

Microorganismos del suelo

Benintende, Silvia.; Sánchez, Cecilia

1. BACTERIAS

Aunque son numerosas, debido a su pequeño tamaño, sólo representan menos de la mitad de la biomasa microbiana total.

La abundancia se puede medir por medio del conteo en placas o estimando, a través de microscopía directa (10^8 a 10^{10} bacterias/g de suelo).

Las bacterias del suelo pueden clasificarse en dos grandes grupos:

➤ **Especies nativas o autóctonas:** están presentes en el suelo y su número se mantiene aproximadamente constante, con excepción de aquellas nativas denominadas "zimógenas" por Winogradsky, que proliferan ante el agregado de un sustrato específico.

➤ **Especies alóctonas:** a diferencia de las anteriores, no participan activamente en las funciones bioquímicas de la comunidad. Llegan al suelo con las precipitaciones, en tejidos enfermos, aguas negras.

Se pueden agrupar las bacterias del suelo por grupos funcionales, siendo ésta la forma más importante desde el punto de vista agronómico, en :

➤ Bacterias **amonificadoras:** descomponen las sustancias orgánicas nitrogenadas y las transforman en amonio o en sales amoniacales.

➤ Bacterias **nitrificadoras:** oxidan el amoníaco hasta nitrato.

➤ Bacterias **fijadoras de nitrógeno:** toman el N atmosférico (N_2) y lo transforman en compuestos aprovechables por los vegetales.

➤ Bacterias **celulolíticas:** degradan la celulosa. Es el grupo más numeroso por ser este compuesto el más abundante en los residuos vegetales

➤ Bacterias **pectinolíticas:** degradan la pectina y sus derivados.

El género más abundante es *Arthrobacter*.

Actinomicetes

Son bacterias (células procariotas) que se parecen a los hongos por tener micelio aéreo ramificado. Las colonias pueden ser pulverulentas o consistentes.

Están distribuidos en diversos hábitats: estiércol, fango, etc. Se encuentran en distintas profundidades y son casi tan abundantes como el resto de las bacterias. Son aeróbicos y menos sensibles a la sequedad que éstas.

Son heterótrofos, entre otras sustancias, utilizan la quitina como fuente de carbono. En general son saprófitos. Suelos ricos en materia orgánica les benefician por el carbono aprovechable. Su actividad también se ve favorecida por la presencia de restos vegetales, estiércol, y derivados proteicos.

No tienen gran capacidad competitiva, por lo que escasean relativamente en las etapas iniciales de la descomposición de los vegetales. Su densidad y actividad se incrementan en la etapa final de la degradación, luego de actuar hongos y bacterias, cuando los nutrientes se van haciendo limitantes y la presión de los competidores disminuye. La densidad varía entre 10^5 y 10^8 en suelos templados. El género más abundante es *Streptomyces*.

Producen metabolitos antimicrobianos entre ellos 50 antibióticos de uso común.

Cianofíceas

Estas bacterias son capaces de fotosintetizar y fijar N_2 . Estas características les permiten actuar de colonizadoras en materiales originales.

Pueden tener gran importancia en arrozales inundados. Cuando el pH es superior a 6 y el nivel de fósforo alto, en los suelos inundados predominan afloramientos de cianofíceas, generalmente pertenecientes a los géneros *Anabaena*, *Nostoc*,

Oscillatoria y *Calothrix*. Estos microorganismos aportan oxígeno y nitrógeno al arrozal. También aportan estimulantes de crecimiento. Algunas de estas especies pueden utilizar nitrógeno molecular constituyéndose como fijadores libres de nitrógeno (*Anabaena*, *Nostoc*, *Chroococcus*, *Oscillatoria*). El aporte de oxígeno proveniente de la fotosíntesis suele ser de gran importancia debido a los requerimientos de las raíces sumergidas.

2. ALGAS

Su abundancia en el suelo es menor que la de las bacterias, hongos y actinomicetes. Las algas son autótrofas. Usan la luz como fuente de energía, toman CO₂ del aire y obtienen agua y minerales del suelo. Poseen clorofila, aunque a veces se encuentre enmascarada por otros pigmentos. Algunas están adaptadas a la vida a mayor profundidad y son heterótrofas o autótrofas facultativas, es decir que pueden metabolizar una variedad de hidratos de carbono (almidón, sacarosa, glucosa, etc.), obteniendo la energía de la oxidaciones del carbono orgánico.

Las algas, pobremente adaptadas a la heterotrofia, no son buenas competidoras frente a bacterias y hongos, por lo que su contribución a las reacciones biológicas es mínima. En realidad la principal función de las algas de hábitats terrestres es la generación de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas a través de la fotosíntesis, incrementando la cantidad de carbono orgánico. Esto es de suma importancia en la colonización de áreas desnudas, estériles o suelos erosionados.¹ La materia orgánica de las algas propicia el desarrollo de bacterias y hongos (colonizadores secundarios), que al producir descomposición y ácidos orgánicos favorecen la intemperización de la roca (principio de formación de un suelo).

