



Por:

Laboratorios A-L de México S.A. de C.V.

Importancia del Capital Biológico

La Salud del Suelo Agrícola.

Importancia del Capital Biológico.

" La materia radicular presente en los predios determina la cantidad de nutrientes disponibles para los millones de microorganismos del suelo, determinando así la productividad de estos incansables trabajadores. Este es el valioso capital biológico, el importante legado que la naturaleza pone generosamente a disposición de los agricultores ".

*Karl August Möbius.
Zoólogo y ecólogo alemán. Siglo XIX.*

ÍNDICE

1. Capital Biológico y Suelos Sanos	3
2. Agro-Biocenosis y Capital Biológico	5
3. Densidad y Enraizamiento	8
4. La Fatiga del Suelo	9
5. Salud del Suelo y Biodiversidad	11
6. Micro y Macroorganismos del Suelo	14
7. Microflora del Suelo: Las Bacterias	15
8. Microflora del Suelo: Las Algas	17
9. Microflora del Suelo: Los Actinomicetos	20
10. Microflora del Suelo: Los Hongos	21
11. Los Hongos Micorrizas Arbusculares	22
12. La Microfauna del Suelo: Los Protozoarios	26
13. La Microfauna del Suelo: Los Nemátodos	27
14. La Microfauna del Suelo: Los Rotíferos	28
15. Meso y Macrofauna del Suelo	29
16. Un ambiente favorable para su Capital Biológico	30
17. ¿Quiénes somos?.....	32

1.Capital Biológico y Suelos Sanos.

Las principales características físicas y químicas del suelo que se consideran como "*Indicadores de Salud*" de los terrenos agrícolas. Entre estos indicadores se han descrito: las características del suelo, la facilidad de trabajar los predios, la disponibilidad de aire (oxígeno) para las raíces, la toxicidad y niveles de salinidad, la disponibilidad de elementos nutrientes, la capacidad de retención de estos nutrientes, la Relación C/N del suelo, la presencia adecuada de sustancias húmicas, entre varios otros indicadores. La FAO ha inventariado y mapeado los indicadores de salud del suelo a escala mundial. Se pueden consultar en " FAO Sistema armonizado mundial de Base de datos del Suelo".

Durante los últimos 40-45 años se ha producido una profunda renovación del concepto de *humus* gracias a un mejor conocimiento de las funciones de la biomasa microbiana, la cual que juega un papel fundamental en los procesos de mineralización, inmovilización, intercambio, absorción, reserva de nutriente y productividad del suelo.

Las principales fases del ciclo del carbono se pueden aquí recordar y resumir de una forma relativamente sencilla: las plantas asimilan el carbono presente en el CO₂ de la atmósfera y, al morir, lo devuelven al suelo como materia orgánica, proporcionando así sustratos que son degradados por los microorganismos. Durante esta transformación, las sustancias formadas o residuales se vuelven cada vez más resistentes y constituyen la materia orgánica unida al suelo. (Ver 3.11. *Sustancias húmicas*).

Como la materia orgánica no es totalmente resistente a la degradación, en un momento dado la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo es el resultado de un equilibrio entre la formación de nuevos compuestos y de su degradación. (Fase de mineralización). El clima, las condiciones del suelo y las prácticas agrícolas orientan este equilibrio hacia el contenido de materia orgánica que es característico de cada tipo de suelo y/o de cada sistema de cultivo. (Ver en *Gráfica 20 el modelo de Ciclo C-N*). En las siguientes páginas se muestra la mejor forma de colaborar con la naturaleza para mantener y acrecentar la inversión en capital biológico que el productor agrícola tiene a su disposición, y de la cual podría obtener un mayor rédito económico.

GRÁFICA 1.

FUNCIONES DE LOS DIVERSOS ORGANISMOS QUE CONFORMAN LA BIOCENOSIS	
FUNCIONES DEL SUELO	ORGANISMOS IMPLICADOS
Mantenimiento de la estructura	Bioturbación por invertebrados y sistemas radiculares de las plantas, micorrizas y algunos tipos de microorganismos
Regulación de la hidrología del suelo	Invertebrados con mayor potencial de bioturbación y sistemas radiculares
Invertebrados con mayor potencial de bioturbación y sistemas radiculares	La mayor parte de los microorganismos y sistemas radiculares y carbono retenido en agregados compactos de origen biogénico (como las pelotas fecales de lumbrícidos)
Eliminación de compuestos tóxicos	La mayor parte de los microorganismos del suelo
Ciclo de nutrientes	La mayoría de los microorganismos y nutrientes, así como algunos invertebrados que se alimentan del mantillo (horizontes orgánicos)
Descomposición de la materia orgánica	Varios invertebrados soprofíticos y/o que se alimentan del mantillo (detritívoros), hongos, bacterias, actinomicetos y otros microorganismos
Supresión de plagas, enfermedades y parásitos	Plantas, micorrizas y otros hongos, nemátodos, otros invertebrados y bacterias que parasitan o causan enfermedades a patógenos, colémbolos, invertebrados, protozoos y hongos depredadores
Fuente de alimentos y bebidas	Raíces de algunas plantas, algunos insectos (grillos, larvas de escarabajos, hormigas, termitas), lumbrícidos, vertebrados que habitan en el suelo, microorganismos y sus productos (p. ej. la penicilina)
Relaciones simbióticas y asimbióticas con las raíces de las plantas	Rizobios, micorrizas, actinomicetos, bacterias diazotrópicas, varias especies de microorganismos rizosféricos y hormigas
Control de crecimiento de las plantas (que pueden tener positivos o negativos)	Efectos directos: Sistemas radiculares, rizobios, micorrizas, actinomicetos, patógenos, nemátodos fitoparásitos, insectos rizófagos, microorganismos de la rizosfera, agentes que ejercen biocontrol. Efectos Indirectos: la mayor parte de la biota.

Fuente: FAO. Portal de Biodiversidad de los Suelos.

2. Agro-Biocenosis y Capital Biológico.

Uno de los primeros objetivos que se busca al tratar de incrementar la productividad de un suelo agrícola es conocer la composición de la comunidad biológica (o "biótica") que existe en el predio, así como su estructura; entendiendo ésta como el conjunto de relaciones que se establecen entre las diferentes especies entre sí y con el medio en el que viven. Existen varias maneras de caracterizar una comunidad, la más adecuada sería aquella que considerase tanto la composición de especies como el número de individuos de cada una de ellas. Sin embargo, no todas las especies tienen la misma importancia dentro de una comunidad. Se pueden identificar especies-clave o dominantes, que son aquellas sobre las que se articula la comunidad entera. (Cf. *Karl Möbius*)

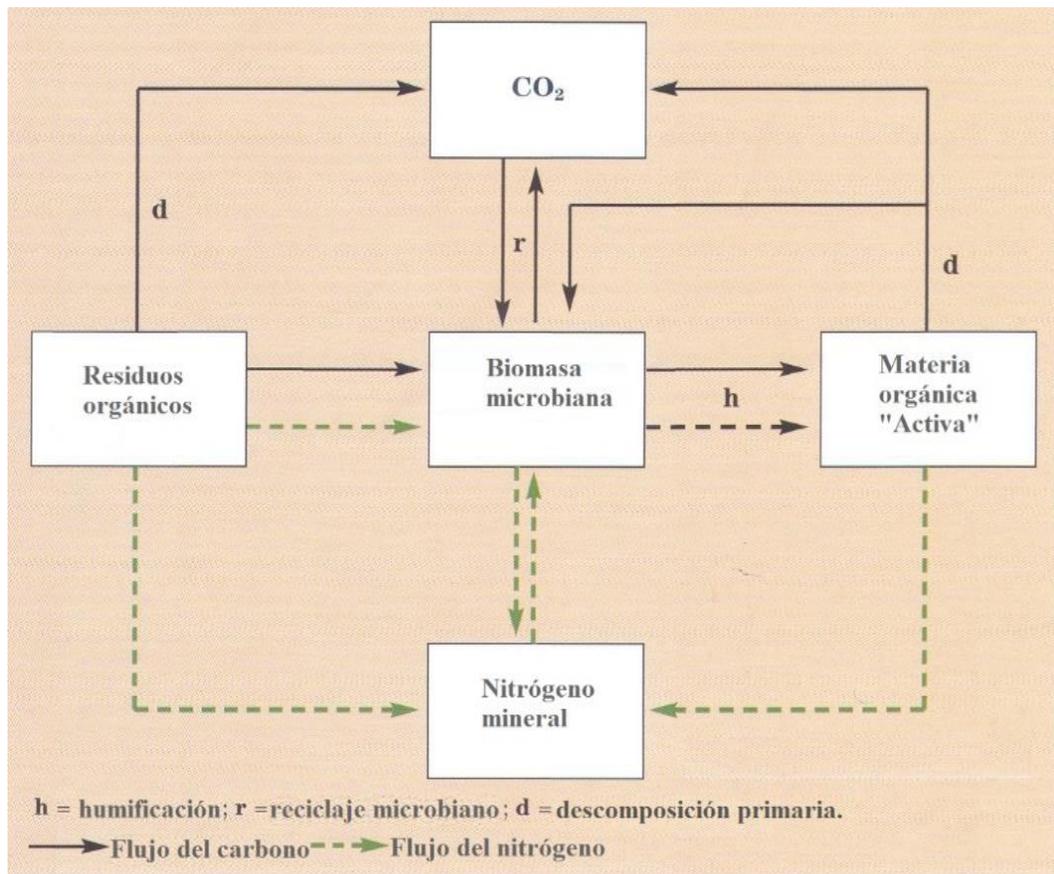
Cada especie de planta tiene un límite de tolerancia - máximo o mínimo - a cada factor de su ambiente. En las plantas la tolerancia a los venenos del suelo o del alimento puede ser muy estrecha, mientras que a las diferentes longitudes de onda del espectro que utiliza para la fotosíntesis es muy amplia. Los cambios de un factor más allá de los límites de tolerancia tienen como consecuencia la reducción en la productividad o la muerte de la planta; con la supervivencia de tan solo los individuos mejor adaptados; tolerantes a las condiciones alteradas o que desarrollan dicha tolerancia. La distribución de las comunidades está limitada por la suma total de influencias externas, muchas de las cuales son interdependientes.

