

# LOS MICROORGANISMOS VEGETALES, LA MEJOR GARANTIA PARA LA FERTILIDAD DEL SUELO

por el Prof. HERMANN BORTELS

del Inst. Bacteriológico de la Oficina Federal de Biología para la  
Economía Agraria y Forestal, de Berlín-Dahler R. F. A.

Ya antes de nuestra era sabía el agricultor que la fertilidad de su suelo es limitada. Por eso nuestros antepasados dejaban descansar el campo un año o más después de la cosecha para que recuperase su capacidad de producción. Desde la introducción del abono artificial por Liebig esto ya no es necesario y además, con el aumento vertiginoso de la población, no sería ya posible. Las materias nutritivas de que se priva al suelo con la recolección de las cosechas son reemplazadas, de acuerdo con nuestros conocimientos prácticos, por el abono con determinadas sales, asegurándose así una nueva cosecha. La agricultura moderna, necesariamente intensiva, no conoce la pausa de descanso para el suelo. Debe éste producir sin interrupción una cosecha tras otra, y así lo hace. Lo hace *todavía*. Ahora bien, ¿seguirá haciéndolo en el futuro?

Por imposiciones de una explotación económica desde hace mucho nos vemos obligados a cultivar los frutos de nuestro agro, no en abigarrada mescolanza, sino en series de las mismas especies, con unidad de cultivo, lo que en el fondo es antinatural y esencial causa de las muchas plagas que atacan las plantas de nuestros campos. El tan necesario cambio con plantaciones de especies distintas, en virtud del cual sólo al cabo de varios años vuelve a cultivarse la misma planta en el mismo suelo, es practicado menos cada día por razones de simplificación. Además, se abona hoy sobre todo con minerales, es decir, con sales que constan de elementos relativamente escasos. El estiércol de establo, que, en comparación, es un abono orgánico de complicada composición, no está a disposición de quienes practican el moderno cultivo sin el complemento pecuario, con lo que, a pesar del abono con paja, se abastece insuficientemente al suelo de substancia orgánica. Con el empleo de pesadas máquinas se condensa posiblemente en forma complementaria la masa de la tierra labrantía, es obstaculizada su aireación y por todos estos y otros procedimientos modernos es más o menos atenuada la actividad metabólica de los organismos que viven en el suelo. Por razones del consumo cada día más intenso, y de rentabilidad, nos vemos obligados, en creciente medida, a practicar una agricultura que apenas tiene

ya en cuenta la vida del suelo mismo. Constituye, en este sentido, una agricultura realmente antibiológica. Obtenemos, sin embargo, en cuanto las condiciones meteorológicas lo permiten, cosechas de máximo rendimiento y generalmente de buena calidad. ¿No será, entonces, sencillamente superfluo, preocuparse por la biología del suelo?

Para el abono predominantemente mineral, tal como hoy se emplea, se consideraron en un principio suficientes las sales de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, hasta que al fin pudo comprobarse que el suelo, con la producción cada vez más intensiva, queda empobrecido, con rapidez creciente, de otros elementos que hasta entonces no se habían considerado vitales. Estos elementos, que sólo están presentes en magnitudes mínimas, pero de intensa acción, en los organismos vegetales y animales, han debido ser agregados suplementariamente. ¿Quién hubiera pensado hace cincuenta años que en la preparación de los abonos químicos deberían tenerse en cuenta el magnesio, el hierro, el manganeso, el cinc, el cobre, el molibdeno y el boro? Y no tenemos la menor idea de lo que habrá que añadir mañana a estos elementos. Cuando hace unos cuarenta años las cosechas de remolacha azucarera empezaron a disminuir su rendimiento con gran rapidez a pesar de haberse abonado el campo con abundante fertilizante compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio, el buen consejo fue de preciosa utilidad. Sólo pudieron asegurarse las cosechas con una agricultura a base de humus y abundante estiércol de establo. Sólo después de haberse descubierto que el descenso de la producción se debía al descenso del contenido de boro en los suelos se pudieron obtener, con el agregado de boro a fertilizantes pobres en humus, nuevamente saludables cosechas de remolacha. Deberíamos interpretarlo como instructiva experiencia en el sentido de no confiar demasiado en nuestros conocimientos y nuestros éxitos del momento.

