

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"IMPORTANCIA DE LA INOCULACION SIMULTANEA
DE ENDOMICORRIZA Y RHIZOBIUM"

T E S I S

Que para obtener el Título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a n:

DORIS GUADALUPE BALBUENA ROBLES
ADORACION DE LA TORRE SANCHEZ

México, D. F.

1980

M-21630



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PRESIDENTE: Profesora Catalina Orozco Victoria.
VOCAL: Profesor Alfredo Echeagaray Alendán.
SECRETARIO: Profesora Rosa Ma. Ramírez Gama.
PRIMER SUPLENTE: Profesora Elda Peniche Quintana.
SEGUNDO SUPLENTE: Profesor Jorge Soto Soria.

Sitio donde se desarrollo el tema: Facultad de Química.

Nombre completo y firma de las sustentantes:

Doris Guadalupe Balbuena Robles.

Adoración de la Torre Sánchez.

Nombre completo y firma del asesor del tema:

Rosa Ma. Ramírez Gama.



DEPTO. DE PASANTES Y
EXÁMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

CON ETERNO AGRADECIMIENTO A NUESTROS PADRES:

Sr. Alfredo Balbuena Aroche. Sr. Manuel De la Torre Tinoco.

Sra. Lucila Robles de Balbuena. Sra. Judith Sánchez de De la Torre.

CON CARÍO A NUESTROS HERMANOS.

CON AFECTO Y GRATITUD A NUESTRA MAESTRA:

Rosa Ma. Ramírez Gama.

A NUESTRA ESCUELA:

FACULTAD DE QUIMICA.

U. N. A. M.

CON AGRADECIMIENTO A LA SRA.

Rosa Ma. B. de Silva.

Por su valiosa ayuda.

Con amor:

A mi esposo y mi hija.

I N D I C E

	PAG.
I.- INTRODUCCION.	1
II.- GENERALIDADES.	
Importancia del nitrógeno y fósforo en la agricultura	4
Transformaciones de nitrógeno y fósforo en el suelo. .	7
Utilización de fertilizantes minerales.	17
Importancia de los fertilizantes bacterianos.	23
Rhizobium.	
Micorrizas.	
III.- REVISION BIBLIOGRAFICA.	
Efecto de la infección de hongos formadores de micorri- zas sobre el desarrollo de vegetales.	40
El efecto del fósforo sobre la micorrización.	43
Efecto de la inoculación simultánea de Rhizobium y hon- gos formadores de endomicorrizas sobre el desarrollo de leguminosas.	48
IV.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.	60
V.- BIBLIOGRAFIA	63

I. INTRODUCCION.

Con mucha facilidad suele confundirse el término fertilidad del suelo con el de productividad, pero existe una gran diferencia entre estos términos. La fertilidad del suelo se define como la capacidad del suelo para suministrar todos los nutrientes necesarios para la planta en forma disponible y equilibrada, ya que el exceso de una sustancia interfiere en el equilibrio correcto de iones y sustancias nutritivas.

Un suelo productivo es aquel que tiene capacidad para producir cosechas. Por lo tanto, dicha propiedad depende de varios factores como son: la disponibilidad o su abastecimiento mediante prácticas adecuadas de agua, un clima favorable, la fertilidad del suelo, etc. Según las definiciones anteriores un suelo puede ser fértil sin ser productivo, o sea que tiene un suministro adecuado y rápido de nutrimentos pero sin tener por ejemplo, un abastecimiento suficiente de agua, lo que lo hace improductivo.

La fertilidad del suelo es una medida que nos indica la condición de los nutrimentos de la planta en el suelo, en cambio la productividad está determinada por varios factores los cuales influyen decididamente en la capacidad de producción de los cultivos.

En relación a la fertilidad, desde que Liebig diera a conocer su "Ley de restitución" en la que expone la necesidad de reponer los nutrientes que los cultivos van utilizando para su desarrollo y de esta manera mantener la fertilidad de los suelos, el uso y producción de los fertilizantes ha ido en aumento.

La importancia de los fertilizantes radica en que mediante el uso adecuado de los mismos se incrementa la producción agrícola y por lo tanto de alimentos en el mundo. El empleo de fertilizantes así como de semillas mejoradas, pesticidas y un suministro adecuado de agua forman la lista de elementos necesarios para obtener una producción agrícola satisfactoria.

Por otra parte existe un interés creciente por estudiar microorganismos que benefician el desarrollo de plantas superiores y se están realizando grandes esfuerzos para perfeccionar el conocimiento sobre la simbiosis de microorganismos-plantas superiores y su significado en la productividad agrícola.

Existe una bibliografía muy amplia sobre el efecto benéfico de los hongos formadores de endomicorrizas en la absorción de algunos minerales del suelo, tales como el Zn, K, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn y especialmente fósforo; así como de su distribución universal y la capacidad de formar asociaciones con una gran variedad de plantas incluyendo cultivos de interés agrícola, por lo que se han llevado a cabo intentos con éxito

de micorrización artificial.

Paralelamente a estos estudios existen evidencias comprobadas del efecto benéfico de la inoculación de *Rhizobium* sobre el desarrollo de leguminosas y de que este efecto es limitado por numerosos factores del suelo especialmente el contenido del fósforo en el mismo.

En base a esta información y el conocimiento de que las leguminosas forman dos tipos de asociación, una con *Rhizobium* en la que se lleva a cabo la fijación del nitrógeno atmosférico y la otra con la familia *Endogonaceae* que favorece la absorción del fósforo se han efectuado inoculaciones en leguminosas con ambos tipos de microorganismos observándose que como resultado de esta asociación tripartita las leguminosas nodulan mejor, presentan una alta actividad nitrogenásica y mayor contenido de fósforo que aquellas plantas no inoculadas o inoculadas con *Rhizobium* u hongos formadores de micorrizas separadamente.

La necesidad de aumentar la producción de alimentos en el mundo, la trascendencia de este tipo de asociación en la productividad agrícola y la subsecuente economía en el uso de fertilizantes químicos, así como la posibilidad de introducir este tipo de asociaciones en habitats deficientes de nutrientes determinó el objetivo de la presente monografía en la que trata de reunir la información sobre la endemicorrizas, su relación con los vegetales superiores e interacciones con bacterias del género *Rhizobium* y el efecto que tienen sobre el desarrollo de vegetales superiores.

II. GENERALIDADES.

IMPORTANCIA DEL NITROGENO Y EL FOSFORO EN LA AGRICULTURA.

〈Existen 90 elementos presentes en las plantas en pequeñas cantidades, pero de estos solo 16 son esenciales para su crecimiento y desarrollo〉 El nitrógeno fué descubierto como elemento en 1792 y fué hasta aproximadamente 80 años después cuando se descubrió que es esencial para las plantas. El fósforo fué descubierto en 1669 y su papel en la vida de las plantas fué probado por Posternak en 1903.

〈Los 16 elementos que se consideran esenciales son los siguientes: Carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, azufre, boro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cloro.〉 Jacob y Uexkull mencionan además al sodio y al cobalto como elementos esenciales para las plantas. Con el tiempo las técnicas para el descubrimiento de estos elementos se han ido perfeccionando y es probable que estos elementos esenciales aumenten.

Con respecto a la definición de un elemento esencial D.I. ARNON. ESTACION EXPERIMENTAL AGRICOLA DE CALIFORNIA dijo lo siguiente: Un elemento se considera esencial, si a causa de una deficiencia del mismo, la planta no puede completar su ciclo de vida; esa deficiencia es específica para elemento de que se trata y solo puede evitarse o corregirse mediante el suministro

tro del mismo; por su parte el elemento determina de manera directa la nutrición de la planta, independientemente de los efectos positivos en la corrección de algún estado microbio- no o químico desfavorable del suelo u otro medio de cultivo".>

Se han reunido una serie de características basadas en varios criterios de acuerdo a los síntomas que presenta una planta en carencia de un elemento para clasificar a este como esencial o no esencial.

Las características que se deben presentar son las siguientes:

1.- Si se excluye dicho elemento del medio nutriente de la planta de manera estricta y total se obstaculiza por completo o reduce el desarrollo.

2.- Cuando el elemento es deficiente en una forma aguda, se producen algunos síntomas bien definidos de enfermedad, los cuales no son producidos cuando la deficiencia es de otro elemento.

3.- La enfermedad producida por la deficiencia de dicho elemento es eliminada al administrarse el elemento en particular siempre y cuando el sistema vital no haya sido afectado.

<De acuerdo a lo dicho anteriormente el nitrógeno y el fósforo se consideran elementos esenciales ya que su exclusión impide que la planta complete su ciclo de vida interrumpiendo su desarrollo adecuado.>

< El nitrógeno y el fósforo en los suelos son elementos constitutivos de la materia orgánica.> Aproximadamente el 95% -

del nitrógeno total del suelo y del 5 al 60% del fósforo total del suelo se encuentran presentes como materia orgánica.