La biodiversidad del suelo refleja la variabilidad entre los organismos vivos, incluida una miríada de organismos no visibles a simple vista, como microorganismos (por ejemplo, bacterias, hongos, protozoos y nematodos) y meso-fauna (por ejemplo, ácaros y colémbolos), así como más familiar "macrofauna".

Recordatorio. La Agro-Biocenosis en Ecología

El término biocenosis fue acuñado en 1877 por el ecólogo alemán Karl Möbius, quien subrayaba así la necesidad de enfocar la atención no en el individuo sino en el conjunto de individuos, es decir, en la comunidad biológica. La biocenosis podría definirse como el conjunto de poblaciones biológicas que coexisten en un tiempo y en un espacio definido (el biotopo) el cual ofrece las condiciones ambientales indispensables para su supervivencia y desarrollo. El campo cultivado sería la agro-biocenosis que, junto con su entorno fisicoquímico (biotopo) forman un agro-ecosistema. (Cf. *Karl Möbius*).

**GRÁFICA 2.
MODELO: BIOMASA MICROBIANA Y MATERIA
ORGÁNICA.**



Fuente: Mary et Guérif, Francia Agrícola.

(Por ejemplo, las lombrices de tierra y termitas). Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo en vista de sus relaciones simbióticas e interacciones con otros componentes del suelo.

Estos diversos organismos interactúan entre sí y con las diversas plantas y animales del ecosistema formando una compleja red de actividad biológica. Los organismos del suelo contribuyen con una amplia gama de servicios esenciales a la función sostenible de todos los ecosistemas. Actúan como los principales agentes impulsores del ciclo de nutrientes, regulando la dinámica de la materia orgánica del suelo, el secuestro de carbono del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero, modificando la estructura física del suelo y los regímenes hídricos, mejorando la cantidad y eficiencia de la adquisición de nutrientes por la vegetación y mejorando la salud de las plantas. Estos servicios no solo son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un recurso importante para la gestión sostenible de los agro-ecosistemas.

La muy breve vida útil de los microorganismos significa que sus colonias siempre están cambiando de apariencia. Los productos de descomposición y los residuos de las colonias muertas sirven como nuevos bloques de construcción del suelo y fortalecen sus materiales aglutinantes, por lo que esta "*labranza biológica*" produce una estructura de agregados que es más o menos estable según la actividad de los organismos. Esta *labranza biológica* genera simultáneamente una estabilidad mejorada en la capa superior del suelo, la cual contribuye eficazmente a evitar los potenciales efectos dañinos del agua.

Las plantas son el primer paso hacia un buen entorno biológico. Sus raíces proporcionan nutrientes para los organismos en el suelo y, por encima del suelo, las plantas le dan sombra y protegen los procesos de maduración contra influencias que pudiesen interferir en forma negativa. A causa de esta situación de fragilidad, la creación y protección del entorno biológico más adecuado depende mucho del ciclo de vida de la población vegetal. Además, debido a la corta vida útil de los microorganismos, las condiciones nunca son estáticas, sino que están en continuo cambio mientras se acumulan y descomponen los alimentos de los microorganismos y en la superficie del suelo se mantiene una benéfica capa protectora.

Esta cooperación entre plantas superiores, microflora y microfauna se conoce como "*biocenosis*". Todos los participantes son igualmente dependientes entre sí. La cubierta vegetal proporciona el alimento para los organismos del suelo y crea las condiciones favorables del suelo necesarias para que funcionen. Los microbios y pequeños organismos en el suelo, por su parte, crean un hábitat óptimo para las raíces de las plantas. Desde un punto de vista empresarial, la agro-biocenosis representa en términos financieros el capital biológico de que dispone el emprendedor agrícola. Capital cuyos rendimientos económicos pueden incrementarse en forma significativa si es manejado en la forma adecuada.

Recordatorio. El buen manejo de capital biológico.

El productor agrícola debe cumplir con las siguientes tres condicionantes:
Primera: Los agregados del suelo deben ser resistentes al agua, para que los componentes microscópicos y submicroscópicos coloidales puedan ser unidos por los microorganismos. Cuanto más grandes y voluminosos sean los agregados, más fácil será reforzarlos. Si los coloides del suelo están presentes en forma móvil, debe corregirse el suelo mediante encalado e inducir la floculación del coloide. La disolución de los coloides del suelo conduce a una ruptura de la estructura, lo que inhibe la proliferación de organismos.

Segunda: Los organismos del suelo deben recibir suficientes nutrientes orgánicos. Estos son proporcionados por la masa de raíces del suelo, por partes de la superficie de las plantas y (muy importante) por fertilización orgánica. Si los organismos no tienen suficientes nutrientes disponibles, los resultados serán una labranza biológica deficiente y una baja calidad del suelo.

Tercera: El clima del suelo debe estar equilibrado. El objetivo debe ser que el suelo siempre esté cubierto ya sea por vegetación o por una capa de hojarasca. Esto protege los procesos biológicos, en la capa superior del suelo, de la lluvia, la deshidratación y el arrastre por el agua. (Cf. Karl Möbius)

3. Densidad de enraizamiento.

En una comunidad biológica (biocenosis), cada especie de planta tiene un límite de tolerancia - máximo o mínimo - a cada factor de su ambiente. En las plantas la tolerancia a los venenos del suelo o del alimento puede ser muy estrecha, mientras que a las diferentes longitudes de onda del espectro que utiliza para la **fotosíntesis** es muy amplia. Los cambios de un factor más allá de los límites de tolerancia tienen como consecuencia la reducción en la productividad o la muerte de la planta; con la supervivencia de tan solo los individuos mejor adaptados; tolerantes a las condiciones alteradas.

El núcleo de la información sobre la vida en el suelo, tal como lo descubrió Karl Möbius desde el siglo XIX, es el siguiente : el suelo y la planta forman una unidad biológica; las plantas dan y quitan del suelo. Las raíces proporcionan los nutrientes básicos a los organismos que viven en el suelo; sin las plantas , el suelo estaría desprotegido, se degradaría con facilidad. Esta verdad fundamental es difícil de reconocer cuando se estudian por separado los procesos de formación del suelo, de la nutrición de las plantas y las leyes del equilibrio de agua y aire. Si estos temas se estudian de forma aislada entre sí, es fácil que pase desapercibida la muy estrecha relación que tienen. Karl Möbius , por ello, decidió acuñar el término "*biocenosis*" para subrayar la necesidad de estudiar las comunidades biológicas en conjunto con su ambiente físico y químico. El término, que literalmente significa 'vida en común', hace referencia a una comunidad habitada por poblaciones interdependientes de animales y plantas que viven en la misma zona, el mismo biotopo. El término se forma por la palabra bios = vida y la palabra griega '*koinosis*' = el hecho de compartir. (Cf. M.Sekera. *Healthy soils, sick soils*).

El esquema general de la biocenosis se basa en el hecho de que la cantidad de materia radicular presente en el suelo determina la cantidad de nutrientes disponibles para los organismos que viven en él, determinando así la productividad de los microorganismos. Este esquema puede visualizarse como una clara ilustración de las relaciones entre los organismos vivos, la respiración del suelo, los nutrientes de las plantas y la importante presencia del humus. La ley natural que gobierna un campo agrícola es la siguiente: "*Cuanto más densas sean las raíces en el suelo, mejor será el nutriente disponible para las plantas y habrá más humus disponible*". Así de sencilla y de útil es la ley que rige el mayor o menor capital biológico del suelo.

Cualquier impedimento al desarrollo de las raíces conducirá, por tanto, a la carencia en el suelo de condiciones estructurales favorables, lo que reducirá el capital biológico disponible. La consistencia de la estructura de los agregados determina cuánto tiempo las plantas pueden disfrutar de condiciones óptimas de crecimiento. También determina si el suelo puede funcionar eficazmente como depósito de nutrientes y agua. Prácticamente no hay ningún aspecto del cultivo que no pueda considerarse desde esta perspectiva.