Existen muchas especies adaptadas a cambios ambientales, persistiendo en suelos alcalinos y desérticos, regiones alpinas, etc.

Son susceptibles a los herbicidas y al ataque de algunos protozoos, nemátodos, ácaros y lombrices.

Viven en la superficie del suelo o a escasa profundidad, sólo los autótrofos facultativos viven en capas inferiores, pero su crecimiento es limitado.

En la superficie del suelo su número varía entre 100 y 50.000 / g de suelo. Por debajo de la superficie no suelen encontrarse valores superiores a 10.000 / g de suelo. La biomasa varía entre 7 y 300 kg. / ha.

En climas templados predominan clorófitas y diatomeas.

3. HONGOS

Los hongos, aunque no son los organismos más importantes del suelo, aportan una parte significativa de la biomasa, debido a su gran tamaño. Además son los principales agentes de descomposición en ambientes ácidos.

En contraste con las bacterias, los hongos pueden diferenciarse en forma efectiva en base a su morfología. Poseen un micelio ramificado formado por hifas independientes, septadas o no, y diversas estructuras reproductivas que pueden formar esporas sexuales o asexuales. Muchos géneros forman estructuras de resistencia (o de supervivencia) que les permite soportar períodos de condiciones adversas

¹ Son pioneras en áreas áridas o desnudas. Suelen aparecer en grandes masas en suelos erosionados o después de un incendio.

relativamente largos. En medio de cultivo el micelio suele ser incoloro y las esporas coloreadas.

Todos los hongos son heterótrofos y una de las principales actividades es la degradación de moléculas complejas. Utilizan como fuente de carbono el almidón, pectina, disacáridos, celulosa, ácidos orgánicos, lignina (difícil de degradar por bacterias). Toman el nitrógeno del amonio o nitrato, pero también de proteínas, ácidos nucleicos, etc. Por ser heterotróficos dependen de la disponibilidad de sustratos carbonados oxidables. Al incorporar sustratos carbonados se incrementa la comunidad y también varía el dominio relativo de géneros como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Trichoderma*. Algunas especies abundan durante el período inicial de descomposición y luego disminuyen notablemente, mientras que otras mantienen niveles elevados durante más tiempo.

En general son aerobios por lo que se encuentran en la capa más superficial del suelo. Sin embargo algunos pueden resistir un período de anegamiento largo y cuando el terreno es drenado se desarrollan rápidamente. Algunos hongos que se encuentran en los estratos inferiores del perfil lo hacen gracias a una relativa insensibilidad al CO₂, mas que por su capacidad de proliferar a bajas presiones de O₂.

Su actividad también se ve regulada por otros factores:

- algunos géneros están asociados a ciertas comunidades vegetales,
- la presencia de inhibidores en el suelo que impiden la germinación de las esporas de algunos géneros. Efecto conocido como *fungistasis*.

La población fúngica varía de 20.000 hasta 10⁸ propágulos fúngicos / gramo de suelo, considerando el propágulo como una espora, hifa o fragmento de hifa capaz de dar origen a una colonia sobre medio de cultivo. ² Teniendo en cuenta la longitud de las hifas (10, 100 hasta 1000 m / g) y un peso estimado entre 500 y 5000 kg / ha de suelo superficial, los filamentos constituyen una parte significativa de la masa del suelo, aunque gran parte de las hifas no sean viables.

En cuanto a sus características ecológicas, algunos parasitan plantas (hongos fitopatógenos), otros son predadores de protozoos y nemátodos, muchos son saprófitos. Una relación importante es aquella que ocurre entre raíces de plantas superiores y hongos *micorrízicos* (simbiosis).

4. VIRUS

Son agentes ultramicroscópicos que dependen para su desarrollo de la presencia de un hospedante adecuado o específico. Debido a ello se ha clasificado a los virus de acuerdo al hospedante.

Existe un grupo de virus parásitos de plantas (virus fitopatógenos), otro de animales y otro de microorganismos. Entre estos últimos se pueden citar los bacteriófagos, actinófagos y otros que parasitan hongos, levaduras, algas y protozoarios.

- El grupo más estudiado de los virus que parasitan a los habitantes del suelo es el de los *bacteriófagos*. Morfológicamente presentan, por lo general, estructuras semejantes a una cabeza y una cola. Luego de la entrada del bacteriófago a la célula y de su posterior reproducción en su interior, ocurre la lisis.