Estos nutrimentos son obtenidos por las plantas después de llevarse a cabo una degradación biológica. Por lo tanto el abastecimiento de nitrógeno y algunas cantidades de fósforo dependen de la velocidad de descomposición de la cantidad total de materia orgánica con respecto al tiempo que las plantas necesitan de estos nutrimentos.

Se ha observado que a pesar de que el nitrógeno y el fósforo son considerados elementos esenciales existen algunos problemas que obstaculizan su total aprovechamiento en el suelo.

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes y abundantes de la atmósfera. Sin embargo casi todos los organismos sufren de carencia de nitrógeno a pesar de que este se encuentra en forma abundante en la atmósfera debido a que se encuentra en forma de gas y es muy estable, razón por la cual no se puede combinar, o sea que se encuentra en la siguiente forma: N_2 ($N \equiv N$). Aquí radica la importancia del ciclo del nitrógeno en la agricultura.

La asimilabilidad del fósforo es otro problema, ya que en suelos ácidos se vuelve insoluble y más difícil de utilizar por las plantas. En muchos suelos hay aluminio y hierro libres que forman complejos insolubles que precipitan al fósforo. Se ha visto que existe quimiostatia especialmente en las leguminosas, esto ha hecho que se estudie más la rizosfera como objeto de buscar soluciones a los problemas en relación con el

7

nitrógeno y el fósforo.

TRANSFORMACIONES DEL NITROGENO Y FOSFORO EN EL SUELO.

Los vegetales fijan el nitrógeno en forma de nitratos y los incorpora a sus tejidos, de donde pasa a los organismos - animales transformándose en proteínas, con los productos de - desasimilación de los animales o los cadáveres que se descomponen vuelven al suelo y se transforma en sustancias de las - que los vegetales pueden fijarlo de nuevo, cerrándose así el llamado ciclo del nitrógeno.

El ciclo de nitrógeno consiste principalmente en: 1.- Nitrógeno orgánico asociado con el humus del suelo. 2.- Nitrógeno de amonio fijado por ciertos minerales del suelo (arcilla). 3.- Amonio inorgánico soluble y compuestos de nitrógeno.

Los caminos de introducción de nitrógeno son los siguientes:

1.- Fijación del nitrógeno atmosférico por Rhizobium y - otros microorganismos los cuales viven simbioticamente en las raíces de ciertas plantas. 2.- Fijación por microorganismos de vida libre y probablemente de aquellos que viven en las hojas de las plantas tropicales. 3.- Nitrógeno proveniente de los - fertilizantes. 4.- Compuestos de nitrógeno que provienen de materiales muertos de plantas y organismos del suelo. 5. Fija- ción en la atmósfera por descargas eléctricas.

Existen también formas de pérdida de nitrógeno que son -

principalmente: 1.- Utilización de nitrógeno por las plantas y microorganismos del suelo. 2.- Pérdidas en el drenaje del agua. 3.- Pérdidas por gas.

En el esquema número 1 se encuentran reunidas las principales transformaciones del nitrógeno.

Este proceso consiste en que las bacterias reducen el N_2 y lo incorporan a las células.

El nitrógeno se encuentra en forma de proteínas en las células vegetales. Se encuentra también en otros compuestos como son la clorofila, los nucleótidos, fosfátidos y alcaloides, así como muchas enzimas, hormonas y vitaminas, todas estas sustancias son de gran importancia fisiológica en el metabolismo de las plantas.

El nitrógeno aumenta la proporción de agua y reduce el porcentaje de calcio en los tejidos.

También fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad ayudando con esto a la producción de carbohidratos.

< Se demostró en una investigación reciente en Arkansas que cuando los cultivos se fertilizan con nitrógeno estos adquieren una mayor capacidad para absorber fósforo, potasio, calcio y más nitrógeno. La capacidad de intercambio de cationes de las raíces también es favorecida por la fertilización con nitrógeno y por lo tanto favorece la absorción de otros iones nutritivos. >

La cantidad existente de nitrógeno en la superficie te-

restre es de aproximadamente 59.42 kilogramos por metro cuadrado, sin embargo existe el problema antes mencionado de la estabilidad del nitrógeno como gas, el cual primero debe combinarse en otras formas para ser asimilado.

El nitrógeno es absorbido como iones ya sean de amonio o bien de nitrato. El nitrógeno es almacenado en la materia orgánica en el suelo; la materia orgánica contiene más o menos un 5% de nitrógeno y esto puede expresarse de la siguiente manera:

$$\%N \quad \times \quad 20 \quad = \quad \% \text{ materia orgánica.}$$

ESQUEMA NUMERO 1
CICLO DEL NITROGENO.



de forraje tienen reducido este elemento haciendo que el valor nutritivo para el ganado sea menor. Hace a las plantas más resistentes a las enfermedades ya que ayuda a un desarrollo normal de la célula y a un crecimiento vigoroso.

Las leguminosas al crecer en suelos deficientes en fósforo en forma de fosfatos padecen también de deficiencia de nitrógeno, ya que las bacterias de los nódulos solo actúan de manera normal cuando las plantas están abastecidas de cantidades de fósforo adecuado. La deficiencia de fósforo no es evidente en el rendimiento de las plantas sino que se manifiesta en la reducción del contenido de fósforo en las plantas que causan una nutrición defectuosa de los animales y hombres que se alimentan de ellos.

La existencia de fósforo en la mayoría de los suelos es baja.

Las plantas absorben el fósforo en forma de iones $H_2PO_4^-$ generalmente.

En un suelo arable de fertilidad media, la cantidad de fósforo presente es de aproximadamente 0.1%. De esta proporción solo una pequeña cantidad es obtenida por la planta. Cuando las condiciones son óptimas si las plantas toman iones de $H_2PO_4^-$ de la solución del suelo los sustituyen otros iones de solución lenta que se encuentra en el suelo.

En los suelos ácidos la capacidad de las plantas para obtener fósforo es baja debido a que éste forma fosfatos de aluminio y hierro, de los cuales el fósforo es obtenido con mucha lentitud. La disponibilidad del fósforo en suelos calcareos también es

es baja debido a la formación rápida de fosfato tricálcico --
 $Ca_3(PO_4)_2$.

El fósforo llega a la planta en forma soluble en el agua de la solución del suelo.

Esta solución tiene una concentración de fósforo que proviene de formas de solubilidad lenta como son el fosfato de calcio, hidroxiapatita, fluorapatita, fosfato de hierro y fosfato de aluminio y de la descomposición de la materia orgánica.

< Como con el nitrógeno, el fósforo puede ser dividido en formas orgánicas e inorgánicas, el fósforo es encontrado en el humus y residuos de plantas; se encuentran además en numerosas combinaciones con fierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos los cuales son parcialmente solubles y que son los mencionados en el párrafo anterior. < Los organo-fosfatos son también combinaciones con arcillas a la forma de complejos arcilla-fosfatos insolubles. > Por lo general el contenido de fósforo orgánico en el suelo es tan alto como el de fósforo inorgánico.

El fósforo en el suelo se encuentra en minerales, en microorganismos, en residuos de plantas y animales y en sustancias húmicas, además, del fósforo agregado como fertilizante.

(Como se muestra en la primera parte del ciclo)

Las pérdidas de fósforo pueden ser por causa del drenaje de agua y la reducción de fosfato a gas por microorganismos.

FOSFORO:

El fósforo es un elemento esencial tanto para vegetales como para los animales, ya que se encuentra en toda célula viva. Tiene gran importancia en el metabolismo de los carbohi—dratos ya que es el ácido fosfórico con el que se esterifican los compuestos orgánicos.

También tiene un papel importante en la transformación — de energía y en el metabolismo de las grasas y proteínas. Es — uno de los componentes de los nucleótidos, lecitinas y la ma— yor parte de las enzimas.

(Con respecto al desarrollo de las plantas sus efectos son muchos y muy importantes. Empezaremos por decir que el fósforo actúa sobre el sistema de las raíces de las plantas, siendo este el efecto más marcado; ayuda a la formación de raíces laterales y fibrosas, haciendo que aumente la superficie de absorción de nutrimentos. La deficiencia de fósforo se determina en una — planta porque ésta posee un sistema de raíces mal desarrollado que reduce la zona de alimentación.) En los cereales también tiene un efecto muy importante ya que hace que aumente el número — de renuevos, lo que hace que crezca el número de vástagos gene— rando espigas o mazorcas y mazorcas y granos. (El fósforo hace — que las plantas maduren más rápido ya que habiendo suficiente — cantidad de fósforo disponible la formación de las semillas co— mienza antes y los cultivos maduran antes que cuando están de— ficientes de este elemento. Es esencial también para la forma— ción de semillas.) En suelos deficientes de fósforo los cultivos

< SOLUBILIZACION MICROBIANA DEL FOSFORO INORGANICO.

