



¿QUE SON Y QUE ROL JUEGAN LOS MICROORGANISMOS EN EL AMBIENTE Y EN LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS?

Gabriela Di Barbaro⁽¹⁾

Susana Pernasetti⁽¹⁾

Marta Jorratti de Jiménez⁽²⁾

⁽¹⁾Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa

⁽²⁾ Cátedra de Morfología Vegetal - Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa

Los MICROORGANISMOS constituyen un grupo amplio y diverso de organismos microscópicos que existen como células aisladas o asociadas ((bacterias, virus, hongos, levaduras, algas, etc.) que miden 0,5-1 por 2-5 micrómetros ($\mu\text{m.}$) -el micrómetro es una unidad de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro-, y son capaces de realizar sus procesos vitales tales como crecimiento, generación de energía y reproducción, independientemente de otras células.

Resulta común suponer que como los microorganismos son tan pequeños que su biomasa en la Tierra también debe ser pequeña en comparación con la biomasa de los organismos superiores. Sin embargo, cálculos detallados sobre el número total de células microbianas en la Tierra, concretamente sobre el número total de bacterias, indican que este número es

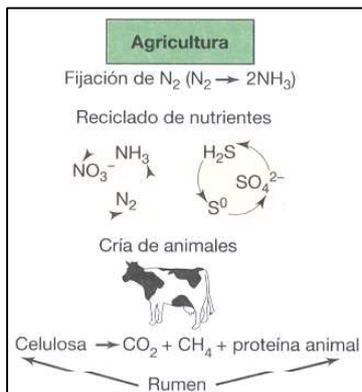
del orden de 5×10^{30} células. La cantidad total de carbono que está presente en este número tan grande de células, equivale al de todas las plantas de la Tierra, mientras que el contenido total de nitrógeno y fósforo en estas células es diez veces mayor que la de toda la biomasa vegetal. Por tanto, las bacterias, por pequeñas que sean, *constituyen la mayor porción de biomasa sobre la Tierra* y son reservas de nutrientes esenciales para la vida. La mayor parte de la biomasa de nuestro planeta es microbiana.

Las propiedades de un ecosistema están controladas en gran parte por las actividades microbianas. Los organismos obtienen los nutrientes del medio por sus procesos metabólicos y los usan para formar nuevas células. Al mismo tiempo, los organismos eliminan al medio los productos de desecho de su metabolismo. Así, con el tiempo, un ecosistema microbiano puede cambiar gradualmente, tanto desde un punto de vista físico como químico.

- ④ ¿Cómo impactan los microorganismos en las actividades humanas?
- ④ Los microorganismos y la fertilidad de los suelos
- ④ Los microorganismos como agentes geoquímicos
- ④ Los microorganismos y la fertilidad de los suelos
- ④ Los microorganismos promotores del crecimiento de las plantas
- ④ Fijación biológica del nitrógeno atmosférico. *azospirillum*
- ④ Fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico. *rhizobios*.
- ④ Asociación micorrítica. micorrizas
- ④ Conclusiones

¿CÓMO IMPACTAN LOS MICROORGANISMOS EN LAS ACTIVIDADES HUMANAS?

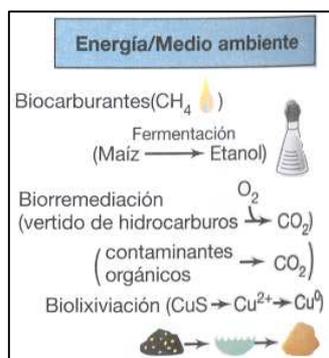
Generalmente se asocia a los microorganismos con las enfermedades infecciosas, pero, si bien un grupo pequeño de ellos son agentes etiológicos de enfermedades, la mayoría no son perjudiciales para el hombre y por el contrario, son beneficiosos y llevan a cabo procesos de enorme valor para la sociedad.