² Suele hacerse recuentos en placa, con un medio agarificado adecuado al que se le agrega agentes bacteriostáticos como penicilina, estreptomycin, etc., para inhibir bacterias y actinomicetes. Los resultados deben interpretarse con mucho cuidado, pues las colonias pueden provenir de esporas o de pedazos de micelio que se van fragmentando al agitar la suspensión de la muestra. Mediante este método se estima la presencia de hongos en el suelo.

Se han encontrado virus específicos de diversos géneros: *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Rhizobium* y en actinomicetes como *Nocardia* y *Streptomyces*. Los bacteriófagos nunca son muy abundantes como para limitar poblaciones.

- Entre los virus que parasitan hongos, se observaron virus que producían enfermedades y eran transmitidos desde el micelio infectado a las hifas cercanas. Se han encontrado virus en especies de *Aspergillus*, *Boletus*, *Mucor*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, y otros. Morfológicamente son distintos a los bacteriófagos, pues no tienen estructuras en forma de cola. Los virus en los hongos pueden no producir daños apreciables o por lo contrario, ocasionar el crecimiento anormal de las hifas e inducir a la formación de cuerpos fructíferos anormales y provocar la pérdida de viabilidad.

Los virus que parasitan cianófitas son semejantes a los bacteriófagos. Se los denomina generalmente cianófagos. Se los encuentra en ríos, lagos, estanques y aguas salobres. Sus hospedantes pertenecen a los géneros *Anabaena*, *Nostoc*, *Microcystis* y *Oscillatoria*.

Los virus fitopatógenos pueden persistir en el suelo hasta la siguiente estación de cultivo.

Es posible, aunque aún no se sabe con seguridad, que los virus que parasitan insectos de suelo puedan llegar a limitar poblaciones.

5. PROTOZOARIOS

Son protistas unicelulares, eucarióticos, cuyo tamaño varía entre 5 y 100 μ y 1 o más centímetros. Están emparentados con algas y hongos. En general carecen de pared celular verdadera.

Todas las especies terrestres son microscópicas y en general no tienen clorofila.

Algunos son fotosintéticos emparentados con las algas. La mayoría son saprófitos, alimentándose de sustancias solubles orgánicas e inorgánicas, o fagótrofos, alimentándose directamente de microorganismos o partículas. Este último tipo de nutrición predomina en el suelo. La partícula ingerida es encerrada en una vacuola donde se produce su digestión, pues el protozoo puede fabricar todas las enzimas necesarias. Tienen selectividad respecto a la presa. Consumen cocos, bacilos y algunas algas, pero no *Clostridium*, ni esporas de bacterias y hongos, ni tampoco hifas. Cuando hay poca disponibilidad de células se enquistan, pero la presencia de ciertas bacterias en la cercanía favorece el desenquistamiento.

Son abundantes en los 15 cm superiores del suelo. La abundancia de bacterias y las fertilizaciones ejercen un efecto benéfico sobre los protozoos.

Los flagelados soportan poca humedad. Se los ha encontrado en el desierto del Sahara. Por lo contrario, los ciliados necesitan mucha humedad. Si el agua es limitante se enquistan. En general son aerobios, hay algunos microaerófilos y unos pocos anaerobios.

Normalmente varían entre 10.000 y 100.000 / g de suelo, pero pueden llegar a cifras extremas de 300.000.

Regulan el tamaño de las poblaciones microbianas. Existe un equilibrio aún no explicado. Permiten que se desarrollen bacterias competidoras, al ir eliminando a la población que más se desarrolla. También pueden vivir en medios libres de microorganismos, lo que indicaría que pueden intervenir en la descomposición de restos vegetales.

Rizósfera

Los microorganismos del suelo mantienen un equilibrio inestable. Cuando se introducen plantas en el suelo, las raíces liberan células y sustancias al medio (proteínas, aminoácidos, hormonas, etc.) sobre las cuales pueden desarrollar los microorganismos. En 1904 Hittner definió la **rizósfera** como la parte del suelo donde el sistema radical induce la proliferación microbiana. Esta región, comprende entre 1 – 2 mm de suelo a partir de la superficie de la raíz. (Algunos autores consideran que el efecto puede extenderse hasta 4 mm). En esta zona se distinguen Endorrizósfera (zona de tejido cortical donde pueden proliferar los microorganismos), Rizoplano (superficie radical) y suelo rizosférico. (Figura 1)