Los compuestos inorgánicos insolubles de fósforo no son asimilables para las plantas pero pueden ser solubilizados por los microorganismos. Existen muchas especies de bacterias que tienen la habilidad de solubilizar fosfato de calcio, así como algunos actinomicetos y hongos. El fósforo insoluble es solubilizado por reacción con ácidos orgánicos, estos convierten el fósforo insoluble en fosfatos mono y dibásicos. >

INMOVILIZACION DEL FOSFORO INORGANICO.

El fósforo es esencial para el crecimiento microbiano y la asimilación del fósforo dentro del protoplasma microbiano compite con la acumulación de fósforo aprovechable por las plantas en crecimiento. Por comparación con la alta solubilización de nitratos, la baja solubilización de muchas sales de fósforo, su ministran menos lixiviación dentro del agua del suelo.

MINERALIZACION DEL FOSFORO ORGANICO.

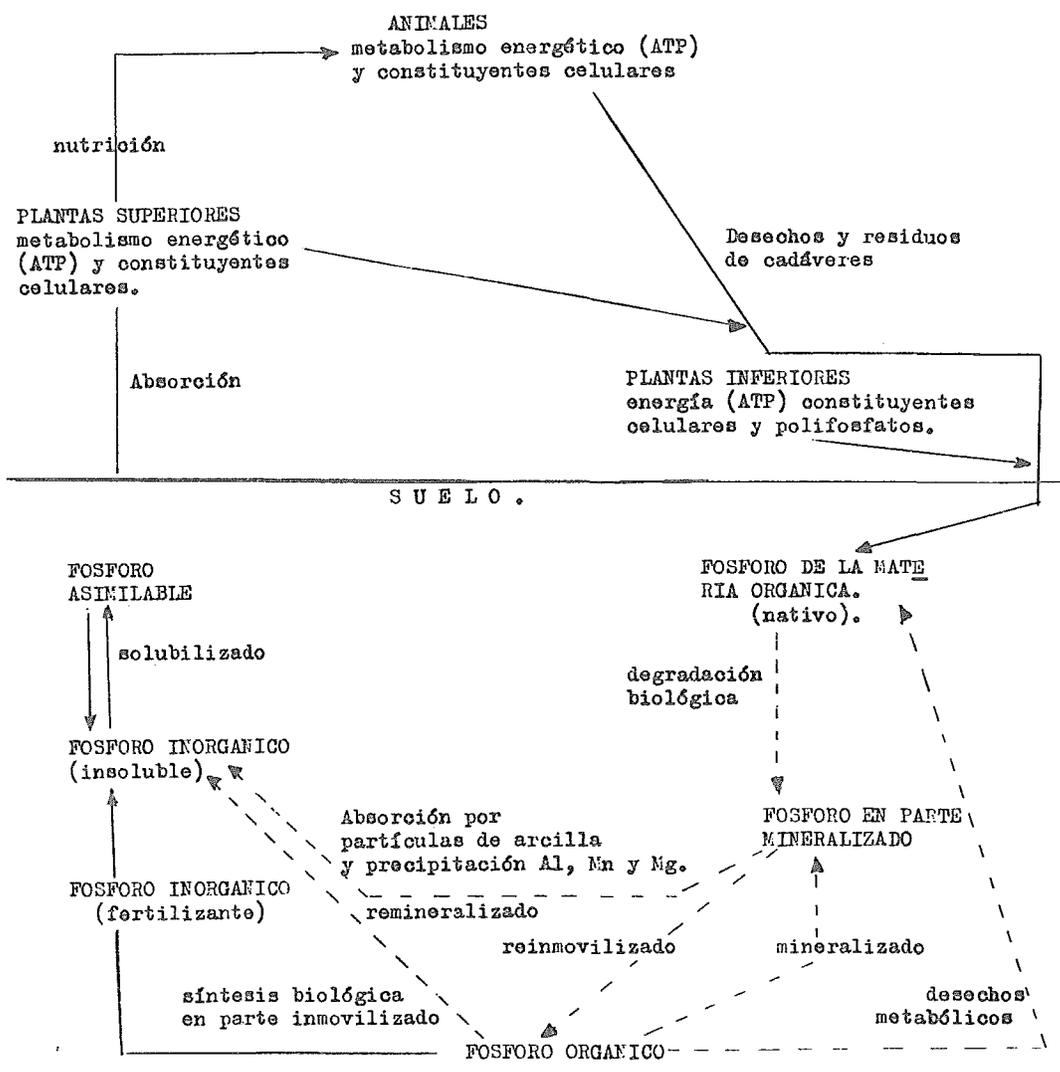
La mineralización de fósforo se lleva a cabo en residuos de cosechas y materia orgánica del suelo, resulta de la acción de bacterias, actinomicetos y hongos. La relación C:P es una de las limitantes para que la mineralización de fosfato se lleve a cabo o nó. Si la relación carbono-fósforo inorgánico es 200:1 o menos

75

se efectúa la mineralización de fósforo y si la relación es --
300:1 ó mayor ocurre la inmovilización del fósforo.

Cuando el nitrógeno es limitado y la actividad microbiana
baja el fosfato inorgánico puede acumularse en el suelo.

CICLO DEL FOSFORO (19)



UTILIZACION DE FERTILIZANTES MINERALES.

Un fertilizante se define como aquella sustancia que al agregarse al cultivo en una forma aprovechable ayuda a éste a restituir los nutrimentos extraidos del suelo y que es necesario para la planta en mayor cantidad como elemento esencial para su desarrollo. (32)

FERTILIZANTES INORGANICOS:

Los fertilizantes se pueden clasificar en forma general en:

Simples, mezclas y complejos. Los fertilizantes simples, son aquellos que contienen unicamente un nutriente. Las mezclas y los complejos son aquellos que contienen dos o más nutrimentos en su formulación, la diferencia entre estos últimos estriba que las mezclas, se obtienen mezclando mecánicamente dos o más fertilizantes simples y los complejos se obtienen mediante reacciones químicas.

Fertilizantes simples.- Los fertilizantes simples se subdividen en tres grupos de acuerdo al nutriente que contenga el compuesto; en base a esto se tienen: nitrogenados, fosfatados y potásicos.

Fertilizantes nitrogenados:

Nitrato de sodio (salitre de Chile).- es un producto natural, que contiene 16% de nitrógeno en forma nítrica muy asimi-

lable. Contiene además pequeñas cantidades de otros nutrientes principalmente arcilla, boro y manganeso. Es el primer fertilizante nitrogenado químico que se usó, cuando no se había todavía desarrollado los métodos de fabricación de abonos con nitrógeno de la atmósfera. Pero ahora forma una pequeña parte del nitrógeno total, que se consume en el mundo.

Muchos agricultores lo prefieren sea por estar acostumbrados con él, sea por los oligoelementos que contiene. Por lo tanto es más caro; provee el kilo de nitrógeno a un precio más alto que los fertilizantes sintéticos.

El sodio que contiene no es deseable en suelos alcalinos. Pero la cantidad que se agrega al suelo por su uso es tan pequeña, que el daño es más bien teórico que real. Además se puede agregar un poco de yeso al suelo y el efecto del sodio se neutraliza. En suelos no regados de regiones secas donde el daño podría ser de importancia, la dosis que se aplica es tan baja que no pueden hacer daño apreciable.

Nitrato de calcio y nitrato de sodio sintético.- El nitrato de calcio contiene aproximadamente 15-16% de nitrógeno, tan asimilable como el del salitre de Chile. Es muy higroscópico y delicuescente lo que constituye una importante dificultad práctica. No contiene los oligoelementos del salitre de Chile. Por otra parte, no contiene sodio y el calcio actúa como correctivo de suelos alcalinos; pero la cantidad es tan pequeña, que esta consideración no tiene mayor importancia.

Sulfato de amonio.- Contiene 20-21% de nitrógeno en for-

ma amoniacal; esta forma se considera de acción más lenta que la nitrada pero la diferencia es poco importante, más interesante es el hecho de que contiene 23% de azufre (S), un nutriente que a veces falta y se debe agregar al suelo; actúa como corrector de suelos alcalinos; pero con la dosis que se usa habitualmente, este efecto no es tan importante.

Del otro lado acidifica el suelo; en Rothamsted el uso repetido de dosis elevadas de sulfato de amonio durante varias décadas de años, provocó una notable acidificación, pero en la Argentina la gran mayoría de los suelos son también alcalinos, y esta acidificación sería una ventaja; además se le puede evitar agregando cantidades relativamente pequeñas de cal.