4. La fatiga del suelo.

La *fatiga del suelo* es un término que por lo general se refiere a la disminución de los rendimientos de un cultivo, incluso mucho antes de que se conozcan con certeza cuales son las causas. Esta frase se emplea con cierta frecuencia haciendo referencia al agotamiento de los nutrientes en el suelo, o bien a interrupciones en el suministro de agua o, en otras ocasiones, a infecciones de plagas y reducción de los rendimientos. Si estos problemas se confirman, es posible combatirlos o remediarlos en forma rápida y eficaz. Aunque también puede suceder que el crecimiento o florecimiento de una planta se detenga sin razón aparente. En este caso, el productor agrícola debe buscar por qué se interrumpió la productiva coexistencia de la comunidad de planta y organismos del suelo.

Como ya se ha previamente descrito, las plantas forman una comunidad biótica con los microorganismos del suelo, donde las raíces de las plantas se inmiscuyen directamente en el espacio vital de la microfauna y la microflora. Como bien lo señaló Karl Möbius, esta comunidad debe estudiarse sociológicamente en lugar de considerar a cada organismo en forma individual, ya que no son capaces de sobrevivir por separado, sino que dependen siempre de la colaboración con otras especies. (Dicho sea de paso, ocurre exactamente lo mismo con la especie humana). Desde hace casi 150 años, sabemos que las plantas forman en

el suelo una organización biológica, la llamada biocenosis, con la microflora y microfauna, en la que todos los miembros aportan y reciben algo. También se sabe que es esta organización biológica la que permite que surjan suelos fértiles de la roca muerta y que incluso en los cultivos hidropónicos -lo que parece un tanto cuanto contrario a la naturaleza- las plantas coexisten con microorganismos de todo tipo.

La coexistencia de plantas y organismos del suelo es más evidente en el área que rodea las raíces; la rizosfera. Esta área está densamente poblada por hongos y bacterias. La raíz está envuelta en una capa de microorganismos lo que hace especialmente patente la necesidad de convivencia. Esta coexistencia depende de la reciprocidad, es decir la simbiosis. Mientras que las raíces excretan continuamente material orgánico y desprenden células, entregando alimento a los microorganismos, los organismos también ayudan a las plantas al descomponer los micronutrientes en una forma utilizable. Es muy probable que las plantas y los microorganismos también intercambien materiales. Este tipo de rizosfera simbiótica se puede encontrar en cualquier suelo no trabajado y en campos sanos. Es imposible que un solo miembro prolifere por sí solo, un estado descrito como un "equilibrio biológico". Es cierto que la insuficiente absorción de nutrientes en las raíces se puede compensar, hasta cierto punto, agregando una mayor cantidad de fertilizante dentro de ciertos límites, con lo cual aparentemente se supera la fatiga del suelo. Aunque es innegable que una raíz sana podría hacer un mucho mejor uso del fertilizante. Se hace notar que algunos cultivos reaccionan de manera más sensible que otros a la fatiga del suelo.

Una infección es una consecuencia natural del asentamiento de un organismo con gran presencia. El hecho de que esta infección penetre en el tejido de la raíz y se propague peligrosamente desde allí, depende de la vulnerabilidad de la planta a la infección. En los predios puede ocurrir que, con cierta frecuencia se presenten condiciones favorables para los cultivos. Cada período de balance hídrico pasivo, y cada excedente de nitrógeno soluble, hace que el tejido de la raíz se cubra con aminoácidos y de productos de proteólisis (la degradación enzimática de proteínas) que sirven como una excelente fuente de carbono y de energía para los microorganismos. La planta es capaz de resistir una infección solo si se le suministra suficiente material de resistencia (antibióticos) procedente de la biocenosis en el suelo.

Un suelo sano, con sus diversos tipos de vida, es una "fábrica de antibióticos" natural, pero esta fábrica no funciona si un ciclo de cultivo poco diversificado provoca una disminución en la población y la diversidad de habitantes del suelo. En este caso, la planta será víctima fácil de un ataque infeccioso de los organismos del suelo.

Los productores agrícolas tienen que volver a poner en capacidad de funcionamiento la fábrica de antibióticos. Esto es posible lograrlo, a pesar incluso de un ciclo de cultivo intensivo y no diversificado, mediante el uso de cultivos intermedios y de cultivos de cobertura durante los períodos de barbecho en el ciclo del cultivo principal. Esta práctica debe – de preferencia – proporcionar al suelo mezclas de semillas en lugar de utilizar un solo tipo de semilla. Estas medidas dan al suelo al menos una comunidad biológica temporal. El objetivo es proporcionar al suelo la mayor cantidad de material orgánico, de ser posible en diversas etapas de descomposición, para restaurar así la organización de la vida en el suelo. Esto nos lleva de regreso a la formación de comunidades bióticas y vuelve a enfatizar el hecho de que tan solo este tipo de comunidad puede poner en marcha una estancada fábrica de antibióticos y remediar en esta forma la fatiga del suelo. (Ibidem. M. Sekera).

5. Salud del Suelo y biodiversidad.

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos que existen en la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la Tierra. Contiene un sinnúmero de organismos diferentes que interactúan y contribuyen a los ciclos globales que hace posible la vida. En efecto, en ninguna otra parte de la naturaleza las especies viven tan densamente concentradas como en las comunidades de organismos del suelo: en un metro cuadrado de suelos forestales se pueden encontrar más de 1 000 especies de invertebrados. La enorme cantidad de organismos vivos presentes en el suelo está formada por bacterias, protozoarios, hongos, nematodos y artrópodos.

GRÁFICA 3.

NÚMERO USUAL DE ORGANISMOS EN UNA PARCELA DE SUELO INALTERADO	
Organismo	Número
Bacteria	200 mil millones
Protozoarios	20 millones
Hongos	100,000 metros
Nematodos	100,000
Artrópodos	50,000

Fuente: El suelo viviente. Laboratorios AL de México.

Los organismos del suelo son tan importantes, porque llevan a cabo numerosas funciones vitales en el ecosistema del suelo, las cuales tienen interacciones directas con los sistemas biológico, atmosférico e hidrológico. Son responsables del ciclo de nutrientes, al regular la dinámica de la materia orgánica de los suelos, de la retención de carbono por el suelo y de las emisiones de gases de efecto invernadero; modifican la estructura física de los suelos y los regímenes hídricos, y refuerzan la salud de las plantas. La interacción de los organismos del suelo entre sí y con las plantas y los animales forma una red compleja de actividad ecológica denominada red trófica edáfica. Estas funciones e interacciones, como lo hemos estado viendo en las páginas previas, constituyen un recurso importante para la gestión sostenible de la agro biocenosis.

Los sistemas agrícolas afectan claramente a los organismos, inclusive a sus actividades y su biodiversidad. La diversidad biológica o *'biodiversidad'* se define como *"la variabilidad de organismos vivos de cualquier origen ya sea terrestre acuático o marino"*. Comprende la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies (diversidad de organismos) y de los ecosistemas (diversidad ecológica). Por ejemplo, el aclareo de tierras boscosas o de pastizales para el cultivo o la utilización excesiva o incorrecta de sustancias agroquímicas afectan al entorno del suelo y reducen drásticamente el número y las especies de los organismos de suelo. La disminución del número de especies vegetales con diferentes sistemas radiculares, de la cantidad y la calidad de los residuos de las plantas o del contenido de materia orgánica del suelo, limita la variedad de hábitats y de alimentos para los organismos del suelo.

Los microorganismos del suelo están naturalmente activos durante ciertas épocas del año. La mayoría cuando el suelo es cálido y húmedo, como a finales de la primavera y al comienzo del verano. Si el suelo se seca durante los meses de verano, la actividad del organismo declina. Durante el otoño, si hay lluvia que humedece el suelo mientras todavía está caliente, los microorganismos pueden reanudar parcialmente su actividad. A medida que el suelo se enfría en el otoño, muchos organismos quedan inactivos. Es decir, los microorganismos estarán más disponibles en suelo tibio y húmedo, y menos disponibles en suelo frío o seco.

Los microorganismos se pueden agrupar en las siguientes tres categorías:

- Organismos que son benéficos para las plantas, directa o indirectamente;

- Organismos neutros, aquellos cuyas actividades no afectan a las plantas, y
- Organismos que son dañinos para las plantas. Los organismos dañinos a menudo se describen como 'patógenos', como son los hongos del suelo que causan enfermedades de marchitez. O bien, las plagas de las plantas, producidas por las larvas blancas que se alimentan de raíces.

Dentro del suelo, los organismos funcionan como parte de una red alimentaria ecológica (el más pequeño se convierte en el alimento para el mayor) creando ciclos de nutrición a través de la biomasa del suelo. Esta red alimentaria del suelo es la base de un suelo sano y vivo. Los organismos importantes del suelo incluyen: bacterias, hongos, protozoarios y nematodos, la meso-fauna (Por ejemplo, los ácaros, y colémbolos), así como la más reconocida macrofauna (lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también se pueden considerar como organismos del suelo por su relación simbiótica y su interacción con los otros componentes del terreno.