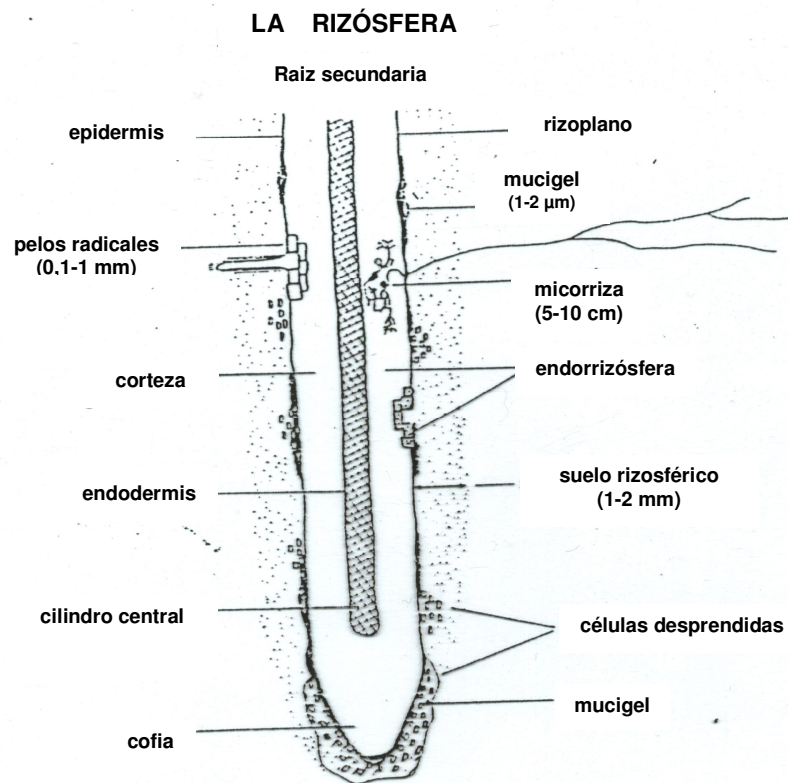


Figura 1: Esquema de la rizósfera.

Existe un efecto recíproco entre la planta y los microorganismos ya que estos a la vez estimulan la secreción por parte de la raíz.

El efecto de la rizósfera se mide a través del coeficiente rizosférico (R/S) que representa la proporción de microorganismos en esta zona en relación con el suelo no rizosférico.

La estimulación en esta zona es diferencial ya que no todos los grupos fisiológicos se ven beneficiados. En general los microorganismos más exigentes en factores de crecimiento son los que proliferan en mayor proporción. (Bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, etc.)

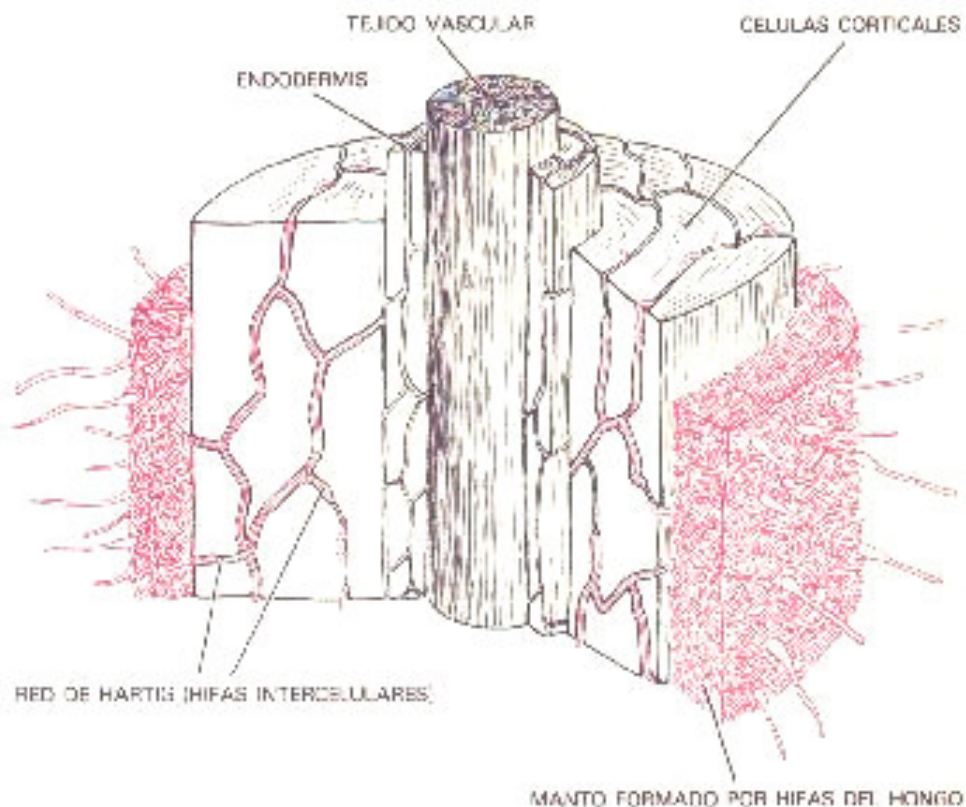
El efecto rizosférico varía según la especie vegetal, el estado fenológico (en la mayoría el efecto más importante está en la etapa de floración), etc.