Cloruro de amonio.- Contiene 21-23% de nitrógeno en forma amoniacal, actúa de manera similar al sulfato de amonio pero no contiene azufre, y el cloro presente puede ser dañino para algunos cultivos, como por ejemplo el tabaco, pues este elemento hace al tabaco menos combustible. Se produce poco.

Cianamida cálcica.- Contiene 18-21% de nitrógeno y 60-70% de calcio, es tóxico y se usa para controlar ciertas enfermedades producidas por hongos e insectos; como fertilizante actúa de manera similar al sulfato de amonio; pero se aplica 2-3 semanas antes de la siembra para evitar un posible efecto tóxico sobre las plantas.

< Fertilizantes fosfatados:

Superfosfato simple.- Es el más viejo de los fertilizantes químicos y contiene 18-20% de fósforo (P_2O_5) y 28-31% de azufre

(SO_3); debido a ésto dá a veces, a igualdad de fósforo, mejores resultados que los superfosfatos concentrados, además este azufre (sulfato de calcio) actúa como corrector de suelos alcalinos; la cantidad es pequeña en este respecto, pero cuando el fertilizante se coloca con la semilla, puede crear un ambiente menos alcalino alrededor de la semilla que germina.

Para evitar su inmovilización en el suelo, se usa en general en forma granulada (tiene perdigones). >

Superfosfato triple o enriquecido.- Contiene 40-50% de fósforo (P_2O_5) pero solamente 2-3% de azufre (SO_3), lo que constituye un inconveniente en casos que este azufre es útil. Del otro lado el alto contenido en fósforo reduce la incidencia de los costos de transporte; reemplaza ahora en gran parte el superfosfato simple en el comercio internacional.

Fosfatos precipitados.- Contienen 26-40% de fósforo (P_2O_5) en forma bicálcica e insoluble en agua, pero soluble en citrato de amonio y de una asimilabilidad comparable al de los superfosfatos. Son neutros y muy apropiados para colocar con la semilla, o recubrir semillas.

Escorias de desfosforación.- Subproducto de la fabricación de acero, contiene 12-22% de fósforo (P_2O_5) y aproximadamente 45% de cal. Además de otros nutrientes, como magnesio, manganeso, cobre, cobalto, boro, molibdeno; el 75% de fósforo es soluble en citrato de amonio.

La asimilabilidad del fósforo que contiene es muy comparable a la de los superfosfatos; se aconseja aplicarlas con anticipa-

ción a la siembra. Pero hay serias dudas concernientes a la validez de esta recomendación; también se les aconseja para suelos ácidos, pero dieron también buenos resultados en tierras alcalinas. Se venden en forma de polvo, pero a pesar de esta su inmovilización en el suelo no es más rápida que aquella de los superfosfatos granulados. Debido a su pulverización, por una combinación muy simple, se evita este inconveniente, y cae al suelo en forma de gránulos poco consistentes, como no es ácido, no daña la semilla, cuando se le coloca en el surco y se usa para recubrir semillas.

En algunos casos se mostró dañino.

Fosfatos naturales molidos.- Sin tratarlo con ácidos para fabricar superfosfatos, los fosfatos naturales molidos se usan como fertilizantes; y cuando están exentos de fluor parece que su fósforo es bastante asimilable; debido al hecho de que no son caústicos se pueden colocar con la semilla, o usarlos para recubrir semillas.

Fosfal.- Contiene aproximadamente 34% de fósforo (P_2O_5) de los cuales 26% es soluble en citrato de amonio, la asimilabilidad de este fósforo parece buena, parece que el aluminio que contienen no causa daños. Hay poca experiencia sobre este fertilizante.

Fertilizantes potásicos:

Sulfato de potasio: contiene 48% de potasio (K_2O) además el azufre es a veces útil.

Cloruro de potasio.- Proviene de la refinación de minerales

potásicos y provee en general la unidad de nutriente a precio más barato que el sulfato o carbonato, pero no contiene azufre que es útil en algunos casos; el cloro daña algunas plantas, — por ejemplo reduce la combustibilidad del tabaco.

Carbonato de potasio.— Contiene 68% de potasio (K_2O); pero es caústico, lo que dificulta la manipulación y en general provee la unidad de nutrientes a precio más alto.

Fertilizantes que proveen otros elementos.

Los microelementos, cuando faltan se aplican en general por pulverización, o inyección en el caso de los árboles.

En el caso de boro se usa solución 0.1-0.2% 20-40 litros por hectárea.

El hierro se aplica en forma de quelatos.

Para el manganeso se usa una solución de sulfato de manganeso 1% 600 litros por hectárea.

Para el cobre las aplicaciones fungicidas que contienen este elemento son en general suficiente.

El zinc se agrega en una solución al de sulfato, en pulverización foliar.

Para el molibdeno se aplican al suelo 150-1.000 gramos de molibdato sólido por hectárea. El molibdeno favorece la fijación de nitrógeno por las leguminosas.

La carencia de cobalto perjudica no las plantas sino el ganado que pastorea en campos que presentan esta deficiencia. Se aplica aproximadamente 2 kilos de sulfato de cobalto por hectárea.

La sílice se aplica ahora al arroz en forma de "wollastoni-

te' (CaSiO_3) 1,5-4,5 toneladas por hectárea; su acción dura va — rios años.

Fertilizantes mixtos.

Fosfato de amonio.— Contiene 18% de nitrógeno (N) y 47% de — fósforo (P_2O_5), ambos asimilables. Debido a su alto contenido en nutrientes se usa mucho en la siembra, pero como contiene poco ni — trógeno, se debe a menudo completar con aplicación de nitrógeno — durante el crecimiento, reduciendo la dosis aplicada a la siembra.

Nitrato de potasio.— Contiene 15% de nitrógeno nítrico y 44% de potasio (K_2O). Su único inconveniente es que provee a veces — los nutrientes a un costo más alto que otros productos.

IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES BACTERIANOS.

En el suelo habitan un gran grupo de microorganismos. Consti — tuyen una parte muy pequeña de la masa del suelo, pero aún así, ellos son los causantes de las transformaciones químicas del mis — mo.

Su papel en la fertilidad del suelo es muy importante y es a la actividad microbiana y a los procesos de transformación que luchas de los nutrientes minerales incluyendo los micronutrien — tos retenidos en una combinación orgánica no asimilable son libe — rados en forma asimilable.

Algunos microorganismos tienen la capacidad de sintetizar — sustancias reguladoras del crecimiento de vegetales superiores y otros organismos como el Aspergillus niger y el Azotobacter son

muy sencibles a deficiencia de algunos nutrimentos y son utilizados como índices de problemas nutricionales en el suelo mediante el principio de que las plantas superiores tienen necesidades similares de nutrimentos a los microorganismos, por lo tanto la deficiencia de cualquiera de ellos limitaría el desarrollo y las actividades de un organismo.

< El efecto positivo de la actividad microbiana sobre el desarrollo de los vegetales superiores a través de diversos mecanismos ha determinado que se realicen experimentos de aislamiento e inoculación de microorganismos con actividades específicas, así como de establecer factores que limitan el efecto de los microorganismos; por ejemplo: No todos los suelos tienen la misma capacidad de fijación de nitrógeno o de nitrificación. Esto puede deberse a cepas ineficaces de microorganismos y/o a condiciones especiales del suelo. >

Es bien conocido el empleo de la inoculación artificial de las legumbres para aumentar el rendimiento de los cultivos. El aislamiento e inoculación de cepas adecuadas de Azotobacter, algas azul-verdosas o bacterias solubilizadoras de fosfato ofrecen una oportunidad desafiante para mejorar la fertilidad del suelo.

< Para tener éxito, la inoculación artificial presupone que se hayan establecido en el suelo condiciones adecuadas para la supervivencia y desarrollo de las bacterias. >

Los microorganismos que tienen una actividad de descomposición de la materia orgánica provocan cambios provechosos en el suelo. Un ejemplo de esto podría ser que durante la descomposi-

ción son liberados ácidos orgánicos y bióxido de carbono, los cuales hacen que las plantas puedan obtener más fácilmente los fosfatos insolubles y otros compuestos no disponibles.

Cuando se agrega azufre a los suelos alcalinos, ésta es beneficiosa únicamente porque las bacterias oxidantes del azufre producen ácidos sulfúrico, los cuales neutralizan la alcalinidad.

Algunos microorganismos como las bacterias, hongos y actinomicetos ayudan también al desarrollo de la estructura del suelo mediante secreciones de sustancias pegajosas que no son solubles en agua.

La microflora del suelo está constituida principalmente por bacterias, actinomicetos, hongos y algas. A continuación se muestra una tabla con sus porcentajes por gramo de suelo aproximadamente.