La agricultura depende, en muchos aspectos, de las actividades microbianas. Cultivos de gran importancia actual, como la soja, el alfalfa, el poroto, entre otros, pertenecientes a un grupo de plantas llamadas *LEGUMINOSAS*, viven en estrecha asociación con bacterias específicas, alojadas en ciertas estructuras conocidas como nódulos, que se forman a nivel radicular. En estos nódulos radicales, el nitrógeno atmosférico (N_2) que no puede ser aprovechado en forma directa por las plantas, es tomado por las bacterias y convertido, por fijación, en compuestos nitrogenados que las plantas sí pueden utilizar para sus procesos de crecimiento. De este modo, las actividades de las bacterias contenidas en los nódulos de las raíces, generan compuestos nitrogenados naturalmente y reducen la necesidad de utilizar fertilizantes costosos.

Son también esenciales en el proceso digestivo de los rumiantes, (vacas y ovejas, entre otros). Estos animales poseen un órgano digestivo llamado rumen, donde los microorganismos contenidos en el mismo son los responsables de realizar el proceso digestivo. Sin su presencia, los animales no podrían digerir su alimento y, por tanto, no podrían desarrollarse sobre sustancias tan pobres en nutrientes como el pasto y el heno.

Por otra parte, desempeñan un rol importante en el reciclado de elementos indispensables para la nutrición vegetal, en particular del carbono, el nitrógeno y el azufre. Tanto en el suelo como en el agua, existen grupos microbianos que convierten los residuos orgánicos y liberan estos elementos en formas asimilables para las plantas. No obstante su importancia, también existen otros grupos que son perjudiciales para la agricultura, principalmente causales de enfermedades microbianas de animales y plantas (hongos, virus y bacterias), que tienen un importante impacto económico.



Existen microorganismos que tienen una gran importancia en la industria alimenticia, ya sea por sus beneficios en la fabricación o bien por perjuicios principalmente asociados a la conservación. Muchos productos lácteos, fundamentales en las dietas nutricionales actuales, se manufacturan a partir de cepas microbianas específicas, tales como el queso, el yogurt, manteca, etc. De modo similar la col ácida, los pepinillos (chucrut) deben sus propiedades a los microorganismos. Los



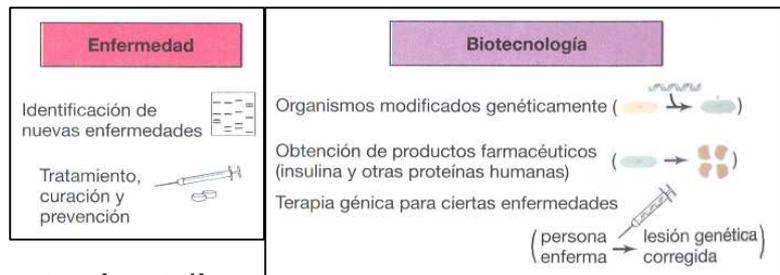
alimentos de panadería se elaboran usando levaduras. Las bebidas alcohólicas también son productos de las levaduras. Como se observa, son productos de gran valor económico.

Pero también son los grandes responsables del deterioro de los alimentos, ocasionando no solo pérdidas económicas si no también serios perjuicios en la salud. Las industrias del enlatado, congelado y desecado libran duras batallas para garantizar la calidad y salubridad de los alimentos, protegiéndolos de la acción nociva de los microorganismos.

Es conocido el accionar de las bacterias en la producción de energía. La mayor parte del gas natural (metano) proviene de la actividad de las bacterias metanogénicas. Muchos microorganismos utilizan la luz como fuente de energía para la producción de biomasa, es decir, energía acumulada en las estructuras mismas de los organismos vivos. La biomasa microbiana y los materiales de desecho, como la basura doméstica, los excedentes de cosechas y los residuos animales pueden ser convertidos en "biocombustibles", como el metano y el etanol, por la descomposición de los tejidos orgánicos mediante el accionar de grupos bacterianos anaeróbicos.

Las prácticas agrícolas que se han desarrollado en las últimas décadas para conseguir un aumento de la producción, mediante el uso de fertilizantes químicos, han conducido a la contaminación de los suelos y han causado graves problemas de eutrofización en las aguas subterráneas y superficiales (ríos y lagos) con grave repercusión sobre la salud humana.