Los diferentes grupos de microorganismos e invertebrados contribuyen al control biológico de plagas de los cultivos. La FAO señala que, durante miles de años, el control biológico de las plagas en los sistemas de producción del arroz se ha mantenido a través de la conservación de los enemigos naturales. Este sistema tradicional y estable de "control biológico natural" se ha trastornado en los últimos 50 años a causa de la utilización de las tecnologías de la "Revolución Verde", tales como la aplicación de multitud de insecticidas y herbicidas químicos, así como el cambio a monocultivos. (Arroz, maíz, soya etc). Después de cuatro décadas de brotes de plagas que comenzaron en el decenio de 1970 y tras haber investigado varios métodos diferentes para combatir las plagas —especialmente la lucha química y la resistencia vegetal—, los investigadores son ahora conscientes de que la mejor estrategia para combatir las plagas y evitar brotes de plagas graves en los campos de arroz es mantener el equilibrio de la fauna natural mediante la conservación de los enemigos naturales en los ecosistemas de monocultivo (como el arroz) y el medio ambiente circundante. Teniendo en cuenta que las pérdidas causadas por las plagas previas y posteriores a la cosecha pueden ser considerables, los beneficios posibles del uso de microorganismos e invertebrados como agentes de control biológico son muy amplios, pero hasta la fecha se han aprovechado solo parcialmente.

La diversidad de variedades de cultivos desempeña asimismo una importante función para reducir al mínimo el riesgo de plagas de insectos y brotes de enfermedades: si una variedad sucumbe ante el brote de una

plaga, de todas formas, los agricultores pueden producir alimentos utilizando otras variedades. Sin embargo, los estudios deben investigar todavía los efectos que produce la diversidad de variedades de cultivos sobre la diversidad y abundancia de microorganismos e invertebrados en el sistema de producción de cultivos.

6. Micro y Macroorganismos del suelo.

La biota del suelo está definida como la fauna y flora que viven en el mismo, y en su mayoría viven la capa superficial de residuos vegetales frescos. Estos organismos constituyen la parte viva de los suelos, influyen en el desarrollo de estos. Son las plantas quienes representan mayor influencia en gran parte el desarrollo de los suelos ya que controlan la cantidad y calidad de Materia Orgánica que se agrega. Los organismos viven principalmente en esta capa de desechos (llamada "*litter*"), ya que ahí encuentran las condiciones de espacio, temperatura, humedad, ventilación y luminosidad, para satisfacer sus necesidades. En terrenos forestales, la acumulación y descomposición de la hojarasca determinan el aporte de materia orgánica al suelo e influyen en la circulación de nutrimentos. En este caso, la capa de *litter* estaría formada principalmente de hojarasca, que es muy útil para la recuperación de la foresta

La clasificación de los organismos en el suelo puede llevarse a cabo teniendo en cuenta diferentes criterios : tamaño, tiempo de permanencia y hábitat en el suelo. La clasificación por tamaño suele ser la más común. Según su tamaño, los organismos presentes en el suelo se pueden clasificar en:

- Microorganismos: organismos caracterizados por tener un tamaño inferior a 200µm.
- Meso-organismos: organismos que se encuentran en un rango de tamaño entre 200µm y 6mm.
- Macroorganismos: organismos que poseen un tamaño mayor a a 6mm

Según su tiempo de residencia en el suelo, los organismos presentes en el se pueden clasificar como: *Edafóbios* (organismos que cumplen todo su ciclo biológico en el suelo); *Edafófilos*: (organismos que prefieren vivir en el ambiente del suelo, pero obligatoriamente, deben cumplir con su ciclo biológico en el suelo); *Edafóxenos*: organismos que no están adaptados para vivir en el suelo, pero no necesariamente en él).

Por ultimo los organismos se pueden clasificar según el hábitat en el que se encuentren en el suelo: *hidrobios*: organismos que viven en el agua del suelo.(Bacterias, algas, protozoarios, nematodos); *Atmobios*: organismos que se adaptan para vivir en la atmósfera hipogea, es decir subterránea, del suelo.(Como serían los hongos, artrópodos, moluscos, vertebrados)

Los organismos de tipo micro, (tamaño inferior a 200 μm) presentes en el suelo, se establecen generalmente en la rizosfera (región del suelo influenciada por la raíz, con alta cantidad de carbono disponible). En este grupo están incluidos tanto la microflora como la microfauna:

***Microflora (vegetales):** Bacterias, algas, actinomicetos, y hongos.

***Microfauna (animales):** Protozoarios, nematodos , rotíferos.

La población de microorganismos en el suelo presenta una disminución a medida que se aumenta la distancia a partir de la superficie de la raíz de la planta y la profundidad del suelo.

7. Microflora del suelo: Las bacterias.

Bacterias: Las Bacterias influyen en la Oxidación de diferentes elementos y compuestos: Hierro (Fe), Ácido Sulfhídrico (HS), Azufre elemental(S), Mineral Pirita (FeS₂) y Cobre (Cu). Las bacterias participan en los procesos de reducción de hierro, manganeso y sulfato. Todos los procesos mencionados producen cambios en las condiciones nutricionales y en la mineralogía del medio, condicionando así su evolución y el tipo de organismos mayores que pueden establecerse en él. Existen varias condiciones del suelo, que pueden favorecer o no la presencia de las bacterias:

- la Materia Orgánica, que asegura el suministro de carbono. La materia orgánica es el nutriente esencial para el sustento y la supervivencia de los seres vivos en general.

- Humedad: parámetro que debe coincidir con la capacidad de campo del suelo (50-75%).

- Temperatura: una condición estricta, debido a la sensibilidad de las bacterias respecto a los cambios. La temperatura debe encontrarse entre un rango de 25°C a 35°C, para garantizar condiciones óptimas.

- pH: Al igual que la temperatura, es una condición muy estricta. El pH debe encontrarse muy cercano, o muy próximo a la neutralidad, entre 6.5 y 8.5.

De las bacterias que es muy factible encontrar en el suelo, sobresalen las *Eubacterias*, que son microorganismos que tienen células procariotas y se reproducen asexualmente. Representan un problema para la salud pública ya que se encuentran fácilmente en alimentos como carne y huevos mal cocidos. Son útiles en la preparación del vino a partir de uvas y en la fermentación de la leche para la producción del yogurt. Las eubacterias se presentan en los siguientes 11 grupos de afinidad genética:

1. *Proteobacterias*, 2. *Bacterias verdes del azufre*, 3. *Bacterias no sulfúricas*, 4. *Cianobacterias*, 5. *Planctomicetes/ Pirella*, 6. *Espiroquetas*, 7. *Bacterioides*. 8. *Clamidias*, 9. *Deinococcus/ Thermus*
10. *Eubacterias Gram Positivas*, y 11. *Thermotoga / Thermosifo*.

De estos once grupos de afinidad genética, los cuatro más importantes en el suelo son las cianobacterias, las proteobacterias, las Eubacterias y las Arqueobacterias.

1. Las Cianobacterias : son un tipo de bacteria capaz de realizar fotosíntesis oxigénica . Que es un tipo de fotosíntesis en la que el agua es el donante primario de electrones, por lo que libera oxígeno (O₂) como subproducto. En este grupo se destacan por su importancia en el suelo: *Anabaena*, *Nostoc* y *Calothrix*. La principal importancia de este tipo de bacterias es la capacidad de generar oxígeno en la actividad fotosintética, lo que hace pensar que las bacterias de este tipo fueron los organismos responsables de generar la atmósfera primitiva en el mundo. Mejoran además la calidad del suelo e incrementan el rendimiento agrícola de ciertos cultivos como el del arroz evitando la fertilización del suelo al incorporar nitrógeno atmosférico.

2. Las Proteobacterias: Son un grupo importante de bacterias ya que estas incluyen una amplia variedad de patógenos, algunas son importantes en el suelo debido a su capacidad de fijación del nitrógeno. Se les conoce como bacterias color púrpura debido a su pigmentación. Se presentan gran cantidad de estos microorganismos en el suelo tales como: *Rhizobium*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, *Nitrosomas*, *Thiobacillus*, *Azotobacter*, *Agrobacterium*, *Derxia*, entre otros.

3. Las Eubacterias Gram Positivas: dentro de este grupo los más importantes en el suelo son los Actinomicetos, los cuales son muy activos en la descomposición de la celulosa y de otros compuestos resistentes del suelo, por lo que son importantes en la Humificación de la materia orgánica y en la fijación del nitrógeno. Otros microorganismos de este tipo importantes en el suelo son los *Clostridium* y *Bacillus*.

4. Las Arqueobacterias: las arqueobacterias representan cerca del 20% del total de la biomasa de la tierra ya que presentan la capacidad de

existir en una gran variedad de hábitats. Como se dijo anteriormente, son organismos que sobreviven en condiciones ambientales extremas, que se pueden representar en otros cuatro grupos diferentes: (a) las halófitas, (b) las metanógenas, (c) las termofílicas, y (d) las thermoplasma:

A. Halófitas: Arqueobacterias de ambientes extremadamente salinos, como el Mar Muerto. Requieren concentraciones mayores a 10% de sal, o cloruro de sodio (NaCl), para vivir, y pueden tolerar hasta 34% de NaCl. Las halófilas forman parte de un grupo de organismos conocidos como extremófilos; es decir: amantes de las condiciones extremas. No son muy importantes en el suelo.