Hongos de la raíz: Micorrizas

Las micorrizas son simbiosis mutualísticas entre hongos y raíces de plantas superiores. La planta suministra al hongo fuentes de carbono procedentes del producto de la fotosíntesis, como así también un nicho ecológico protegido de los fenómenos de antagonismo microbiano en la rizósfera. Por su parte el hongo participa en la nutrición de la planta, ya que las hifas del hongo se desarrollan en la raíz y emergen de ella explorando sitios del suelo permitiendo la traslocación de nutrientes (especialmente fósforo) y agua.

Las micorrizas se clasifican sobre la base de su estructura y morfología en dos grandes grupos: **ectotróficas** (figura 2), y **endotróficas**.

Las primeras se caracterizan porque el hongo posee micelio tabicado y forma un manto de hifas que rodea la raíz. El desarrollo del hongo en el interior de la corteza es intercelular, dando un aspecto de red (red de Hartig). Estas micorrizas son típicas de



ECTOMICORRIZAS o micorrizas formadoras de manto. Se caracterizan porque el hongo que las origina se desarrolla en la superficie de la raíz formando un auténtico manto de hifas que la cubren. En el interior de la raíz (corteza) el hongo se desarrolla intercelularmente constituyendo la red de Hartig, tal como se observa en este esquema de un corte transversal de una ectomicorriza. Aproximadamente un 3 por ciento de las plantas superiores forman este tipo de micorrizas, siendo la mayoría especies de interés forestal, entre las cuales merece la pena destacar: pino, abeto, ahornal, haya, roble, eucalipto, etcétera.

cultivos forestales (familias: Pináceas, Betuláceas, Fagáceas, etc.)

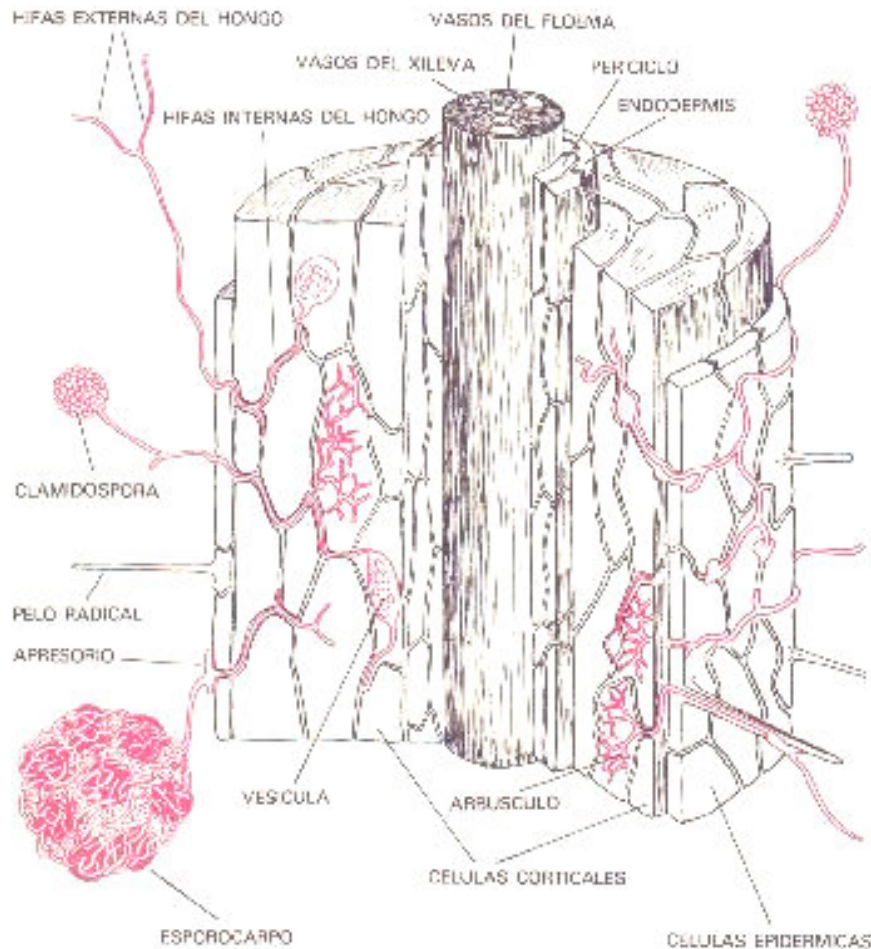
Figura 2: Ectomicorriza. Extraído de "Micorrizas" Rev Investigación y Ciencia 47:8-16. 1980