El avance de la ciencia y la tecnología moderna genera nuevos y variados usos microbianos para ayudar en la lucha contra la contaminación planetaria, mediante un proceso denominado BIORREMEDIACIÓN.



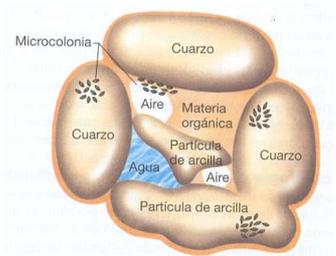
Hay microorganismos que se alimentan de petróleo, cierto tipo de disolventes, pesticidas y otros variados productos tóxicos fuertemente contaminantes del ambiente. La enorme diversidad de microorganismos existentes en todos los ecosistemas del planeta permite disponer de material genético muy promisorio para utilizarlo como fuentes naturales para la descontaminación y resguardo de la salud ambiental.

LOS MICROORGANISMOS Y LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS



O ¿Qué es el suelo? Técnicamente es la capa externa, poco compacta, de la superficie terrestre, donde se lleva a cabo la generalidad de los procesos agrícolas, por ser la región donde se sustenta la vida en la tierra. Está formada por cinco componentes principales: a) Materia mineral; b) Agua; c) Aire; d) Materia orgánica - Humus; e) Organismos vivos.

Un corte vertical en el suelo muestra un perfil característico, en el cual hay varias "capas horizontales" que se conocen como "horizontes". El horizonte 0 es la capa mas superficial de materia vegetal sin



descomponer; el horizonte A es el suelo superficial (rico en materia orgánica; crece gran cantidad de plantas y microorganismos; actividad microbiana alta); el horizonte B es el subsuelo (aquí se acumulan minerales y humus, lavados de la capa superior; pobre en materia orgánica y menor actividad microbiana); el horizonte C es el suelo base (se desarrolla directamente a partir de la roca; actividad microbiana generalmente muy baja); finalmente se encuentra la roca sólida.

Pocos ambientes de la tierra están habitados por tan gran cantidad y variedad de microorganismos como en un suelo fértil. Bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoos, forman una población que puede llegar a mil millones de unidades por gramo de suelo. Dentro de esos grupos, las bacterias son el grupo más abundante y de mayor diversidad.

El mayor número microbiano se distribuye en los primeros 20cm del suelo (descendiendo en profundidad) y en la zona del suelo que rodea a las raíces (Rhizósfera). La cantidad y tipos de bacterias están determinados en gran medida por el tipo de suelo y las prácticas de cultivo; por ejemplo, el número de bacterias en praderas es mayor que en terrenos con escasa vegetación, resultado de una mayor densidad de raíces y una elevada cantidad de materia orgánica disponible que proviene de la descomposición de las raíces y restos de las plantas.

Por otra parte, los microorganismos raramente están libres en la fase líquida del suelo, sino que se localizan adheridos a la superficie de las partículas del suelo.

LOS MICROORGANISMOS COMO AGENTES GEOQUÍMICOS

El estado en que corrientemente se encuentran los elementos de la corteza más externa de la tierra, es, en gran medida, consecuencia de las actividades de los organismos vivos. La Biosfera (zona de la tierra que contiene organismos vivos), se mantiene mediante el recambio cíclico de los elementos necesarios para la vida, potenciado por una continua aportación de energía del Sol.

Los diversos pasos del recambio de elementos son realizados por diferentes tipos de microorganismos. Así, la continuada existencia de un tipo determinado de organismo, depende de la transformación química realizada por otros. La rotura de un ciclo en un punto cualquiera, acabaría con toda la vida. Todos los elementos principales y necesarios para la vida (carbono, nitrógeno, fósforo, oxígeno, azufre etc.) son transformados cíclicamente.