B. Metanógenas: son anaerobias obligadas, tienen un metabolismo que puede usar el H₂ como fuente de energía y el CO₂ como fuente de carbono para su crecimiento. Se pueden encontrar en sedimentos marinos, pantanos, tracto intestinal de animales y en suelos muy profundos. Son microorganismos productores de metano (CH₄). No son considerablemente importantes.

C. Termofílicas. Este tipo de organismos requieren temperaturas extremadamente altas para crecer (80°C-105°C). Ejemplos de este tipo de bacterias son los organismos vivos que se desarrollan al lado de las fumarolas o chimeneas hidrotermales en las profundidades del océano. Son capaces de oxidar el Sulfuro a ácido Sulfúrico.

D. Thermoplasma: bacterias que sobreviven en condiciones ambientales excepcionales (Temperaturas de 55°C, pH=2). Prosperan en ambientes ácidos y de alta temperatura. La bacteria Thermoplasma es un anaerobio facultativo que respira azufre y carbono orgánico.

8. Microflora del suelo: Las algas.

Las algas son organismos eucarióticos fotoautótrofos (requieren solamente de luz, agua y dióxido de carbono para crecer), considerados por algunos como organismos fotosintéticos muy importantes, pues capturan más energía solar y producen más oxígeno que todas las plantas combinadas. Pueden adaptarse a cambios de ambientes y sobreviven en medios alcalinos y desérticos. Generalmente se concentran en la superficie, pueden ser encontradas en suelos, ríos lagos y en el mar.

Las algas pueden ser: *endófitas* (viven dentro de otras plantas), *epífitas* (crecen sobre las plantas), *epipélicas* (crecen en sedimentos de ríos, lagos, etc), *epilíticas* (crecen sobre superficies rocosas) y *episámmicas* (crecen sobre los granos de arena). Su importancia ecológica radica en que sirven de albergue para ciertos microorganismos, invertebrados y peces. Son importantes en el proceso de colonización del material parental, forman una capa de nutrientes sobre la roca sobre las

que luego se fijan bacterias y hongos, dejando el campo abonado para la aparición de plantas superiores.

Las algas son así iniciadoras del ciclo biológico y del proceso de formación del suelo dado a su extraordinaria facilidad de fijarse y alterar las rocas, y son fuente importante de materia orgánica. Ayudan a solubilizar los minerales del suelo, acelerando el proceso de intemperización. Este proceso (la "intemperización") incluye la fractura física y la descomposición química de las rocas y material suelto sobre la superficie terrestre. Esto ocurre cuando esos materiales son expuestos a las condiciones de la superficie terrestre, donde muchas rocas se vuelven inestables. Las cuatro algas más comunes en los suelos son las *Chlorophytas*, las *Chrysophytas*, las *chlorella* y las *Navículas*.

1.Las: *Chlorophytas* también llamadas algas verdes. Presentan otros pigmentos, pero estos no enmascaran el verde de la clorofila a diferencia de las algas rojas y pardas. incluye alrededor de 8.200 especies de organismos eucariotas, que en su mayoría son especies acuáticas fotosintéticas. Todas las especies contienen clorofilas *a* y *b*, almacenan β -caroteno y sustancias de reserva como almidón. Si bien la mayoría de las especies viven en hábitats de agua dulce y un gran número en hábitats marinos, otras especies se adaptan a una amplia gama de entornos.

2.*Chrysophyta*. La división "*Chrysophyta*" incluye tres clases: las algas doradas, las algas amarillo-verdosas y las diatomeas. Son organismos unicelulares que pueden nadar libremente en ambientes de agua dulce, aunque pueden agruparse y formar estructuras filamentosas o colonias. Comunes en suelos neutros y alcalinos.

3.*Chlorella*: es un alga microscópica, género de algas verdes unicelulares del filo *Chlorophyta* de agua dulce, que existe en la Tierra. Debido a su existencia elemental y a su rápido crecimiento, la *chlorella* contiene una gran concentración y variedad de nutrientes esenciales para la vida, principalmente proteínas, vitaminas y minerales. Lo que la convierte en la mayor fuente de clorofila que se pueda encontrar en un vegetal;

4.*Navículas*: Genero de algas principalmente acuática, eucariotas, organismos fotosintéticos. Define a un grupo de algas unicelulares o una especie de diatomea (algas fosilizadas que se utilizan en forma de tierra y con distintos usos, como fertilizantes orgánicos y naturales o insecticidas ecológicos para los cultivos, entre muchos otros usos habituales), o el grupo de heteroconto muy abundante y copioso en aguas dulces y marinas, cuyo caparazón tiene una forma de navecilla, pertenece taxonómicamente al reino de los protistas.

Los Extractos de Algas. Estos productos incluyen polisacáridos como el "*laminarano*", (un polisacárido formado por unidades de glicosa que se encuentra en las algas pardas), alginatos, arragenanos y sus productos de degradación. Los extractos de algas tienen además otros componentes que contribuyen a la promoción del crecimiento vegetal, como los micros y macronutrientes, fitoesteroles (que reducen la absorción de colesterol), las betainas (aminas cuaternarias que sintetizan las plantas como respuesta adaptativa a situaciones de déficit hídrico) y diferentes hormonas. Algunos de estos compuestos son exclusivos de su origen algal, lo que explica su interés agrícola. Junto con los demás componentes de la agro-biocenosis, forman una parte importante del capital biológico de los terrenos.

Los extractos de algas actúan sobre los suelos y sobre las plantas siendo muy eficaces como biofertilizantes para aplicación en suelo y foliar. Son materiales naturales, no tóxicos, que promueven el crecimiento, rendimiento y mejora de la calidad de los cultivos. En los predios, sus polisacáridos contribuyen a la retención de agua y a la aeración del suelo. A la vez, sus compuestos poli-aniónicos ayudan a la fijación e intercambio de cationes que luego fijarán los tóxicos metales pesados. También poseen efectos positivos a través de la microflora del suelo, notoriamente las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y antagonistas de patógenos. Sus efectos bio-estimulantes favorecen la germinación de las semillas, así como un mayor crecimiento y desarrollo de la planta debido a su acción hormonal. También hay que destacar sus efectos antiestrés al favorecer compuestos protectores como los antioxidantes y los reguladores genéticos. Por ejemplo, la aplicación en viñedos del extracto de alga marina al suelo y a la planta, aumenta el contenido de clorofila de las hojas. (Cf. Universidad Antonio Narro. Saltillo)

Muchas de estas especies de algas marinas crecen a lo largo de las costas, por lo que su composición bioquímica depende de su localización y de las condiciones del lugar donde crecen. Por ello, su contenido en principios activos variará entre cada especie y dentro de la misma especie en función a la disponibilidad de nutrientes, luz, salinidad, profundidad, presencia de corrientes de agua dulce y, por supuesto, contaminación o contenido en metales pesados en el agua.

Las algas pardas son quizá las de mayor uso en el sector agrícola. Algunas de las algas pardas crecen siempre sumergidas en agua, no emergen en los momentos de marea baja. Dentro de este tipo podemos encontrar algas como *Laminaria digitata*, entre otras. Mientras que especies como *Fucus sp*; o *Ascophyllum nodosum* soportan periodos de inmersión y periodos donde quedan expuestas a la intemperie, siguiendo los ciclos de marea (cada 12 horas). Esta condición de desarrollo ha

supuesto un fenómeno de adaptación fisiológica con consecuencias particulares en la composición bioquímica de estas algas, dado que éstas han tenido que desarrollar mecanismos de defensa frente a continuas situaciones de estrés térmico, salino e hídrico, confiriéndoles importantes propiedades para su aprovechamiento agrícola.

Las algas contienen esencialmente 4 tipos de componentes: coloides, fitohormonas, aminoácidos, nutrientes minerales, azúcares. Se intentó explicar las virtudes de las algas en base a los elementos traza; pero se ha comprobado que su contribución a las necesidades de las plantas es insignificante, en tanto que sustancias tales como el manitol y el ácido algínico (polisacárido del alga parda *Laminaria*), sí ayudan en la absorción y translocación de nutrientes gracias a sus propiedades de formar quelatos, razón por la que se agregan los productos derivados de algas a los fertilizantes foliares.

Hoy la teoría de actividad vegetal de mayor aceptación apunta a la presencia de hormonas vegetales en bajos niveles ya que se han identificado moléculas activas de dos grupos de fitohormonas, auxinas y citoquininas, en la mayoría de los productos derivados de algas. También se ha encontrado actividad de giberelinas en preparaciones de algas frescas.

9. Microflora del suelo: Los actinomicetos.

Los actinomicetos, son microorganismos del suelo caracterizados por ser organismos intermedios entre los hongos y las bacterias. Tienen aspecto filamentoso y, al igual que los hongos, la capacidad de segregar antibióticos (estreptomocina, aureomicina, terramicina, cloromicetina y tetraciclina). Por otro lado, como las bacterias, los actinomicetos realizan numerosas reacciones bioquímicas y participan en el proceso de formación de humus y en la alimentación de las plantas al mineralizar la materia orgánica. Algunas especies pueden fijar nitrógeno atmosférico en asociación con algunas especies de árboles. Su número en el suelo agrícola es elevado (un millón a cien millones por gramo de tierra). Su peso medio es de una tonelada por hectárea.