En un suelo que contiene un humus suficientemente rico en substancias nutritivas se está a salvo de semejantes sorpresas. Un humus fértil, como el que se forma, por ejemplo, en las tierras negras a base de abonos orgánicos como restos de raíces, fertilizante verde, paja, compuestos, estiércol de establo, etc., propor-

ciona a las plantas —de acuerdo con el ritmo de su descomposición—, en forma lenta, pero constante, y en dosis de mezcla armónica biológicamente, con todos los elementos indispensables de magnitud mínima, las sustancias nutritivas de que es vehículo. No podrán, pues, producirse tan fácilmente excesos de fertilización parcial o graves fenómenos de carencia, incluso en casos de una excesiva fertilización extremada de carácter transitorio con abonos minerales.

Todo esto no basta, sin embargo, para explicar la acción, en los vegetales, del abono orgánico y el humus del suelo. Sabemos hoy que la planta no sólo asimila materia inorgánica: asimila igualmente materia orgánica, incluso de muy complicada composición. Se genera ésta durante la mineralización y humidificación de sustancia vegetal y animal y también durante la lenta descomposición del humus del suelo así generado. Puede ejercer influjo en el metabolismo de las plantas, por ejemplo: fortaleciendo su salud, protegiéndolas contra el ataque de los parásitos y mejorando el sabor de sus frutos. Pero es que el humus no sólo constituye una reserva de sustancias nutritivas y activas necesarias para las plantas superiores, sino que, merced a su tonalidad oscura, almacena un calor muy conveniente para las plantas y es un absorbente que retiene el agua y las sustancias nutritivas, impidiendo su escurrimiento en el subsuelo, inmovilizando sustancias dañinas además, haciéndolas no asimilables por las plantas y por lo tanto inofensivas. Un suelo rico en humus puede también desintegrar estas sustancias más rápidamente con ayuda de los numerosos organismos, de muchas especies, que en él viven, protegiendo así mejor a las plantas de cultivo al estar, en cierto modo, más frecuentemente ligado contra influjos dañinos de las más diversas clases que el suelo puramente mineral.

Con un suficiente abastecimiento del suelo con los abonos minerales corrientes de tipo comercial, con el agregado de estiércol de establo, de paja o de otros abonos orgánicos, se produce su descomposición de modo relativamente rápido, formándose —en determinadas condiciones a que aun nos referiremos— también humus, siendo éste desintegrado luego para transformarse en ácido carbónico. El humus no es, pues, un producto final, sino un producto intermedio, algo más estable en el sostenido flujo de mineralización de lo orgánico a lo inorgánico como acción de los organismos que viven en el suelo. Según las condiciones climáticas, físicas y químicas del suelo, así como de los procedimientos de cultivo, puede formarse más humus que destruirse, es decir: el humus puede ser poco a poco enriquecido o inversamente, la reserva de humus puede hacerse desaparecer lenta o rápidamente.

El tipo de suelo y el clima son también determinantes en lo que se refiere, en cada caso, al humus que se genera. Sin minerales arcillosos, así como con temperaturas relativamente bajas se genera un humus crudo y ácido escasamente descompuesto que eleva tan poco la fertilidad del suelo como el humus generado en suelos muy secos, disminuyendo aun, por el contrario, la fertilidad. Sólo la forma de humus generada a base de complejos de humus arcilloso en suelos bajo condiciones de calor húmedo, ricos en minerales arcillosos y cal, constituye el tipo de humus de los suelos fértiles, el llamado mantillo, el único de que aquí vamos a tratar. Su lenta mineralización es tan necesaria como su propia constitución, a fin de que las sustancias nutritivas que retiene vayan siendo desatadas y puestas a disposición de las plantas con ritmo conveniente. El proceso se desarrolla, en parte, en forma puramente química en virtud de la acción estimulante del manganeso como elemento de magnitud mínima.