El recambio de elementos que componen los organismos vivos constituyen los *“ciclos de la materia”*. Todos los organismos vivos participan en varios pasos de estas conversiones cíclicas; pero la contribución de los microorganismos (especialmente las bacterias) es particularmente importante ya que realizan la descomposición (mineralización) de restos y productos de excreción de animales y vegetales. Así tenemos los denominados ciclos “del carbono”, “del nitrógeno”, “del azufre”, etc.

En resumen, el papel de los microorganismos en los suelos es fundamental ya que:

- ❖ Contribuyen significativamente a la continua descomposición y mineralización de la materia orgánica que es fundamental para permitir el reciclaje de elementos.
- ❖ Subministran los compuestos inorgánicos con una valencia química adecuada para que las plantas superiores puedan utilizarlos.

LOS MICROORGANISMOS Y LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

El suelo no solamente debe ser visto como el soporte donde tiene lugar el crecimiento de las plantas, sino como un complejo ecológico natural habitado por una población muy heterogénea y

activa. Esta población donde predominan en gran mayoría los microorganismos, es la responsable de los numerosos cambios químicos que ocurren constantemente en el suelo, ya sea como agente causal de la descomposición de las complejas moléculas sintetizadas por los vegetales y transformadas por los animales, o como la que realiza la síntesis de nuevos compuestos esenciales para la vida. Son los que en primera línea mantienen la fertilidad del suelo.

LOS MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

La vida de las plantas está condicionada por la existencia de una amplia gama de microorganismos que viven asociados con ellas, los cuales pueden alterar la absorción de nutrientes, ya sea por efecto directo sobre las raíces, por efecto sobre el medio o por competir directamente por los nutrientes del suelo. Los microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas, conocidos como PGPR (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas), lo hacen actuando directamente mediante la secreción de hormonas o indirectamente, inhibiendo organismos fitopatógenos o activando la asimilación de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO. *AZOSPIRILLUM*

El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmósfera terrestre y sin embargo, después del agua, es el principal nutriente limitante para el desarrollo de las plantas. Esta paradoja se debe a que el nitrógeno atmosférico es inerte y no puede ser aprovechado por la mayoría de los seres vivos, únicamente se incorpora a los sistemas biológicos cuando ha sido fijado por organismos fijadores o combinado con ciertos elementos como el hidrógeno y el oxígeno, en forma de nitrato o de amonio.

La FBN (Fijación Biológica del Nitrógeno) aporta la mayor parte del nitrógeno fijado a los ecosistemas terrestres. La fijación global se estima en unos 275 millones de toneladas de nitrógeno al año. De esta cantidad 30 millones de toneladas se fijan por causas naturales (descargas eléctricas, erupciones volcánicas, etc.), 70 millones de toneladas se fijan mediante fijación industrial (en el proceso de Haber-Bosch, en el cual se gasta gran cantidad de energía procedente del petróleo) y 175 millones de toneladas se fijan mediante fijación biológica. De estos 175 millones, 35 millones se fijan mediante fijación libre y 140 millones de toneladas mediante fijación simbiótica. En el grupo de microorganismos fijadores de nitrógeno se destaca la bacteria del género *Azospirillum*.

Como resultado de numerosas experiencias, surgieron tres propuestas para justificar los beneficios de *Azospirillum* sobre el crecimiento de las plantas: a) fijación de nitrógeno, b) producción de fitohormonas y c) controlador del equilibrio biológico del suelo.

FIJACIÓN SIMBIÓTICA DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO. RHIZOBIOS.

El proceso de fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico mediante la asociación de plantas leguminosas y bacterias de la familia Rhizobiaceae (rhizobios), constituye una de las biotecnologías más sorprendentes y excepcionales, por su gran repercusión en el sector sanitario y agroalimentario. Se estima que aproximadamente 100 leguminosas agrícolamente importantes contribuyen anualmente con casi la mitad del nitrógeno fijado biológicamente. En el mundo se estima que sólo las leguminosas de grano ocupan cerca de 150 millones de hectáreas con una producción anual de 200 millones de toneladas de granos.