Sin duda los actinomicetos son de gran importancia para la disolución de la materia orgánica del suelo y la liberación de nutrientes de ella. Reducen a formas más sencillas los compuestos más resistentes, como la lignina. La capacidad de los actinomicetos de simplificar el humus es importante, especialmente respecto al nitrógeno. Considerables cantidades de este elemento parecen estar relacionadas con formas húmicas complejas y pueden quedar sin asimilar por las plantas

superiores. Los actinomicetos tienen la habilidad de volver a poner estas sustancias en circulación, junto a los hongos y las bacterias, como agentes fertilizantes en el suelo cultivable. Como antagonistas microbianos los actinomicetos regulan la composición de la comunidad en el ecosistema del suelo, en parte porque excretan antibióticos y enzimas de lisis, lo que tiene utilidad en el control biológico de insectos, nematodos y otros patógenos vegetales.

10. Microflora del suelo: los hongos.

Los hongos en el suelo juegan un papel importante en los procesos de descomposición, mineralización y reciclaje de nutrientes en las plantas, formando asociaciones con sus raíces llamadas Micorrizas. Además, los hongos compiten con las plantas por nitratos y amonio e interactúan con algunos organismos del suelo tales como bacterias y pequeños invertebrados. Son muy eficientes en la descomposición de compuestos resistentes a otros microorganismos, tales como la celulosa, la lignina, grasas y almidones. También se conoce su gran importancia en la cadena alimenticia del suelo, especialmente para la mesofauna. En suelos agrícolas cultivados y bien aireados, los hongos representan la mayor parte de la biomasa (microorganismos) presente en este tipo de suelo. Por último, los hongos participan en la descomposición del *litter* de los suelos ácidos, así como en los procesos de humificación. (Procesos responsables de la transformación de la materia orgánica y formación del humus). Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de los hongos son:

- Nutrientes: requieren sustratos carbonáceos oxidables.
- Temperatura: entre 25° y 35° C, no son resistentes a temperaturas extremas.
- pH: se adaptan fácilmente a suelos ácidos (pH < 7.0).
- Humedad: no resisten condiciones de sequía ni de saturación.

Algunos hongos de importancia en los suelos son los llamados Botrytis y Fusarium. Se presentan sus principales características:

Botrytis (Botrytis Cinerea o Moho Gris): El moho gris es un hongo patógeno, capaz de atacar hasta 200 variedades de plantas (entre ellas la marihuana). Se presenta ante factores de humedad altos, ya que es indispensable para su desarrollo, así que la aparición de infecciones por hongos es directamente proporcional a este parámetro. La temperatura ideal para la aparición de la botrytis es de 17° a 25°C. Se presenta igualmente cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son muy grandes, porque cuando las temperaturas bajan drásticamente al final del día se da un aumento de la humedad en el ambiente.

Fusarium: (*Fusarium oxysporum*) genero de hongos filamentosos que se encuentra ampliamente distribuidos en el suelo. Por lo general se presentan como saprófitos en el suelo, o también como patógeno especializado, denominado forma especial, según la planta hospedante u hospedantes relacionados que afecte. Es el agente que causa la enfermedad conocida como amarillamiento por *Fusarium* o marchitamiento por *Fusarium*, en la cual invade y deteriora el sistema vascular de la planta, por ello se marchita, y finalmente, muere

11. Los Hongos Micorrizas Arbusculares.

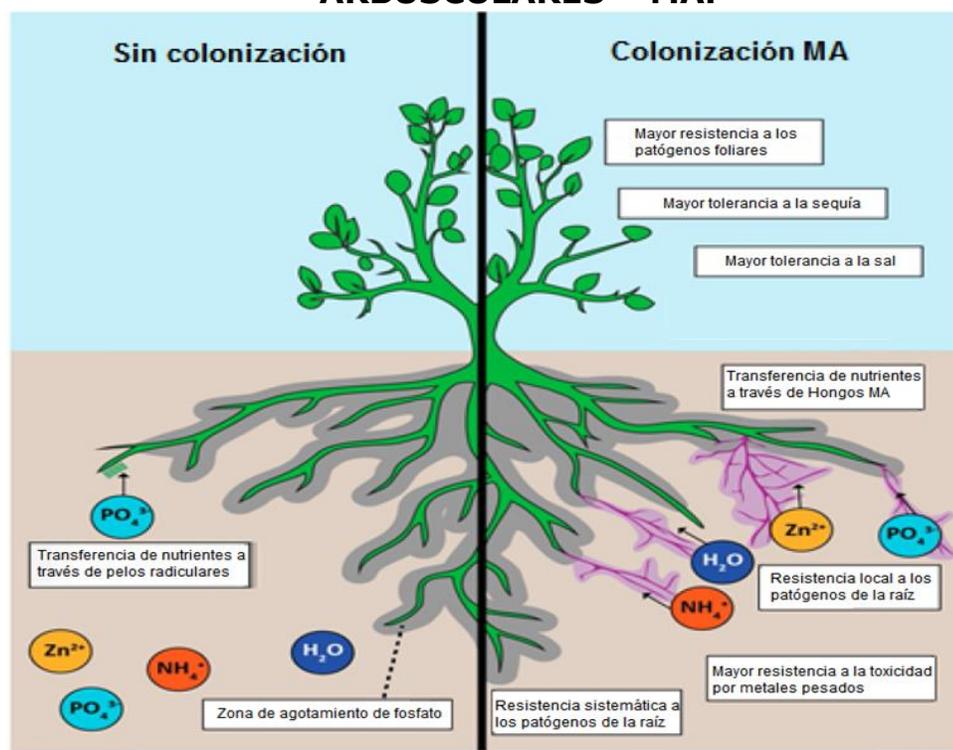
El origen etimológico del término "micorriza" proviene del griego "mykos" (hongo) y del vocablo latino "rhiza" (raíz). Se dice que las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos hongos del suelo. Su existencia se conoce desde 1885, pero fueron consideradas curiosidades excepcionales. Hoy se cree que más del 97% de especies vegetales terrestres están micorrizadas. Se dice que es una "asociación mutualista" dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes. Comprende la penetración radical por parte del hongo y la carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera.

Una Micorriza Arbuscular (MA) es un tipo de endomicorriza en la que el hongo penetra en las células corticales de las raíces de una planta vascular. Las micorrizas arbusculares se caracterizan por la formación de estructuras únicas, arbuscúlos y vesículas de los hongos del *phylum Glomeromycota*. En esta asociación simbiótica, el hongo ayuda a la planta a capturar nutrientes como fósforo, azufre, nitrógeno y micronutrientes del suelo.

Las micorrizas crean filamentos o hilos que aumentan el área de absorción de las raíces y actúan como una extensión del sistema de raíces. Esto hace que las raíces de la planta sean mucho más efectivas en la absorción de agua y nutrientes como el fósforo y el zinc. A cambio, el hongo recibe azúcares esenciales y varios compuestos de las raíces para alimentar su propio crecimiento. Algunas especies de micorrizas se pueden ver en las raíces, mientras que la mayoría son invisibles a simple vista. Las micorrizas mejoran la salud de las plantas. Mejoran la capacidad de la planta para tolerar el estrés ambiental (como la sequía y el clima invernal seco) y reducen el impacto del trasplante.

Las plantas con micorrizas pueden necesitar menos fertilizante y pueden tener menos enfermedades transmitidas por el suelo. Un subproducto de la actividad de micorrización es la producción de *glomalina*, un compuesto primario que mejora el labrado del suelo.

GRÁFICA 4.
PLANTAS CON Y SIN COLONIZACIÓN DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES – MA.



En términos simples, la *glomalina* pega las pequeñas partículas de arcilla juntas en agregados más grandes, aumentando así la cantidad de espacio de poro grande, que a su vez crea un entorno ideal para las raíces. Se cree que el desarrollo de la simbiosis con micorrizas arbusculares jugó un papel crucial en la colonización inicial de la tierra por las plantas y en la evolución de las plantas vasculares.

Las micorrizas arbusculares se encuentran en el 80% de las familias de plantas vasculares que se conocen. Las ventajas proporcionadas a las plantas por la micorrización son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a ciertos estreses ambientales que afectan al suelo como la salinidad⁶ los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada. (*Jun Wasaki* . *Ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 2010 en línea).

Todo esto redundando en una mayor longevidad de la planta: de hecho, se ha comprobado que algunos árboles, como los pinos, pueden vivir más años que los pinos sin micorrizar. En otras especies, esta unión es tan estrecha que sin ella la planta no puede subsistir, como es el caso de las orquídeas. Las plantas cuyas semillas carecen de endosperma (que son sustancias alimenticias de reserva) dependen completamente del hongo para poder alimentarse y germinar posteriormente. La infección de la raíz por el hongo se produce a partir de propágulos presentes en el suelo. Pueden ser esporas y trozos de hifas del hongo y también raíces ya micorrizadas. Con el fin de asegurar el éxito de la empresa, la siembra de la mayoría de las plantas comestibles o de decoración y las repoblaciones forestales que se llevan a cabo en la actualidad acompañan las nuevas plantas y brotes con fragmentos del hongo más adecuado para establecer asociaciones micorrícicas con cada especie que se vaya a cultivar.