Ahora bien, en nuestra consideración sobre el humus del suelo y su significación para las plantas de cultivo el aspecto biológico me parece el más importante. El humus es el producto de todos los seres vivos del suelo y de su acción conjunta. Hacen retroceder a las sustancias orgánicas elaboradas por las plantas verdes con la ayuda de la energía de la luz solar y que en forma de follaje, de paja o estiércol de establo o bien de plantas inertes ya en forma de raíces, por ejemplo, que caen sobre el suelo o penetran en él, a su constitución mineral nuevamente. No ocurre esto de modo fulmíneo, sino a través de numerosas fases sucesivas en las que, a su vez, participan otros organismos. Se generan en este proceso los más diversos productos intermedios que biológicamente pueden ser extraordinariamente activos, como vitaminas, sustancias del crecimiento, venenos y antibióticos, por ejemplo, así como otras sustancias orgánicas activas. Estas pueden ser asimiladas, en parte, por las plantas superiores, influyendo en su vida y desarrollo.

Que entre la planta saludable y los microorganismos del suelo existen íntimos contactos, puede verse en las densas concentraciones de bacterias, incluso, en parte, hongos radiados, en la zona de las raíces de las plantas, así como en las raíces de crecimiento conjunto con determinados hongos y por ellos penetradas, dos fenómenos biológicos del suelo cuya importancia para las plantas de cultivo no ha sido aún totalmente explorada.

En virtud de las transformaciones bioquímicas del suelo se genera también calor. Con las mucosidades de los hongos filamentosos y de los distintos microorganismos y animales, en una especie de estructura-

ción en vivo del suelo, las más menudas partículas son comprimidas en grandes migajones, siendo favorablemente influido de este modo el abastecimiento de agua y la aireación del suelo en bien de las plantas superiores y la mayoría de los microorganismos. Determinados microorganismos y mucosidades microbiológicamente generados tienen la capacidad de penetrar algunos minerales insolubles en agua como fosfatos crudos, haciéndoles accesibles para las plantas superiores como fuente de sustancias nutritivas. Durante todo el proceso de descomposición se genera en forma constante el ácido carbónico indispensable para el desarrollo de las plantas. Un suelo vivo, biológicamente activo, adquiere así al cabo, por los procesos bioquímicos que en él se verifican, la típica estructura suelta del suelo fértil o completo.

En las transformaciones bioquímicas participan sobre todo bacterias, hongos radiados y hongos. Estos microorganismos vegetales son responsables en primer término de que por el otoño y primavera de cada año las más o menos grandes masas caídas de sustancia muerta, como paja, o follaje, desaparezcan casi por completo en un lapso relativamente breve, en pocos meses. Lo que queda son sustancias minerales y sustancias propias del humus.

Además de las bacterias, los hongos radiados y los hongos inferiores, viven en el suelo muchos otros organismos cuyo papel en el acaecer total y cuya significación para la fertilidad del suelo son todavía, en gran parte, desconocidos. Encontramos, por ejemplo, algas, en mayor o menor número y diversidad de especies, verdes, azul-verdosas y algas de guijarros. Las azul-verdosas pueden, como algunas bacterias, retener el nitrógeno del aire, contribuyendo así a nitrogenar el suelo. Para el cultivo del arroz en agua son efectivamente de gran importancia práctica. Las algas de guijarros serían, donde se encuentren en número suficientemente grande, después de muertas, teóricamente aptas, debido a la coraza vacía de guijarros, para elevar la fuerza de retención de agua del suelo. Realmente se las encuentra en mayor número en los suelos muy fértiles que en los menos fértiles.

Es también sabido que no sólo en el suelo de los bosques, sino en el suelo del agro, se encuentran hongos superiores como los llamados de sombrero. Qué especial papel les corresponde aquí en el acaecer biológico, si influyen y en qué medida, positiva o negativamente, en la fertilidad del suelo, no lo sabemos aún con exactitud. Sólo sabemos que algunos disuelven la celulosa de las paredes de las células vegetales, dejando libre la sustancia de maderación, el lignino, que es luego transformado en sustancia de humus.