GRUPO	CANTIDAD PROMEDIO POR GRAMO DE SUELO	PESO VIVO POR ACRE A PROFUNDIDAD DE ARADO (LIBRAS) (0-15 cm.)
Bacterias	1000 millones	500
Actinomicetos	10 millones	750
Hongos	1 millón	1000
Algas	100 mil	150
Total		2400

Clark, Francis E., A Perspective of the Soil Microflora. Conferencia sobre Microbiología del Suelo, Universidad de Purdue, Lafayette, Indiana, Estados Unidos, junio de 1954.

Sin embargo, el número de la microflora puede variar mucho de un lugar a otro y de una estación a otra.

En 1856 Liebig pensó que la materia orgánica nitrogenada se destruía en el suelo por medio de un proceso químico, formándose amoníaco y nitrato.

Más tarde en 1862 Pasteur creía que la nitrificación o sea la transformación de amoníaco en nitrato tenía lugar a causa de la actividad bacteriana.

Schloesing y Muntz en 1877 lograron demostrar que la nitrificación tenía una naturaleza biológica. Realizaron estudios sobre la purificación de aguas negras a través de una columna de arena y piedra caliza, en el cual encontraron que el amoníaco se convertía en nitrato después de 20 días. Si le agregaba cloroformo esta conversión se detenía y al eliminarlo reactivaba la acción de las bacterias. Se obtuvieron los mismos resultados al realizar la esterilización del material filtrante con calor.

En 1879 Warington confirmó estos resultados en Inglaterra. Este investigador estableció que los compuestos de nitrógeno cambian con rapidez a nitrato y éste es aprovechado por las plantas, también demostró que la nitrificación se lleva a cabo en dos etapas.

Winogradsky en 1890 fue el primer microbiólogo que aisló los organismos causantes de la conversión del amoníaco en nitratos, demostró que los organismos involucrados en este proceso eran autotróficos, ya que uno cambiaba el amoníaco en nitritos y el otro los nitritos en nitratos.

Se ha sabido durante muchos años que las legumbres enriquecen el suelo. Hellriegel y Wilfarth en 1885 encontraron que el desarrollo de los cultivos no leguminosos como por ejemplo la avena era directamente proporcional a la cantidad de nitrato agregado al suelo, y observaron que éste no sucedía en el caso de las plantas no leguminosas.

En 1901 Beijerinck aisló al Rhizobium de los nódulos de las raíces de las leguminosas, la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfatos, se ha aplicado con objeto de dar lugar a un aporte de fósforo extra para el vegetal, ya que in vitro muestran tal capacidad de degradar fosfatos insolubles y se admite esta posibilidad en suelos deficientes de fosfato soluble.

Por otro lado se ha comprobado la importancia que tienen los microorganismos de la rizosfera en la síntesis de sustancias fitohormonales y algunos resultados indican que plantas micorrizadas absorben más fósforo que las plantas sin micorrizar.

Como podemos observar la importancia de los microorganismos en el campo de la economía agrícola es mucho mayor de lo que generalmente se le asigna.

IMPORTANCIA DE RHIZOBIUM EN LA AGRICULTURA.

El mundo entero ^{se} necesita más información así como técnicos y científicos que se dediquen al estudio de la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico por Rhizobium-Leguminosa.

Este tema ha tenido bastante importancia con la reciente

crisis energética mundial, tomarlo en cuenta dos puntos sobresalientes como son el aumento tan grande de la población humana y - la menor producción de alimentos por falta de fertilizantes nitro-
generales.

Este tipo de simbiosis antes mencionada puede ser una gran - ayuda para salvar la crisis.

Millones de toneladas de nitrógeno son eliminadas constantemente por el suelo. Este nitrógeno debe volver al suelo una vez - que ha sido utilizado. Los fertilizantes y abonos fijan una canti- dad de nitrógeno en el suelo pero ésta es muy pequeña comparada - con la necesidad de nitrógeno en el suelo. Aquí es donde la fija- ción biológica de nitrógeno juega un papel muy importante ya que constituye una de las fuentes principales para abastecer a los - cultivos con el nitrógeno necesario.

Los beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno son co-
nocidos desde hace mucho tiempo, casi desde que existe la agricul- tura. Charles E. Kellogg escribió: "La fuente del nitrógeno en el suelo era un escollo para la teoría del balance general de las re- laciones entre el suelo y la planta. El problema se aclaró en la < década de 1880-1890 con el descubrimiento de que en los nódulos - de las raíces de las plantas leguminosas se desarrollan organis- mos Rhizobium que fijan el nitrógeno del aire de tal forma, que - las plantas pueden utilizarlo". >

En el suelo existe vida, no está compuesto solo de materia - muerta. La vida aquí consiste en las raíces de las plantas, las - lombrices, los protozoos, nemátodos microscópicos, microorganis-

mos como bacterias, hongos, actinomicetos y algas. Además algunos mamíferos como ratones, artrópodos como ácaros, cienpies, milpies y gasterópodos como caracoles. La población del suelo es de billones por gramo de suelo o de unas cinco toneladas por acre aproximadamente.

↳ Durante muchos años se ha observado que las legumbres enriquecen el suelo. En 1885 los investigadores Hellriegel y Wilfarth encontraron que el desarrollo de cultivos no leguminosos como avena, era directamente proporcional a la cantidad de nitrato agregado al suelo, siendo diferente esta relación en las plantas leguminosas. Observaron también que no había aumentado de nitrógeno en el caso de las no leguminosas, encontrándose muy marcado dicho aumento en las leguminosas. Se llegó a la conclusión de que las leguminosas fijan el nitrógeno a través de la acción de bacterias que existen en los nódulos de las raíces.↳

↳ Por último en 1901 Beijerinck resolvió definitivamente la incógnita del enriquecimiento de las leguminosas aislando un organismo específico de los nódulos de las raíces de éstas. Este organismo recibió el nombre de Bacillus radicicola, el cual se conoce actualmente con el nombre de Rhizobium.↳

Las bacterias de los nódulos de las raíces de leguminosas son heterótrofas y capaces de utilizar una amplia variedad de hidratos de carbono.

Las bacterias heterótrofas o heterotróficas comprenden la mayoría de las bacterias del suelo. Su fuente de energía son sustancias orgánicas; influyen de manera fundamental en la descomposición

de la celulosa y otros carbohidratos, proteínas, grasas y ceras. Llevan a cabo la mineralización de la materia orgánica mediante hidrólisis y oxidación en las que liberan nitrógeno fósforo y - demás nutrimentos en formas más obtenibles para las plantas.

En especial las bacterias que fijan el nitrógeno pueden actuar en condiciones aeróbicas o sea cuando se dispone de oxígeno o de aire, y en condiciones anaeróbicas o sea cuando no hay oxígeno o éste es deficiente.

Las bacterias de los nódulos de la raíz se clasifican como pertenecientes al género Rhizobium. Es el fijador de nitrógeno más importante desde el punto de vista de la agricultura, ya que está asociado con los nódulos de las raíces de las leguminosas, que desde tiempos muy antiguos se han utilizado para mejorar la fertilidad del suelo.

Algunas cepas forman nódulos en un grupo limitado de plantas, a esta reunión de cepas se le llama grupo de inoculación - cruzada, por ejemplo, el grupo de la alfalfa o del trébol. En este grupo de bacterias se han reconocido seis especies de Rhizobium, las cuales se muestran en la tabla de la siguiente página.

Los grupos 5, 6 y 7 no son tan específicos como los otros, ya que en ciertas ocasiones el R. japonicum puede infectar y formar nódulos en algunas plantas del grupo de las fabáceas y la especie Rhizobium del grupo de las fabáceas puede formar nódulos en la soya.

NOMBRE DE LA ESPECIE	NOMBRE DEL GRUPO	CULTIVOS.
Grupo 1 <u>R. meliloti</u>	Grupo de la alfalfa	alfalfa, trébol dulce
Grupo 2 <u>i. trifolii</u>	Grupo del trébol	trébol blanco.
Grupo 3 <u>R. leguminosarum</u>	Grupo del chícharo	chícharo de jardín, de campo y dulce; arveja y lenteja.
Grupo 4 <u>R. phaseoli</u>	Grupo del frijol	frijol.
Grupo 5 <u>R. japonicum</u>	Grupo del frijol soya	soya.
Grupo 6 <u>R. lupini</u>	Grupo del lupino	altramuces anuales y perennes.
Grupo 7 R. (Especie sin nombre)	Grupo de fabáceas.	haba forrajera, frijol lima, cacahuete.

Los primeros cuatro grupos son solamente eficaces en cultivos que pertenecen a grupos específicos.

Cualquier cultivo de leguminosa que va a introducirse en una zona nueva, la semilla debe inocularse con el cultivo adecuado - antes de sembrar, ya que de otra manera se obtendrían resultados bajos el primer año de producción.