La mayoría de las plantas terrestres presentan micorrizas, y lo más probable es que las restantes desciendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. En el caso de los hongos, la mayor parte de las 5.000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división *Basidiomycota*, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de *Ascomycota*. La tercera división que se ha observado formando micorrizas es *Glomeromycota*, un grupo que solo se conoce en asociación micorrizógena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces. Según su morfología, las micorrizas se dividen en distintos grupos entre los que cabe destacar dos principales: las ectomicorrizas y las endomicorrizas.

- Las ectomicorrizas se caracterizan porque las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, sino que se ubican sobre y entre las separaciones de estas. Se pueden observar a simple vista y presentan la llamada *Red de Hartig*. Este tipo de micorrización es el que predomina entre los árboles de zonas templadas, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota*.
- Las endomicorrizas son aparentemente las más comunes en la naturaleza, ya que ocurren en la mayoría de los suelos y en el 90% de las familias de plantas de la tierra. La importancia de las endomicorrizas es muy considerable debido a sus numerosos efectos benéficos sobre las plantas, que van desde incrementos en la absorción de nutrientes en el suelo, su influencia sobre las relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos, hasta el importante papel ecológico que estas asociaciones parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales. (*Ver inciso 3.5. El fósforo en el suelo*)

Las endomicorrizas (o micorrizas endotróficas): o No forman un manto fúngico ni red de Hartig en la raíz; el micelio puede ser intercelular o intracelular. Se distinguen:

♣ Micorrizas vesículo-arbusculares o 'MVA'. Que forman unas estructuras especializadas, los arbuscúlos, dentro de las células del córtex radical, que no llegan a romper la membrana plasmática (la cual se invagina en torno a ellos). Por medio de los arbuscúlos se realiza la transferencia de nutrientes entre los dos simbioses. También son frecuentes las vesículas, de localización variable y que funcionan como órganos de reserva. También, en el micelio exterior se pueden formar azigósporas o esporocarpos. Las MVA se dan en más del 80% de las especies de vegetales superiores (briófitos, pteridófitos, gimnospermas y angiospermas).

♣ Los hongos responsables son *glomeromicetos* (antes se incluían en zigomicetos) de la familia endogonáceos (*Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*).

♣ Micorrizas orquioides, donde el hongo suele formar ovillos en las células de la raíz. Se dan entre orquídeas y basidiomicetos. Estas plantas carecen de clorofila en alguna fase de su vida, por lo que necesitan obligatoriamente al hongo para sobrevivir.

♣ Micorrizas ericoides ♣ En este caso, el hongo forma en las células de la raíz estructuras sin organización aparente, como masas compactas.

GRÁFICA 5. RAICES CON Y SIN MICORRIZACIÓN.



Raíces no micorrizadas (izquierda); raíces micorrizadas (derecha).

Debido a los efectos negativos que han causado los fertilizantes químicos en el deterioro del medio ambiente, se trabaja en la introducción de alternativas de fertilización en el manejo de los cultivos. La micorrización es una de las técnicas biológicas empleadas. Las relaciones micorrízicas pueden ser la clave para disminuir la cantidad de fertilizantes (especialmente fosfatos) que debe aplicarse para obtener buenos rendimientos. (Cf. Las Micorrizas MVA. West Analítica).

Recordatorio. Microfauna del Suelo.

La microfauna se refiere a las formas de vida animal de ancho menor a 0.1 mm. El principal papel de la microfauna en el suelo es la disgregación de la materia orgánica y la diseminación de la microflora. Un ejemplo particular de la función de la microfauna se puede ver en el suelo, donde son importantes en el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas. Son capaces de digerir casi cualquier sustancia orgánica, y algunas sustancias inorgánicas (tales como TNT y caucho sintético). Estos organismos suelen ser eslabones esenciales de la cadena alimentaria entre productores primarios y las especies más grandes. Por ejemplo, el zooplancton son animales microscópicos generalizadas y protistas que se alimentan de algas y detritus en el océano. Incluyen foraminifera y krill, que son la fuente primaria de alimento para incluso los animales como las ballenas. También microfauna ayudar en la digestión y otros procesos en los organismos más grandes. La microfauna incluye principalmente protozoarios, nemátodos y rotíferos. Hay autores que consideran los nematodos como parte de la mesofauna, debido a su abundancia en el suelo.

(Cf. *Microfauna. Francia Agrícola*).

12. La Microfauna del suelo: Los Protozoarios

Los protozoarios son animales pertenecientes al reino protistas, unicelulares. Transforman por medio de su digestión la materia orgánica insoluble en materia orgánica soluble. Tienen una gran importancia en la actividad ecológica del suelo ya que contribuyen a la fertilidad del suelo descomponiendo la materia orgánica y controlan poblaciones de microorganismos en el suelo, pues bacterias y algas. Las condiciones óptimas para su desarrollo son:

- Temperatura: alrededor de 30° C
- Humedad: requieren suelos húmedos o saturados.
- pH: rango adecuado entre 6 y 8
- Materia orgánica: la adición de materia orgánica fresca incrementa sus poblaciones.

A continuación se describen los cuatro tipos de protozoarios que más usualmente participan en la biocenosis :

Sporozoa. Los “*esporozoos*” son parásitos obligados de diversos grupos (protistas, animales u hongos). Viven dentro de las células de sus huéspedes

(hospedadores), y pueden llegar a ser patógenos (producir enfermedades). Presentan generalmente alternancia entre fases de reproducción sexual y otras de multiplicación asexual.

Ciliata o Ciliophora : Filo del reino protista, son únicos entre los protozoarios, poseen dos tipos de núcleos , uno pequeño o micro-núcleo, el otro mayor o macro núcleo; el primero con función genética, reproductora y regenerativa de las funciones del macro núcleo, éste último cumple funciones vegetativas, de nutrición, metabólica y de crecimiento.

Sarcodina: pueden ser considerados como los protozoarios más sencillos debido a que poseen relativamente pocos organitos. Los sarcodinos, también conocidos como rizópodos o clase rhizopoda, son una de las cuatro clases en las que tradicionalmente se dividía el phylum protozoarios, perteneciente al reino animal. Algunos viven en las zonas próximas a las costas.

Mastigophora: Los flagelados o mastigóforos. (Del griego mastix, látigo, y phoros, llevar) son un grupo heterogéneo de protozoos caracterizados por la presencia de uno o más flagelos largos en una o en todas las fases de su ciclo vital. Genero heterogéneo de protozoarios. Abundan en las aguas dulces y cierto número de especies están presentes en el suelo.

13. La Microfauna del suelo: Los Nemátodos.

Nematodos: corresponden a los animales pluricelulares más pequeños del suelo. Tienen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y en los ciclos de nutrientes del suelo. Pueden ser también parásitos, predadores y fitopatógenos. Los nematodos son unos gusanos con forma cilíndrica y de pequeño tamaño que habitan bajo el interior del suelo. Algunos nematodos son parásitos de las raíces de las plantas y esto provoca en ellas alteraciones celulares, daños mecánicos y un menor crecimiento. Por lo tanto, los nematodos son potencialmente destructivos para el rendimiento de algunos cultivos.

Desde el punto de vista de la clasificación biológica los nematodos se dividen en varios subgrupos: bacteriófagos, fungívoros, omnívoros, predadores y fitófagos. Los del subgrupo fitófago son los que específicamente atacan a las plantas. Los nematodos tienen un sofisticado sistema nervioso y unos órganos sensoriales que les permiten reproducirse y, por otra parte, detectar las plantas con facilidad. Su tamaño es microscópico, por lo que no son detectables a simple vista.

Los nematodos introducen su cuerpo en forma de aguja en la planta y así obtienen su alimento, pues el esófago de los nematodos absorbe el jugo celular de la planta. Estos organismos se encuentran en todo tipo de suelos. Sin embargo, para que puedan provocar un daño considerable en los cultivos es necesario que el número de nematodos sea muy elevado. Sus efectos sobre las plantas son principalmente dos: una insuficiencia en la clorofila de las plantas conocida como clorosis y una reducción del tamaño de las plantas que determina un menor rendimiento de los cultivos.

El principal problema de los nematodos consiste en que los agricultores pueden desconocer su presencia en el suelo, ya que las plantas se ven afectadas por la raíz y en menor medida por su aspecto externo. De esta manera, los agricultores tienen que enviar una muestra del suelo a un laboratorio especializado para que así se pueda determinar la presencia de nematodos. Desde un punto de vista técnico no resulta fácil identificar la presencia de estos gusanos en el suelo, pues los efectos que producen son similares a los provocados por las sequías, la carencia de nutrientes o el exceso de agua.