Muy recientemente se han descubierto en todos los suelos del mundo bacterias especialmente pequeñas

que en el microscopio lumínico se ven como puntitos que se mueven muy rápidamente y que, como parásitos rapaces, atacan y exterminan a las bacterias corrientes de mayor tamaño. La importancia práctica de este novísimo descubrimiento no puede preverse todavía.

De los animales monocelulares del suelo, los protozoarios, no sabemos mucho más que se alimentan, no sólo de sustancia orgánica muerta, sino también de bacterias vivas y que acaso constituyen, como las minúsculas bacterias rapaces que acabamos de mencionar, un importante regulativo.

Debido a la convivencia de numerosos y diversos organismos en el suelo de humus, algunos de los cuales viven en hostilidad con los demás, los devoran o exterminan de otro modo, se consigue que ninguna especie pueda multiplicarse en forma desenfrenada y peligrosa, tampoco el parásito de las plantas superiores.

Con una mejor economía a base de humus y el consiguiente enriquecimiento de la vida del suelo con el aumento de los adversarios naturales de los parásitos de las plantas, podríamos probablemente reducir el tratamiento químico artificial al mínimo necesario, abstracción hecha del también posible procedimiento biológico en cuya virtud el hombre enfrenta un enemigo natural al enemigo de una planta de cultivo.

No deberemos dejar de mencionar aquí otro gran grupo de seres vivos del suelo, pequeños multicelulares como gusanos, pulgas de tierra, ciempiés, arañas, ácaros, etc. Los más conocidos y acaso los más importantes son las lombrices de tierra, con diversas especies en nuestros suelos. Devoran las partes de las plantas ya atacadas por microorganismos, y eliminan los productos de la digestión tras estrecha combinación con los minerales arcillosos de la tierra que tragan. Los excrementos de las lombrices de tierra forman, con mucosidad y microorganismo, los migajones firmes, muy estables y relativamente grandes, característicos de un suelo fértil. Parece así que la mayor parte de los agregados del suelo de diverso tamaño consisten en excrementos de los animalejos multicelulares de diverso grandor. Con ello hacen posible un abastecimiento de agua y aire del suelo o lo mejoran decisivamente. Conjuntamente con los microorganismos vegetales, los hongos y los hongos radiados, los animalejos multicelulares otorgan al suelo su estructura de suelo fértil. Las lombrices de tierra llevan sus conductos tubulares a profundidades de hasta dos metros, con los que aligeran la estructura del suelo, facilitando la más honda penetración de las raíces de las plantas. Al desmenuzar, devorar y mezclar los animalejos en el intestino, las sustancias de desecho con microorganismos y componentes minerales del suelo,

es acelerada esencialmente la descomposición microbiológica de la sustancia orgánica, más exacto: es hecha posible sencillamente.

Trabajan así los microorganismos y los animalejos del suelo en cierto modo mano a mano en la mineralización y humidificación de la sustancia orgánica muerta caída sobre el suelo. El humus generado por su acción es su producto y al mismo tiempo base de nutrición y existencia. Crea condiciones que garantizan física, química y biológicamente a las plantas, a largo plazo, óptimas perspectivas en sus posibilidades de desarrollo. El humus es el vehículo de la llamada vieja fuerza del suelo, que asegura, en alta medida, su productividad y fertilidad. Hay, pues, buenas razones para que nos preocupe esta reserva de energía, su formación y su conservación.