En las endotróficas, el hongo no forma manto sobre la raíz, y las hifas penetran en el interior de las células de la corteza. Dentro de este grupo se destacan como las más

difundidas las micorrizas de tipo **vesículo - arbusculares (VA)** (figura 3), ya que esta simbiosis ha sido encontrada en la mayoría de los climas, formándolas la mayoría de las plantas de interés agrícola e industrial. Entre las familias de plantas en las que no se han encontrado micorrizas VA, se pueden citar:

- Pináceas, Betuláceas y Fagáceas, que forman micorrizas con manto (ectomicorrizas)
- Orquidáceas y Ericáceas, que forman tipos específicos de micorrizas
- ciertas familias descriptas como no micorrizables, tales como Quenopodiáceas, Crucíferas, Ciperáceas, Urticáceas.

Figura 3: Micorriza vesículo-arbuscular. *Extraído de "Micorrizas" Rev Investigación y Ciencia 47:8-16. 1980*



MICORRIZAS VESÍCULO-ARBUSCULARES: constituyen el tipo de micorrizas más ampliamente distribuido en la naturaleza, ya que las forman, aproximadamente, el 96 por ciento de las plantas existentes sobre la Tierra, entre las que se encuentran especies de gran interés agrícola e industrial. No forman manto externo de hifas y se desarrollan en el interior de la raíz. Inter e intracelularmente, dando lugar a los elementos morfológicos típicos de esta infección: los arbuscúlos y las vesículas. En el esquema se muestra un corte longitudinal de una micorriza VA, en el cual se aprecian los mencionados elementos.

El nombre de estas micorrizas se debe a que forman arbuscúlos, por la ramificación dicotómica de hifas intracelulares. Posteriormente, se forman las vesículas que son estructuras ovoides que contienen material lipídico (órganos de reserva).

Los hongos productores de este tipo de micorrizas se agrupan en cuatro géneros: *Glomus*, *Sclerocystis*, *Gigaspora* y *Acaulospora*, ninguno de los cuales ha podido ser aislado en cultivo puro.

Las micorizas VA estimulan el crecimiento, desarrollo y nutrición de las plantas especialmente en suelos de baja a moderada fertilidad. Los estudios demuestran que mejoran substancialmente la absorción de agua y nutrientes, especialmente el fósforo. El mecanismo propuesto para explicar la mayor capacidad de absorción de P por parte de la planta se basa en que las micorizas proporcionan una superficie de absorción adicional. Las hifas del hongo, se extienden más allá de la zona de agotamiento de los nutrientes que rodea la raíz, de tal manera que las hifas externas del hongo permiten a la raíz incrementar su superficie de absorción y explorar un volumen de suelo superior al que pueden utilizar las plantas no micorizadas (figura 4).

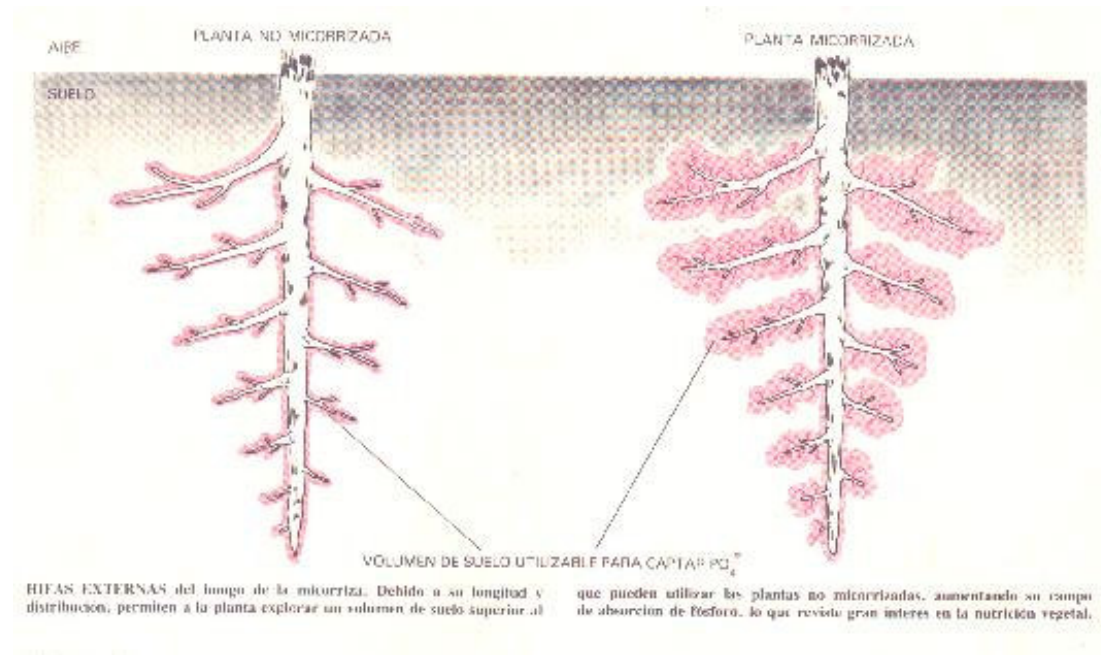


Figura 4: Comparación entre sistemas radiculares de plantas micorrizadas y no micorrizadas. Extraído de "Micorizas" Rev Investigación y Ciencia 47:8-16. 1980