14. La Microfauna del suelo: los rotíferos.

Los rotíferos (*Rotifera*, del latín *rota*, "rueda" y *fera*, "los que llevan") constituyen animales pseudo celomados microscópicos (entre 0,1 y 0,5 mm) con unas 2.200 especies que habitan en aguas dulces, tierra húmeda, musgos, líquenes, hongos, e incluso en agua salada. Esta clasificación también incluye al *Acanthocephala*, el cual se clasifica actualmente en Rotifera debido a que algunos rotíferos se encuentran más emparentados con *Acanthocephala* que con otros rotíferos, haciendo que *Rotifera* sea un grupo monofilético.

El valor nutricional de los rotíferos está sujeto al alimento ofrecido; son considerados excelente alimento para larvas de peces marinos y algunos de agua dulce, gracias a su pequeño tamaño, constante movimiento en el agua, corto ciclo de vida para su cultivo. Los rotíferos contribuyen a conservar limpia el agua por alimentarse de detritos orgánicos y de otros organismos

15. Meso y Macrofauna del suelo.

Los principales grupos de animales pertenecientes a este grupo son los Artrópodos, animales con un esqueleto externo endurecido que recubre todo su cuerpo y son articulados. Los principales artrópodos son: los insectos, los arácnidos, los miriápodos y los crustáceos, en los suelos se encuentran comúnmente las moscas, los cucarrones o escarabajos, las arañas, las hormigas, las termitas, los milpiés, los ciempiés, los caracoles y las babosas



Anélidos: También conocidos como lombrices de tierra. Son animales con forma de gusano (vermiforme) y de sangre fría, por lo que requiere de ambientes húmedos para regular su temperatura. Se pueden diferenciar dos tipos de anélidos según el hábitat: *epígeas* (viven en la superficie del suelo) y *endógenas* (viven en el interior del suelo). Las condiciones ambientales que facilitan el desarrollo de los anélidos son:

- Temperatura: entre 15° y 25° C.
- Humedad: indispensable para mantener su cuerpo frío, toleran la saturación del suelo, pero con presencia de oxígeno.
- pH: entre 5,5 y 6,5. (Cf. Wikipedia)

Recordatorio. Materia Orgánica y Rizobios.

La materia orgánica del suelo está compuesta de una amplia variedad de sustancias orgánicas. Derivado de plantas, animales y organismos del suelo, el "grupo" de materia orgánica del suelo se puede dividir en cuatro categorías. Primero están los organismos vivos y las raíces, que constituyen menos del 5% del total del grupo. En segundo lugar, están los residuos de plantas muertas, animales y organismos del suelo que aún no han comenzado a descomponerse (<10%). El tercero es la porción que experimenta descomposición rápida (20-45%). Cuarto es la materia orgánica estabilizada (humus) que queda después de una mayor descomposición por microorganismos del suelo (50-80%).

La materia orgánica estabilizada, o *humus*, es el conjunto de materia orgánica del suelo que tiene los beneficios más duraderos para los agricultores. Después de una rápida descomposición, permanece una mezcla de compuestos orgánicos estables y complejos, que se descomponen lentamente con el tiempo (aproximadamente 3% por año). El humus es una mezcla de pequeñas partículas sólidas y compuestos solubles que son demasiado complejos químicamente para ser utilizados por la mayoría de los organismos. El humus contiene un popurrí de azúcares, gomas, resinas, proteínas, grasas, ceras y lignina. Esta mezcla juega un papel importante en la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo. Como punto de aclaración, los productos comerciales en ocasiones llevan enmiendas de suelo etiquetadas como humus. Con frecuencia algunos de estos productos no cumplen con la definición de "*humus*" que hemos aquí presentado.

En el mercado nacional se pueden comprar productos destinados a introducir microorganismos en las parcelas agrícolas. Cuando la materia orgánica y el agua están disponibles, las poblaciones de microorganismos pueden aumentar rápidamente. Puede ser mejor nutrir las comunidades existentes en lugar de introducir microorganismos externos. La inoculación con rizobios generalmente no es necesaria, a menos que se esté plantando un cultivo leguminoso por primera vez. En este caso, conviene comprar el inoculante apropiado (bacteria) para la legumbre vegetal que se planta. La inoculación en los años futuros no será ya necesaria, porque los rizobios producen estructuras de supervivencia para pasar el invierno.

16. Un ambiente favorable para su *capital biológico*.

Un ambiente favorable para los organismos benéficos del suelo mejora la productividad de los cultivos. Algo fundamental para tener un suelo fértil y saludable que favorezca el crecimiento vegetal óptimo.

- Agregue materia orgánica al suelo. Los organismos del suelo requieren una fuente de alimento de las enmiendas del suelo (compost, residuos de los cultivos) y / o mantillo. Use mantillo orgánico: estabiliza la humedad y la temperatura del suelo, y agrega materia orgánica. Los mantillos pueden ayudar a prevenir la compactación del suelo y proteger los niveles de oxígeno del suelo que necesitan los organismos y las raíces del suelo. NOTA: El término '*mulch*' se refiere al material colocado en la superficie del suelo. Un *mulch* controla las malas hierbas, conserva el

agua, modera la temperatura del suelo y tiene un impacto directo en la actividad de los microorganismos del suelo. La enmienda al suelo se refiere a materiales mezclados en el suelo.

- Riegue eficazmente. Los organismos del suelo requieren un ambiente húmedo (como una esponja escurrida) pero no empapado, entre 50-90 ° F. La actividad del organismo del suelo puede verse reducida debido a las condiciones de suelo seco que son comunes en el otoño y el invierno. Evite la irrigación excesiva porque los suelos inundados de agua serán dañinos para los organismos beneficiosos del suelo.

- Evite la labranza innecesaria, ya que destruirá las micorrizas y la estructura del suelo. En lugar de labrar, mantillo para controlar las malas hierbas.

- Evite las aplicaciones de pesticidas y agroquímicos. Algunos fungicidas, insecticidas y herbicidas son dañinos para varios tipos de organismos del suelo. • Evite las láminas de plástico debajo del mantillo de roca. Esta práctica desalienta la actividad de los microorganismos al reducir el movimiento del agua y el aire y prevenir la incorporación de materia orgánica.

17. ¿QUIÉNES SOMOS?

Laboratorios A-L de México SA de CV es una empresa mexicana con criterios éticos orientados hacia un sistema socioeconómico más solidario, equitativo y sostenible. Coincidimos con la declaración de principios de las "Empresas de Economía Solidaria", en cuanto que consideramos que el objetivo final de nuestra actividad empresarial debe ser colaborar al bienestar de las personas. Nuestra misión es compartir, transmitir y promover la agroecología sustentable como la mejor alternativa ética y política al servicio de la Vida.

Nuestros servicios analíticos de suelo agrícola, plantas, agua de riego, control de calidad de insumos y materias primas agrícolas, son fundamentales en el sector primario. Estamos enfocados a coadyuvar en el mejoramiento de la producción y de la calidad del sector agrícola mexicano. Para ello utilizamos tecnologías de primer nivel mundial en todos los análisis fisicoquímicos. Somos, además, pioneros en la aplicación de análisis genómicos en la caracterización y diagnóstico de suelos agrícola.

Contamos con un departamento de "Información y Conocimiento" en el cual editamos y hacemos difusión gratuita de técnicas relacionadas con los servicios analíticos que prestamos, así como información oportuna relativa a los cultivos más usuales en el campo mexicano, y documentos técnicos sobre los servicios de metagenómica aplicada a la agricultura.

SERVICIOS ANALÍTICOS AL SECTOR AGRÍCOLA :

1. **FERTILIDAD FÍSICOQUÍMICA DE SUELOS.** Paquetes de 23, 27, 29 y 32 parámetros.
2. **DIAGNÓSTICO METAGENÓMICO DE SUELOS AGRÍCOLAS.** Incluye fitopatógenos y pruebas de carbono orgánico, total y activo para procesos de Captura de Carbono.
3. **CAMPOS DE GOLF, DEPORTIVOS Y JARDINES.** Pruebas fisicoquímicas y genómicas de suelos.
4. **SALINIDAD Y SALES SOLUBLES .** Pruebas fisicoquímicas. Relación C/N del suelo.
5. **ANÁLISIS FOLIARES.** Contenido de nutrientes en tejidos vegetales.
6. **CALIDAD DEL AGUA .** Usos en irrigación, ganadería, granjas avícolas y piscícolas.
7. **DIAGNÓSTICOS MICROBIOLÓGICOS.** Paquetes de microscopía.
8. **PLAGUICIDAS.** Perfiles en agua, plantas, suelo, alimentos e insumos diversos.
9. **INSUMOS. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD :**
 - compostas, lombricompostas y lixiviados. Relación C/N.
 - sustratos para invernadero. Relación C/N.
 - fertilizantes granulados, líquidos y mezclas.
 - metales pesados, metaloides y no-metales, en diversas matrices.
 - Cal y yeso agrícola. Análisis de elementos, pureza del insumo, etc.
10. **ASISTENCIA ANALÍTICA.** Recuperación de suelos agotados y/o contaminados : Procesos de Captura de Carbono.





LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle. 44550 Guadalajara, Jalisco.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Información adicional: kcalderon@allabs.com.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria.

VALORAMOS LA LIBERTAD DE INFORMACIÓN.

ESTE ARTÍCULO ES GRATUITO Y PUEDE SER REPRODUCIDO SIN NINGUNA LIMITANTE.