El establecimiento de la simbiosis comienza con el reconocimiento específico entre su rizobio y su planta hospedadora. La especificidad de la interacción simbiótica viene dada por el intercambio inicial de señales químicas entre la leguminosa y el rizobio, que activan programas genéticos específicos de nodulación en ambos simbioses.

ASOCIACIÓN MICORRÍTICA. MICORRIZAS

La mayoría de las plantas presentan micorrizadas sus raíces. Las micorrizas (hongos de raíces) son asociaciones mutualistas entre las raíces de las plantas y ciertas especies de hongos. El hongo, una vez que alcanza la rizósfera, coloniza la corteza de la raíz y desarrolla un micelio externo que, a modo de sistema radical complementario, ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua. Puede considerarse a estos hongos como los componentes metabolitamente más activos para la captación de nutrientes. Mediante esta asociación, el hongo se beneficia fundamentalmente al obtener los fotosintatos producidos por las plantas; mientras que las plantas se ven favorecidas por la mayor absorción de agua y nutrientes, especialmente fósforo, que le posibilita el desarrollo de las hifas del hongo asociado.

La asociación micorrítica posibilita, mediante mecanismos bioquímicos, una mayor absorción de nutrientes, principalmente fósforo, además de nitrógeno, magnesio, calcio, potasio, azufre, hierro, cobre, boro y manganeso. Aumenta la longevidad de las raíces, las protege de los patógenos y le confiere resistencia a toxinas del suelo. También permite tolerancia al estrés hídrico, porque mejora la absorción y translocación del agua a la planta.

Las micorrizas han sido clasificadas en base a su estructura y morfología en dos grupos principales:

- ❖ Ectomicorrizas o en vaina.
- ❖ Endomicorrizas.

En las ectomicorrizas, el hongo envuelve las terminaciones más jóvenes de la raíz formando un manto o vaina de pseudoparénquima fungal que penetra intercelularmente en la zona cortical de la raíz. Son características de las plantas forestales, especialmente de la familia Pinaceae.

Las endomicorrizas se caracterizan porque las hifas del hongo penetran dentro de las células corticales de la raíz formando en su interior estructuras vesiculares o arbusculares.

Dados los efectos de las micorrizas arbusculares y ectomicorrizas como biofertilizantes y como bioprotectores de los cultivos, su uso apropiado puede reducir la aplicación de fertilizantes y fitosanitarios. Una de las características más importantes consiste en que las plantas micorrizadas pueden superar situaciones de estrés sobre todo en suelos degradados por erosión, escasez de nutrientes, estrés hídrico, salinidad, suelos contaminados con metales pesados, escombreras, etc.

Es especialmente relevante su interés en bioremediación. Inmovilizan los metales pesados en las hifas de los hongos reduciendo su traslocación a la parte aérea de la planta y eliminando su paso a la cadena trófica.

CONCLUSIONES

- ❖ La inoculación con bacterias y hongos específicos es una práctica importante en la producción agrícola realizada con la finalidad de mejorar la nutrición de los cultivos.
- ❖ El uso de estos sistemas biológicos tiene una gran importancia porque permite una sustanciosa reducción de la contaminación ambiental producida por el uso de fertilizantes y agroquímicos.

El potencial de los microorganismos del suelo parece ilimitado. La naturaleza en su sabiduría ha creado las soluciones para resolver todos los problemas, que aseguren la permanencia de la vida sobre la Tierra sin alterar la armonía natural del planeta.

BIBLIOGRAFÍA:

- ❖ Madigan, M.; Martinko, J. y Parker, J. 2004. Brock. Biología de los Microorganismos. Décima Edición. Pearson. Educación, S.A. Madrid.
- ❖ Frioni, L. 1999. Procesos Microbianos. T 1 y 2. Editorial Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba.



Secretaría de Investigación y Vinculación Tecnológica

Av. Belgrano y Mtro Quiroga s/n
Campus Universitario
San Fernando del V. de Catamarca
TE: 03833 – 430504 / 435955 int 101
Email: sivitecfca@gmail.com