Entre los factores ecológicos que pueden afectar el desarrollo y actividad de las micorizas se destaca la fertilización fosfatada y nitrogenada del suelo.

Existen ciertas especies de plantas que son más dependientes de las micorizas que otras, en cuanto a la necesidad de estar micorrizadas para lograr el máximo crecimiento y rendimiento a un nivel dado de fertilidad del suelo. Entre las especies altamente micorriza-dependiente se pueden citar las plantas con alta demanda de fósforo (leguminosas) o pobre sistema radicular (cebolla), como también las especies pertenecientes al género Citrus.

Estudio de los microorganismos del suelo

Para estudiar la ocurrencia y desarrollo de los microorganismos en el suelo se puede recurrir a diferentes métodos. Algunos de los cuales detallaremos a continuación.

Observación microscópica directa.

➤ **Forma y ordenamiento de los microorganismos "in situ"**

Este tipo de estudios permite establecer la distribución de los microorganismos en relación con los agregados de suelo, partículas de materia orgánica, raíces de las plantas.

Uno de los métodos más antiguos consiste en la introducción de un portaobjeto en la tierra y su posterior observación, previa tinción con colorantes adecuados (ácidos, anticuerpos fluorescentes).

Se han empleado también cortes finos de suelo para alcanzar este objetivo.

➤ **Recuento de microorganismos del suelo**

Para ello se preparan suspensiones de suelo. Una cantidad determinada de la suspensión se distribuye en una superficie conocida de un portaobjeto. Luego de coloreado se observa y recuenta al microscopio. Se puede calcular la cantidad de microorganismos por gramo de suelo. (Si se realizan las mediciones necesarias se puede calcular el biovolumen y con la densidad media de los microorganismos establecer la biomasa microbiana estimada).

Actividad biológica del suelo

Las actividades de los microorganismos que se miden son metabólicas y enzimáticas.

➤ **Actividad metabólica**

La actividad metabólica que se ha medido con más frecuencia es la actividad respiratoria, la cual puede estimarse a través del consumo de O_2 o la producción de CO_2 . La medición más frecuente es la de producción de CO_2 a través de su absorción en álcali y posterior titulación. Cabe destacar que al medir CO_2 se incluye la actividad microbiana de fermentación y la estimación se disminuye por acción de los organismos autótrofos. (En condiciones normales de aerobiosis tanto la actividad autotrófica como la de fermentación se consideran despreciables frente a la respiración).

➤ **Actividad enzimática**

La evaluación de las actividades enzimáticas en el suelo ha sido muy diversa dependiendo del objetivo del estudio. Existen numerosos trabajos en los que se ha medido: actividad sacarolítica, amilolítica, lipolítica, celulolítica, lignolítica, etc. Otras enzimas que pueden cuantificarse son la ureasa, proteasa, fosfatasa, deshidrogenasa. La cuantificación de esta última enzima es una medida indirecta de la actividad respiratoria de un suelo.

➤ **Actividades degradativas**

En algunos estudios se pretende evaluar la velocidad de degradación de un determinado sustrato. Para ello se suele agregar el sustrato y se mide la aparición del producto. En otros casos se mide la velocidad de aparición de los productos a partir de la degradación de la materia orgánica del suelo (ej: mineralización de compuestos

orgánicos nitrogenados que son degradados y entre los productos finales se encuentran el NH_4^+ y NO_3^- , que se pueden medir)

Recuento microbiano mediante su cultivo

➤ Recuento poblacional

Microflora Total es una técnica que en los estudios microbiológicos de suelo tuvo mucha difusión. La misma consiste en realizar recuento de viables en suspensiones de suelo sobre un medio general para que desarrolle la mayor cantidad de microorganismos presentes. Los medios más frecuentemente utilizados son: Agar Extracto de Levadura Glucosado y Agar Extracto de Suelo. Estos medios son los que dan los mejores recuentos. Aún utilizando estos medios nunca se logra recontar la totalidad de los microorganismos presentes. Solo se puede estimar entre un 1 a un 10% de lo obtenido en recuento microscópico directo. Las algas, los quimoautótrofos y muchos otros no desarrollan. A su vez desarrollan pocos hongos ya que estos son inhibidos por el desarrollo bacteriano. Para realizar un recuento de hongos se utiliza un medio selectivo para ellos como es el Agar Rosa de Bengala Estreptomycinina.