< Los cultivos de leguminosas pueden proporcionar nitrógeno al suelo por medio del aumento de raíces, nódulos y a través de la excreción de compuestos solubles de nitrógeno, posiblemente aminoácidos como el ácido aspártico y beta-alanina. Se ha observado que esta excreción tiene lugar especialmente cuando la fijación de nitrógeno se lleva a cabo con más rapidez. >

Su capacidad para formar nódulos en las leguminosas constituye el criterio más aceptable para la ubicación taxonómica de su género.

< Puede esperarse que un Rhizobium tenga los siguientes caracteres distintivos: bastones GRAM negativos de tamaño mediano que se desarrollan muy pobremente en agar glucosa peptonada. >

Los fertilizantes con nitrógeno aumentan la producción y cuando se lleva a cabo conjuntamente a una buena bacterización del mismo existe la simbiosis leguminosa Rhizobium.

MICORRIZAS.

Las plantas terrestres para mantener su intensa actividad biológica, dependen de sus sistemas de raíces.

En el suelo, los microorganismos son una parte integral de numerosas interrelaciones fisiológicas que van desde el safofitismo hasta varios grados de parasitismo. Jugando un papel dominante, entre éstas, se encuentran las relaciones llamadas "MICORRIZAS".

Micorriza, que significa "Raíz de hongo" (mykes= hongo rhi za= raíz), es una asociación simbiótica entre hongos específicos y las raíces de las plantas superiores, que se da durante períodos de activo crecimiento radical. No obstante, algunos autores consideran que este tipo de asociaciones se presentan desde los grupos taxonómicos inferiores, recibiendo en éstos el nombre de micotalos y líquenes o cuerpos líquenosos y el de micorrizas o micorrizas en los grupos superiores, siendo aparentemente semejante las relaciones del hongo y las plantas en todos los grupos (Scott 1976, Kelly 1950).

El hongo micorrízico está parte en el suelo y parte en la raíz y frecuentemente forma una malla de filamentos (el manto sobre la superficie, en tal forma que la raíz no está en contacto directo con el suelo). El manto del hongo a menudo tiene numerosas ramas cortas y radiales que semejan a los pelos radicales.

En todas las micorrizas solo la parte externa de la raíz es invadida por el hongo mientras que el meristemo apical del cilindro vascular permanece libre de hongos. (Hapskaylo 1972).

Las micorrizas evidentemente se han originado por un cambio de una simple relación hospedero-parásito a una forma algo modificada de parasitismo, en el cual el hongo más o menos compensa el alimento que utiliza proporcionándole un suministro mayor de agua y/o elementos necesarios.

FACTORES

Los factores inherentes que determinan el tipo de hongo micorrizico que invade una raíz dada, aún están sujetos a especulaciones. Sin embargo, ciertas condiciones que afectan la formación de micorrizas han sido ya bien definidas.

La disponibilidad de iones inorgánicos, particularmente N y P afecta la formación de micorrizas. Se ha encontrado que las micorrizas son más abundantes en suelos que contienen cantidades relativamente pequeñas de N y P, mientras que un incremento en la cantidad de estos elementos disminuye y puede llegar a eliminar la formación de micorrizas.

La relación de carbohidratos es también determinante para la formación de las micorrizas, dado que un exceso de éstos dentro de las raíces es esencial para la infección por hongos micorrizicos.

La intensidad de la luz es otro factor importante, ya que la reducción a un 23% del total de luz solar limita la formación de micorrizas y a un 6% la inhibe totalmente. Al parecer esto, es debido a que una disminución en la actividad fotosintética de la planta provoca una disminución de carbohidratos en las raíces,

los cuales son más requeridos por los brotes, además la temperatura suele ser importante, ya que influye en el crecimiento. Para la mayoría de las especies la óptima temperatura se encuentra entre 18 y 27° y con respecto al pH, las micorrizas tienen un mejor desarrollo en suelos con un pH ácido o cercano a la neutralidad, variando según la especie del hongo que forma parte de la asociación.

CLASIFICACION.

Las micorrizas se clasifican de acuerdo con el arreglo que tengan las hifas en las células corticales de la raíz, en tres grupos:

- 1.- Ectomicorrizas o micorrizas ectotróficas.
- 2.- Endomicorrizas o micorrizas endotróficas.
- 3.- Ectoendomicorrizas o micorrizas ectoendotróficas.

1.- Presentan infecciones intercelulares de las hifas, es decir, no penetran al interior de las células de la raíz de la planta que las hospeda, sino que permanece en el exterior de las paredes celulares. La secuencia de eventos en el desarrollo de las ectomicorrizas sigue un patrón bastante definido. Las hifas se originan a partir de esporas o propágulos y su crecimiento es estimulado al menos por un exudado de la raíz conocido como factor k. Las hifas envuelven la punta de la raíz en una densa envoltura, el manto, y por medio de la secreción de enzimas pectolíticas penetran en la raíz y crecen entre las células corticales en un patrón distintivo conocido como la red

de Hartig. La distancia a la cual penetrar las hifas dentro de la corteza probablemente es regulada por compuestos inhibidores de tipo endógeno.

Conforme las células radicales se dividen y alargan, las enzimas (ac. indolacético) secretadas por el hongo provocan cambios marcados en el desarrollo morfológico) de la raíz, los pelos de la raíz no se desarrollan y usualmente las raíces infectadas se ramifican, dicotómicamente, como en el pino o de una manera irregular como en otros huéspedes, presentando aspecto coraloide. La mayor parte de los hongos ectomicorrizas pertenecen a los Agaricales, Gasteromycetes, Basidiomycetes y algunos Ascomycetes.

Estos hongos tienen alta distribución particularmente en las regiones templadas, donde se asocian con muchas de las más importantes especies leñosas tales como: coníferas, fagáceas y salicáceas.

En algunos casos los cuerpos fructíferos de los hongos solo deforman cuando las hifas han penetrado en las raíces del huésped.

Es posible que la mayor parte de los árboles y hongos puedan ser clasificados como transformadores y productores de micorrizas ectotróficas.

Micorriza ectotrófica la más común en árboles de coníferas, representa raíces de hongos que consisten en infectar raíces cortas o la nutrición de las raíces que dar la pérdida de los pelos de las raíces y son cubiertos por un manto de hifas.

Este manto de hifas se encuentra extendido exteriormente en todas direcciones en el suelo como vertiendo inter e intracelularmente dentro de la primera corteza para formar el llamado Hartig net.

Las células corticales son por consiguiente hinchadas o al menos anormalmente extendidas.

Las endomicorrizas presentan infecciones intracelulares - de las hifas, o sea, penetran al interior de las células radicales de la planta huésped.

En los hongos endomicorrizicos, las hifas crecen como filamentos individuales sobre las raíces de las plantas huéspedes. Posteriormente secretan enzimas celulolíticas con las cuales disuelven pequeñas porciones de la pared celular, por las cuales las hifas penetran al interior de las células. La penetración a veces se limita a los pelos de la raíz y otras células de la epidermis, pero frecuentemente las hifas también crecen dentro de las células corticales.

Las hifas dentro de las células normalmente forman inclusiones intracelulares, las cuales pueden ser de cuatro tipos, - según la forma: arbuscúlos, pelotones, oídios y vesículas. En este tipo de micorrizas las raíces infectadas son parecidas morfológicamente a las no infectadas; sin embargo, las raíces infectadas son por lo general más oscuras. Los hongos endomicorrizicos generalmente son Phycomycetes clasidospóricos de la familia Endogonaceae, y algunos Basidiomycetes asociados a orquídeas

Este tipo de micorrizas es el que se encuentra más comunmen

te. Muchas de las Gimnospermas y la gran mayoría de las Angiospermas pertenecen a este grupo, incluyendo todas las especies leñosas no extroicorrílicas y miles de otras plantas herbáceas, muchas de las cuales tienen importancia económica.

La micorriza endotrófica estudiada en orquídeas por Burgell (1932) y otros es generalmente causada por *Phizoctonia* s.p. Una micorriza endotrófica muy común es formada por especies del género *Endogone*.

