre las propiedades biológicas, el curso del desarrollo y las necesidades de los agentes patógenos, debemos someter a la revisión y a la crítica nuestras anteriores apreciaciones sobre el desarrollo de las enfermedades infecciosas, y en especial las relativas al influjo que el suelo ejerce sobre las bacterias patógenas.

Cierto es que aún necesitamos muchos profundos estudios acerca de la actitud de las bacterias en los medios que nos rodean, y que estamos muy lejos del momento en que podremos abarcar con una sola mirada las relaciones que existen entre el suelo y las bacterias. Pero, bajo muchos aspectos, las investigaciones bacteriológicas modernas nos han dado preciosos informes que nos obligan a modificar nuestras concepciones primitivas.

Si, en primer lugar, resumimos lo que se ha descubierto en estos últimos años respecto a la actitud general de las diferentes bacterias en el suelo, lo mismo por las observaciones directas que por la experi-

mentacion, llegamos ante todo á esta conclusion: que la vida de las bacterias en el suelo es en realidad muy activa. Evidentemente, éste es el receptáculo esencial de las bacterias y en el que penetran la mayoría de los líquidos que contienen microbios, casi todas las aguas del uso doméstico, los excrementos, etc., y en cuya superficie caen de nuevo la mayor parte de los gérmenes que han pasado á la atmósfera. Constantemente han hallado en el suelo los más diversos observadores gran número de bacterias. En cada gota de infusion preparada por medio de tierra laborable ó de jardín, hanse encontrado millares de ellas. Tambien contienen enormes cantidades el suelo de las calles y la tierra de los patios.

Sin embargo, en las capas superficiales y en un suelo húmedo se hallan bacterias en abundancia y tambien numerosas especies de micrococos. Algunas son claramente preponderantes y se hallan en el suelo en los más varios lugares y en las más diversas épocas, al paso que se encuentran mucho más rara vez en otros substratos. Tales son el *Bacillus mycoides* y algunas especies que todavía no se han descrito del todo.

Con frecuencia los bacilos se encuentran en el suelo en forma de esporos vivaces, segun resulta con certidumbre de los ensayos de desinfeccion

Muchas veces obsérvase tambien la presencia de especies patógenas. Como existentes en el suelo concócese: los bacilos del edema maligno, los del tétanos infeccioso, el *Bacillus septicus agrigenus*, etc., se hallan casi exclusivamente en la tierra arable. Las bacterias patógenas se encuentran con tal abundancia en el suelo, que no puede producirse con tanta facilidad una infeccion con ningun otro producto natural. Cuando se inoculan ratones, cobayas ó conejos con cantidades de tierra que no sean demasiado mínimas, se obtiene un tanto por ciento de animales enfermos mucho más considerable que con cualquier líquido putrefacto rico en bacterias. Si se inyectan cantidades mayores de estos últimos gran número de animales, algunas veces todos, mueren por efecto de intoxicacion por las ptomainas, pero rara vez se produce una enfermedad infecciosa. Además, estamos autorizados para admitir que las enfermedades infecciosas producidas por la tierra serian aún más variadas si la distribucion de los bacilos del edema maligno y del tétanos no fuese tal que con frecuencia oculte á otros agentes de infeccion, provocando la muerte del animal mucho ántes de que hayan podido obrar otras bacterias que se multiplican con más lentitud.

Esta actitud notable del suelo nos autoriza á primera vista para admitir la hipótesis de una influencia específica de éste sobre el desarrollo de las enfermedades infecciosas del hombre.

Conócense, además, ciertos hechos relativos á la actividad de las bacterias en el suelo. Schloesing y Müntz, y más tarde Warington, han demostrado que la nitrificacion del amoniaco de las sustancias orgánicas se produce, de preferencia, por organismos inferiores. Cuando se calienta ó desinfecta la tierra, se suspende casi por completo esta actividad constantemente observada. Wollny y Fodor han demostrado que la produccion de anhídrido carbónico en el suelo debe atribuirse de un modo casi exclusivo á la accion de organismos inferiores. Gayon, Dupetit, Deherain y Maquenne, además, han demostrado que en ausencia del oxígeno se puede verificar la reduccion de los nitratos á nitritos, amoniaco y nitrógeno, por influjo de las bacterias del suelo. Segun las investigaciones de Heraeus (*Zeitschr. f. Hygiene*, t. I), muchas especies bactericas (*Bacillus prodigiosus*, espirilos del queso, espirilos de Finkler, bacilos del tifus, bacilos del carbunco, estafilococos) gozan de la propiedad de oxidar el amoniaco y trasformarlo en ácido nítrico; al paso que otras especies reducen fuertemente los nitratos (por ejemplo, dos bacilos del agua). Schloesing y Müntz habian referido la nitrificacion á una especie única aislada por ellos; pero la descripcion que han dado no permite admitir que hayan operado con un cultivo puro. Las investigaciones de Heraeus nos obligan á admitir que gran número de bacterias tienen el poder de producir esta nitrificacion, ora por simple asimilacion y oxidacion, ora por una especie de fermentacion. En el suelo parecen, sobre todo, favorables las condiciones para el desarrollo de las bacterias oxidantes; las soluciones concentradas y las grandes cantidades de materias orgánicas es cosa probada que aceleran la multiplicacion de las bacterias reductrices, mientras que en los substratos más diluidos que proporcionan de ordinario los terrenos impuros predominan las bacterias oxidantes. Por consiguiente, en la mayoría de los casos observamos el predominio de las oxidaciones por efecto del mayor reparto de los materiales en tenues capas, ó por el intimo contacto del aire, ó por la atraccion de superficie ejercida por el suelo. De aquí resultará una destruccion en extremo rápida y completa de las materias orgánicas. Investigaciones continuas hechas por medio de cultivos puros de bacterias del suelo en condiciones variadas, nos ilustrarán acerca de las fases particulares de las descomposiciones que en él se producen y las varias influencias que sobre ellas pueden obrar.

Además, aun cuando insuficientes, tenemos observaciones sobre la distribucion y la importacion de las bacterias en el suelo. Las bacterias llegan primero á las capas superficiales del suelo por las aguas domésticas, el aire, etc. Por esa razon hallamos en estas últimas el mayor número de bacterias. Las letrinas envían tambien directamente muchos microbios á las capas del suelo que se encuentran á 2 ó 3 metros