➤ Recuento de Grupos funcionales

Se define a los Grupos funcionales o fisiológicos del suelo como grupos de microorganismos que en el suelo cumplen una determinada función. Por ejemplo el grupo de celulolíticos incluye microorganismos que no están emparentados taxonómicamente pero tienen en común su capacidad de degradación de la celulosa.

Para su determinación se emplean medios selectivos. A menudo se usan medios que usan sílico gel como solidificante, el que se impregna de los nutrientes necesarios para el grupo funcional que se desea hacer desarrollar.

Hay ciertos grupos fisiológicos que no se desarrollan formando colonias visibles sobre un medio sólido. Para estos se utilizan los recuentos por NMP (Número Más Probable) en medios líquidos y su determinación se realiza por agregado de un reactivo.

Estimación de biomasa microbiana

➤ Biomasa microbiana por Fumigación-incubación

Una de las determinaciones que en los últimos años ha tenido gran difusión en la investigación relacionada a la población microbiana global de un suelo es la de Biomasa Microbiana. Esta consiste en aplicar la acción de un fumigante (cloroformo) a una porción de suelo y luego reinocularlo; finalmente se mide la cantidad de CO_2 que se produce a partir de la muestra. La masa microbiana se estima por la relación que existe entre el CO_2 producido en las muestras fumigadas y en otras que no se le aplica fumigación. En las muestras fumigadas hay una extramineralización de la materia orgánica provocada por la descomposición de los microorganismos muertos por acción del fumigante.

Como aditamento de esta técnica se puede estimar la porción de N y P contenido en la masa de microorganismos

➤ Medición de ATP

El empleo de la medición de ATP como estimador de la masa microbiana se fundamenta en que este compuesto está relacionado a células vivas, ya que cuando se libera al suelo es degradado muy rápidamente. Para estimarlo se realiza una separación de los componentes sólidos del suelo y se combina con una enzima que en

presencia de ATP emite luz. La intensidad de la luz emitida es medida en un luminímetro. (Cuanto mayor luz es emitida hay más cantidad de ATP y por lo tanto mayor masa microbiana).

➤ **Respiración inducida por incorporación de sustrato**

Esta metodología consiste en medir la cantidad de CO₂ producido por la respiración en una muestra de suelo inmediatamente después de la incorporación de un sustrato fácilmente descomponible (generalmente se emplea la glucosa). Generalmente se realiza la medición dentro de las tres horas posteriores a la incorporación del sustrato. Dada las pequeñas cantidades de CO₂ que se miden debe realizarse con equipos como un cromatógrafo de gases, un analizador de gases o un medidor de CO₂ por absorción de luz infrarrojo.

Bibliografía

- ALEF, K. & NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Great Britain. Academic Press. 1995. 576 pag.
- ALEXANDER, M. *Introducción a la microbiología del suelo*. México. AGT Editor. 1980. 491 pag.
- AZCON GONZALES DE AGUILAR, J. *Fertilizantes microbianos: Interacciones de Rhizobium y hongos de las micorrizas V-A en la formación y eficiencia de sus respectivas simbiosis con leguminosas*. Universidad de Granada. 1980. (Tesis Doctoral)
- BLACK, C. ; EVANS, D.; WHITE, J.; ENSMINGER, L. & CLARCK, F. Eds. *Methods of soil analysis Part II: Chemical and Microbiological properties*. USA. ASA. 1965. p: 771-1572 (Nº9 Agronomy)
- CARDOSO, E.; TSAI, S. & NEVES, M. *Microbiología de Solo*. Campinas (S.P.). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1992. 360 pag.
- FRIONI, L. *Ecología microbiana del suelo*. Montevideo. Universidad de la República. 1990. 323 pag.
- FRIONI, L. *Procesos microbianos. Tomo I*. Río Cuarto. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. 1999. 282 pag.
- FRIONI, L. *Procesos microbianos. Tomo II*. Río Cuarto. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. 1999. 286 pag.
- JENKINSON, D. & POWLSON, D. The effects of biocidal treatment on metabolism in soil. A methods for measuring soil biomass. *Soil Biol. and Bioch.* 1976. 8: 209-213.
- LYNCH, J. *Soil biotechnology. Microbiological factors in crop productivity*. London. Blackwell Sc. Publications. 1983. 191 pag.
- PAUL, E. & CLARK, F. *Soil Microbiology and Biochemistry*. USA. Academic Press. 1989. 275 pag.
- TATE, R. *Soil Microbiology*. USA. Wiley & Sons Inc. 1995. 398 pag.