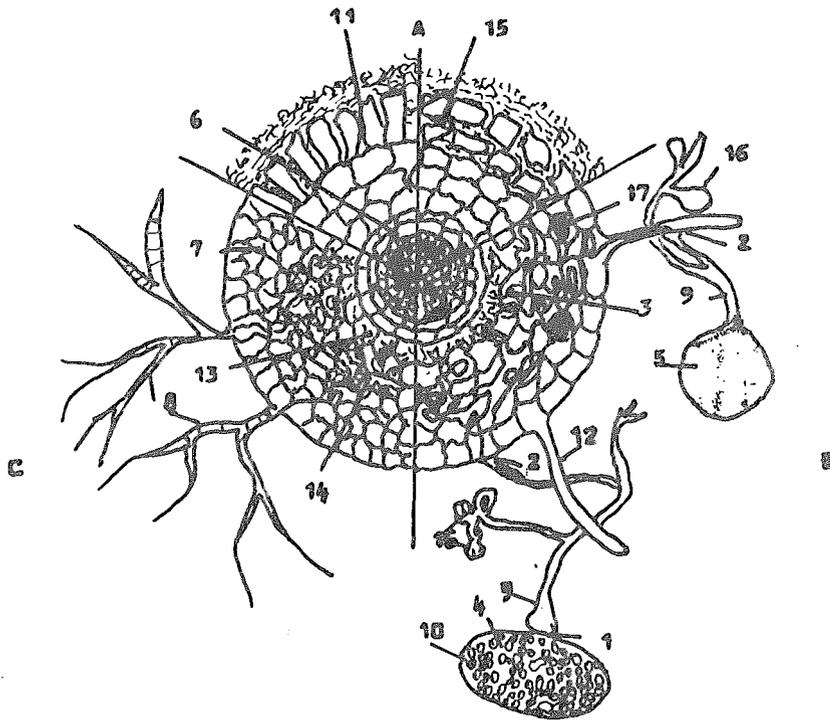
La micorriza endotrófica no puede ser identificada por sus características exteriores. Las células de las raíces al ser infectadas continúan con su apariencia normal, los hongos penetran a ellas formando fuera un manto de hifas. Dentro de las células de las raíces ocurren complicados procesos los cuales pueden ser explicados como una disolución de los hongos o digestión.

Las ectoendemicorrizas se conocen solamente en especies de árboles que son comúnmente ectomicorrízicos como algunos abetos.

Aparentemente son escasas en suelos forestales, dependiendo del pH, siendo favorable a un pH neutro. Las identidades de las ectoendemicorrizas son desconocidas.

Las características inherentes del huésped, predeterminan cuales grupos de hongos pueden penetrar en la raíz, consecuentemente el tipo de micorriza que puede ser establecido en cada especie.

TIPOS DE MICORRIZACION .



A.- Ectomicorrizas.

6.- Endodermis.

11.- Manto fúngico.

15.- Red de Hartig.

8.- Endomicorrizas.

1.- Proyección lateral
(Antheridia).

2.- Apresorio.

3.- Arbúsculo.

4.- Azigospora.

5.- Clamidospora.

9.- Hifa suspensoria.

10.- Gotas lipídicas.

12.- Pelo absorbente.

16.- Vesícula externa.

17.- Vesícula interna.

C.- Micorrizas en Orchidaceae.

7.- Epidermis.

8.- Hifas.

13.- Hifa digestiva en espiral.

14.- Hifa en espiral.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA.

A) EFECTO DE LA INFECCION DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS SOBRE EL DESARROLLO DE VEGETALES.

El efecto de las endemicorrizas en la absorción de diferentes nutrientes y especialmente de fósforo ha sido discutido por numerosos investigadores.

GONZALEZ Y BAREA (1974). Al realizar ensayos del efecto de la inoculación de fosfobacterias sobre el crecimiento de jitomate en suelos deficientes de fósforo, observaron que algunos lotes del experimento mostraban claras deficiencias de fósforo, encontraron a los 50 días del experimento la desaparición de los síntomas mencionados por lo que les hizo pensar en la posibilidad de una micorrización espontánea, que hubiera favorecido la absorción de este nutrimento.

AZCON Y BAREA (1975). Se avocaron a la detección de micorrizas en los lotes problemas del experimento anterior y observaron que la infección es afectada por la adición de fosfato soluble ya que las plantas crecidas en suelos pobres en fósforo sufren una infección por hongos vesículo-arbusculares (VA) considerable, por lo que atribuyeron a la micorrización como causa de la desaparición de deficiencias de fósforo en las plantas; ya que en el momento del muestreo las plantas que mostraban deficiencia presen-

taron escasa micorrización, en tanto que aquellas con infección abundante no mostraban ya síntomas de deficiencias. Estos resultados confirman lo expuesto por Hayman y Kosse (1971) que demostraron empleando fósforo radiactivo que las plantas micorrizadas toman solo fósforo soluble pero en mayor cantidad que las no micorrizadas, en virtud de que las primeras disponen de un micelio externo que aumenta la superficie de absorción.

Los resultados de Azcón y Barea constituyen una advertencia a lo que puede suceder cuando se realizan ensayos de fertilidad en invernadero o campo sobre suelos deficientes en fósforo soluble ya que un tratamiento o algunas repeticiones pueden sufrir micorrización espontánea dando lugar a resultados discordantes.

GRADA Y COLABORADORES (1979). Determinaron el efecto de diferentes hongos formadores de endomicorizas sobre diferentes cultivos para lo que utilizaron esporas de Glomus mosseae (Nicol y Gerd) Gerd y Trappe, Glomus fasciculatus (Thaxter) Gerd y Trappe y Gigaspora gigantea (Nicol y Gerd) Gerd y Trappe; plantas de trébol, cebolla, maíz y sorgo, suelo deficiente en N y P, con pH = 6.6 y con una textura migajón arenoso. El suelo fué fumigado con bromuro de metilo y mezclado con arena en relación 2:1.

El diseño de la inoculación fué el siguiente:

TRATAMIENTO	PLANTAS.			
	Trébol	Cebolla	Maíz	Sorgo
No inoculado	+	+	+	+
<u>Gigaspora gigantea</u>	+		+	
<u>Glomus mosseae</u>	+	+		
<u>Gigaspora calospora</u>		+		+
<u>Glomus fasciculatus</u>			+	+

Los parámetros estudiados fueron; infección por hongos, - peso seco de las plantas que se determinaron a las 10 semanas de desarrollo.

Ellos reportaron infección de las raíces de cebolla, maíz y sorgo en tanto que en el trébol no se observó la infección. En relación al peso seco, el mayor efecto se obtuvo con el inóculo de Glomus mosseae en cebolla con la que hubo un incremento de 103% en relación al testigo.

En maíz y sorgo reportan también incremento en el peso seco de las plantas inoculadas, pero las diferencias son poco significativas por lo que sugieren mayor tiempo de desarrollo de las plantas para efectuar una observación más clara de los beneficios de la simbiosis.

AZCON Y COLABORADORES (1978). Determinaron el efecto de fitohormonas sintetizadas por Rhizobium, Azotobacter y Pseudomonas sobre la infección micorrízica y su respuesta. Para ello utilizaron plantas como Lavandula, Lycopersicon y Medicago, a las que inocularon con esporas de Glomus y al mismo tiempo agregaron un mililitro de los cultivos bacterianos libres de células o bien soluciones de ácido giberélico o ácido indol acético empleando como sustrato suelo estéril, y encontraron que los sobrenadantes bacterianos libres de células se comportan en forma similar a las hormonas puras y reportan que el efecto de la inoculación con Glomus junto con los sobrenadantes bacterianos o fitohormonas fué mayor que aquel producido por Glomus solo.

B) EL EFECTO DEL FOSFORO SOBRE LA MICORRIZACION.

La infección de raíces por hongos de la familia Endogonaceae es condicionada por diversos factores ecológicos, particularmente por el contenido de fósforo en el suelo. Por otra parte en base a que la presencia de este tipo de hongos aumentan la absorción de fósforo, se han efectuado diversos estudios tendientes a comparar el efecto de la adición de fertilizantes fosfatados y el efecto de la inoculación con este tipo de hongos, así como de observar la interacción entre los tratamientos antes mencionados.

HAYMAN Y COLABORADORES (1970). Reportaron que el número de esporas de Endogone y las micorrizas vesículo-arbusculares que se encuentran en gran cantidad en suelos cultivados varían de un año a otro y son grandemente influenciadas por los tratamientos que se dan a los suelos y observaron que la adición de fertilizante nitrogenado disminuye la población de esporas y la infección en campo.

MOSSE (1973). Menciona que la infección en plantas desarrolladas bajo condiciones de invernadero o asépticamente en agar es afectada por adición de fosfato. En relación a esto y la gran importancia del fósforo en estudios de micorrizas Hayman (1975) realizó un experimento para determinar el efecto del fósforo y diferentes huéspedes sobre la población de esporas Endogone y la infección de esta bajo condiciones normales de cultivo, para lo que utilizaron

diferentes suelos, en los que se hizo una rotación de cebada, papa y nabo y se aplicaron los siguientes tratamientos: a) Sin fertilizante fosfatado, b) Abono con fosfato y c) Abono con superfosfato a diferentes concentraciones. En base a resultados anteriores que indican que el número de esporas es marcadamente influido por la estación, los muestreos los realizaron en el mes de septiembre en que la población micorrícica es mayor y en sus resultados exponen que el tipo y cantidad de fertilizante fosfatado influyen claramente en el número de esporas de *Endogone* y cantidad de micorrizas VA en condiciones de campo.