¿Cómo se genera el fértil humus del suelo? Desde los albores de la agricultura es sabido que se forma con las materias de desecho vegetales y animales que en el suelo se pudren. Ahora bien, cómo y por qué verdades se produce, sólo muy recientemente ha sido aclarado, hasta cierto punto, por las investigaciones químicas, microbiológicas y también de zoología del suelo. Las cantidades, mayores o menores, de paja o follaje que la naturaleza hace caer anualmente, constan sobre todo de paredes de células que además de celulosa contienen la sustancia de maderación, el lignino. Con la absorción del oxígeno del aire se transforma esto en sustancias oscuras, del género del humus. Entra perfectamente, pues, en consideración el lignino como sustancia madre del humus. Pero, contrariamente al humus natural, no contiene nitrógeno. El fértil mantillo contiene nitrógeno en proporción 1:10 con el ácido carbónico. Habrá, pues, que presumir complementariamente, que en el lignino o sus elementos fenólicos durante su absorción de oxígeno y transformación en grandes complejos moleculares es insertado nitrógeno en alguna forma. Es lo probable, pero no está demostrado. Las bacterias que viven en la sustancia orgánica caída naturalmente o colocada por el hombre, hongos radiados y hongos, pueden, en determinadas condiciones generar fenoles también que pueden servir de sustancia prima para la síntesis del humus. Para algunos hongos del moho, hongos radiados y bacterias, está demostrado ya. Es elocuente que en los cultivos las sustancias fenólicas, teñidas con hierro de triple valor o que son ellas mismas materias colorantes, sólo se generan por la respiración frenada, durante la que los anillos de ácido carbónico, que incluso químicamente son difícilmente atacables, no son hendidos, pudiendo seguir siendo elaborados. En los ensayos de laboratorio el necesario frenado de la respiración puede lograrse por dosificación bajo lo optimal del fósforo, por ejemplo. Una

vez generados los fenoles, deberá ser ciertamente posible su cuidadosa unión con el oxígeno del aire si ha de lograrse su transformación a través de las respectivas quinonas en sustancia de humus. En este proceso es muy fácil que queden químicamente ligadas otras sustancias, en parte con contenido de nitrógeno. Ahora bien, el proceso se verifica también bajo el influjo de determinados fermentos en la superficie de las correspondientes células de los microorganismos que con fuerte formación de humus mueren finalmente. Las partículas de humus quedan entonces más o menos firmemente ligadas a las células ya muertas de los productores del humus, es decir, ligadas a albúmina. Estaría así dada una esclarecedora explicación para el hecho de que en el humus fértil se encuentren nitrógeno y fósforo en estado de relación recíproca, tal como en la albúmina ocurre. Hasta aquí la aclaración puramente científica del proceso de humidificación que se produce como consecuencia de una respiración parcialmente frenada. Algo parecido ocurre con la formación de la melanina oscura en las células de la piel humana parcialmente lesionadas por la luz ultravioleta.

¿Qué resultados de interés se deducen de aquí para la práctica agrícola y jardinera? Por lo pronto debe cuidarse del constante abastecimiento del suelo con el adecuado material productor de humus, es decir, con suficiente abono orgánico, si ha de formarse humus o por lo menos preservarse por compensación la reserva de humus de que se disponga de la merma natural. En la economía forestal esto no constituye ningún problema, pero sí en la hoy tan tecnificada agricultura con su falta de estiércol de establo. El jardinero deberá atenerse al uso de fertilizantes compuestos. Tampoco debería el agricultor destruir la materia orgánica que caiga, ni quemarla. Deberá, en lo posible, añadiéndole un fertilizante nitrogenado, tras arar la tierra ligeramente o como cubierta sobre el suelo, dejarla pudrirse. Ahora bien, generalmente esto no bastaría. Por eso es tan importante no descuidar el abono verde y la plantación de leguminosas en cambio sucesivo de especies para que también de este modo se abastezca el suelo de sustancia humidificable.

Aquí es atacada por los microorganismos y descompuesta. En un suelo ligero, bien aireado y rico en cal, se producirá una tan violenta respiración de las materias orgánicas que incluso tanto los anillos del carbono como fenoles son hendidos y elaborados en breve plazo hasta formar ácido carbónico. ¿Cómo puede frenarse prácticamente este proceso de modo que se conserven combinaciones anulares de carbono como productos intermedios constantes de la mineralización para la síntesis del complejo del humus?

En el laboratorio el frenado de la respiración necesario para la formación del humus se consigue, del modo más simple, como ya hemos dicho, con la restricción del abastecimiento de fósforo. Claro que esto no es posible en la agricultura práctica. Dadas determinadas condiciones previas es teóricamente posible pensar en una transitoria elevación del nivel del agua del subsuelo o en inundar el terreno y evitar así transitoriamente la respiración de la sustancia orgánica del suelo con oxígeno del aire para favorecer una fermentación sin oxígeno. Pero apenas sería esto posible y sería además un bien tosco procedimiento cuyo éxito no siempre estaría asegurado. Es, en cambio, evitable, el arado demasiado frecuente y profundo que fortalece la respiración del suelo. Evitándolo se podría, en cierta medida, favorecer la formación del humus.

Mucho mejor es aquí dejarlo a la previsión de la propia naturaleza que no en vano ha poblado el suelo de microorganismos vegetales y de innumerables animalejos. Sólo se tratará de que el hombre no destruya este arreglo de la naturaleza, de que le proteja y cuide. En el intestino de estos animales que devoran sobre el suelo y bajo el suelo, los desechos ya atacados por los microorganismos vegetales, se verifica, en las imperantes condiciones más o menos pobres en oxígeno, la lenta elaboración de las sustancias orgánicas en la dirección deseada. Tras estrecha mezcla con partículas inorgánicas del suelo eliminadas nuevamente en los excrementos, los cuerpos fenólicos generados pueden ser unidos en el aire con oxígeno en forma de quinonas y agrupados como sustancias de humus con inclusión de albúmina micro-

biana. Se reconoce esto en el gradual oscurecimiento de los excrementos. El llamado barro de las lombrices de tierra se ha demostrado que es especialmente rico en sustancias nutritivas y en humus y especialmente fértil. Vale esto, en mayor o menor medida, para los excrementos de otros animalejos del suelo. Es, pues, muy importante, proteger y cuidar de los animalejos y microorganismos vegetales de un suelo con conveniente y suficiente abono, tanto orgánico como mineral, es decir, con una nutrición adecuada, procurando además no arar la tierra con demasiada frecuencia y manteniendo una cubierta lo más constante posible de plantas vivas o materia vegetal muerta, a fin de conservar la humedad del suelo vitalmente necesaria. Nos brinda aquí un ejemplo el agro de verdor duradero, donde se da por sí misma una apenas perturbada coexistencia natural. Todos los seres vivos de un suelo en conjunto, tanto los microorganismos vegetales y animales, como los animalejos y las plantas superiores, condicionan y garantizan, como comunidad, la fertilidad del suelo. Y tanto la experiencia práctica como la investigación en el laboratorio lo han demostrado en forma coincidente. La fertilidad o "vieja fuerza" de un suelo es protección eficaz contra daños de la más diversa naturaleza y hace más resistente a las crisis a la agricultura. Vale, pues, la pena, seguir investigando su génesis y su conservación, así como su destrucción, para una aplicación inmediata de los conocimientos logrados y los que se obtengan, si no para aumentar la fertilidad de nuestros suelos, por lo menos para conservarla.

## FRECUENCIA DE LA MUERTE POR ACCIDENTE EN MENORES DE 50

La motorización ha costado a la República Federal de Alemania y Berlín occidental más de 150.000 muertos en diez años. Estas cifras fueron dadas a conocer y discutidas en el 30 Congreso de Accidentología de Francfort.

El Presidente de la sociedad, Prof. Herbert Junghanns, sugirió la fundación de una Academia de esta disciplina, se refirió a la adopción de métodos más eficaces para la previsión de accidentes y expuso la nece-

sidad de una más eficaz organización de los primeros auxilios en el lugar mismo del accidente. Según su opinión y la de otras personalidades, en las clínicas de urgencia de los lugares críticos deberán organizarse secciones especiales de acción inmediata. Los médicos expresaron también la necesidad de estudios intensificados en la especialidad "cirugía de accidentes". Los accidentes en los lugares de trabajo, en los hogares y en el tránsito de vehículos, "ensombrecen el destino de la nación". Así se dijo, literalmente, en Francfort. Los estadísticos han calculado que la muerte por accidente es la causa de muerte más frecuente para hombres menores de 50 años en Alemania.