La producción de esporas del tipo laminar fué mayor cuando emplearon niveles intermedios de fósforo (14 a 21 ppm. de P soluble en suelo), en tanto que la infección es mayor con cantidades pequeñas de P y el descenso en la infección en presencia de cantidades elevadas de P lo atribuyen a las concentraciones supráptimas de P en los tejidos vegetales más que el fósforo en solución. Y en oposición a lo reportado por Daft en (1972) y en (1970) de que la producción de esporas está directamente relacionada con la infección micorrícica, en esta investigación se observó que en presencia de poco fósforo había pocas esporas y raíces bien infectadas.

Estos resultados se observaron en los cultivos de papa y cebada, en tanto que con el nabo no se observó infección micorrícica y si se recuperaron numerosas esporas del suelo lo que sugiere que aún en presencia de huéspedes no adecuados muchas esporas permanecen viables pudiéndose producir la infección en el año siguiente -

en presencia del huésped adecuado.

La ausencia de raíces infectadas en el cultivo de nabo y el descenso en la infección de raíces de cebolla cultivados en presencia de nabo sugiere que algunas plantas excretan sustancias - con efecto fungistático para las Endogonaceae se han reportado - como familias no micorrizadoras a las Crucíferas y Chenopodiaceas.

En base a las explicaciones expuestas por este autor de como el fósforo afecta la infección micorrizica en las que se dice que:

- El fósforo soluble en el suelo afecta la parte externa del hongo.
- El fósforo contenido en los tejidos del huésped influye en la susceptibilidad de las raíces a la infección.

AZCON Y COLLABORADORES (1978). Examinaron estas dos posibilidades anteriores y determinaron el efecto de diferentes dosis de fósforo en la micorrización para lo que se emplearon plantas de Lactuca sativa no micorrizadas desarrolladas en suelo adicionado de P soluble, estas fueron trasplantadas a suelos a los que se les dieron los siguientes tratamientos:

- Sin fósforo
- Dosis óptima de fósforo y el
- Nivel tóxico de fósforo.

Todos los tratamientos fueron inoculados en el momento del trasplante,

Examinando el efecto de las diferentes concentraciones de P contenidos en el huésped y los diferentes niveles de P soluble en

el suelo sobre el grado de infección micorrícica reportaron — que en suelos sin fósforo la infección micorrícica no fué afectada por el contenido de P inicial en el huesped. En tanto que cuando se agregó en concentración de 0.8 y 1.5 g de K_2PO_4 por — Kg. de suelo el P interno y externo afectaron negativamente la infección, presentándose en ambos casos una infección menor en relación a la registrada en suelo sin fósforo.

B.MOSSE (1977). Determinó el efecto de la inoculación con endofitas VA sobre *Sthylasant*es *guyanensis* y maíz en ausencia y presencia de fertilizante fosfatado adicionado como roca fosfórica, este experimento se realizó en 12 tipos de suelos para *Sthylasant*es y en dos suelos diferentes cultivados con maíz y los parámetros — medidos fueron: peso de la planta, absorción de fósforo, peso de — nódulos y actividad nitrogenásica.

Los resultados indican que en los diferentes suelos probados existen niveles variables de endofitas indígenas los que influyen grandemente en la respuesta a la inoculación, observándose que — cuando no existen endofitas el efecto de la inoculación es más — claro mejorando el desarrollo de la planta y la absorción de fósforo y en el caso de *Sthylasant*es aumento la nodulación y fija—ción de nitrógeno, como quiera en suelos con endofitas nativas — también aumentaron estos parámetros.

La adición de roca fosfatada en suelos de baja infectividad incrementó el crecimiento de las plantas y este efecto fué aumentado por la inoculación.

B. FOSSE Y COLABORADORES (1976). Examinaron las interacciones entre micorrizas VA; utilización de roca, fosfórica y nodulación - en trébol rojo, Sthylosantes guyanensis y Centrosema pubescens, cultivadas en ocho tipos de suelos deficientes en fósforo y valores de pH de 5.3 a 8.1. Para tales efectos se irradiaron los suelos con el efecto de eliminar a las endofitas indígenas y reportaron que la inoculación con micorrizas VA incrementó el aprovechamiento de fósforo en todas las plantas huespedes.

En relación al efecto de la roca fosfatada reportan también incrementos en el peso seco de las plantas no inoculadas y esta respuesta se obtuvo en presencia de concentraciones bajas de P - generalmente de 0.15%.

En suelos ácidos la aplicación de roca fosfórica aumenta el crecimiento de las plantas no micorrizadas y la inoculación con micorrizas VA mejoraron su utilización.

Los efectos persistieron cuando el suelo fué usado por segunda vez. En suelos neutros y alcalinos la roca fosfórica no fué aprovechada en plantas no micorrizadas y permaneció así después de la inoculación con endofitas VA. Las legumbres inoculadas con el Rhizobium apropiado solo nodularon en los suelos más deficientes de fósforo cuando ellos fueron igualmente micorrizados y cuando se agregó roca fosfórica mejoró grandemente la nodulación y la fijación de N en las plantas micorrizadas.

Describen algunos experimentos piloto en suelos no estériles y sugieren el análisis del valor de estos resultados para introducir endofitas en suelos naturales.

C) EFECTO DE LA INOCULACION SIMULTANEA DE RHIZOBIUM Y HONGOS FOR-
MADORES DE ENDOMICORRIZAS SOBRE EL DESARROLLO DE LEGUMINOSAS.

GODSE Y COLABORADORES (1978). Al efectuar la tinción de raíces de numerosas leguminosas observaron la presencia de esporas vesículo-arbusculares.

La presencia de VA en leguminosas noduladas es un ejemplo típico de una simbiosis tripartita en la que las leguminosas reciben un doble beneficio en condiciones naturales, por lo que en la India diferentes investigadores han estudiado el efecto de la inoculación doble.

Estos mismos autores en 1978 efectuaron un experimento preliminar sobre el efecto de la inoculación combinada sobre Vigna unguiculata. Utilizando un suelo de arena roja a pH = 5.8. Los resultados de este estudio indican que el hongo introducido es capaz de infectar a las leguminosas y la inoculación de chícharo de vaca con esporas VA aumenta la nodulación y el desarrollo de raíces y tallos en plantas inoculadas con Rhizobium solo y en nodulación natural de plantas. El incremento en el desarrollo de raíces y tallos fué probablemente debido al incremento de la absorción de fósforo.

DAFT, M.J. (1974). Analizó el efecto aditivo de la infección simbiótica por Endogone macrocarpa y Rhizobium phaseoli y observó que la inoculación de raíces de P. vulgaris con Endogone macrocarpa y Rhizobium phaseoli compara con Rhizobium phaseoli solo incremento-

el crecimiento, reproducción y peso seco de nódulos, proporción de reducción de acetileno y contenido de leghemoglobina, fósforo y proteínas totales.

La proporción tallo-raíz fué más baja en plantas micorrizadas y noduladas que en plantas solamente noduladas. Y reportaron que la aplicación de fósforo soluble es similar a los efectos de los hongos inoculados.

Este mismo autor (1976) determinó el efecto de inoculación de Glomus mosseae y Rhizobium sobre el desarrollo de cacahuete - en ausencia y presencia de fósforo y sus resultados se exponen - a continuación:

En las plantas inoculadas con Glomus mosseae se obtuvo un aumento en la producción de frutas, altura de la planta, contenido químico de tallos, raíces y semillas. La infección con Glomus mosseae y Rhizobium estimuló la nodulación y el aumento de la reducción de acetileno.

Las plantas con doble infección y en presencia de fósforo - produjeron más frutas, materia seca y nódulos; y mayor contenido de fósforo y nitrógeno en relación con el de plantas únicamente inoculadas. Las infecciones por micorrizas fueron altas en todos los tratamientos. Por lo que concluyen que estas dos endofitas - juntas estimular grandemente el vigor del huésped.

DAFT Y COLABORADORES (1978). Realizaron cultivos en arena; de maíz, jitomate y una mezcla de pastos comerciales que fueron infectados con Glomus mosseae así como de alfalfa inoculada con Rhizo-

bium meliloti con y sin inoculación de Glomus mosseae y Glomus sp., y reportaron que la defoliación de maíz y jitomate decreció como respuesta al crecimiento de las micorrizas lo que se evaluó determinando el porcentaje de infección en las plantas, pigmentación de las raíces y producción de esporas.

Los pastos y alfalfa se cosecharon en tres períodos obteniéndose mayor cantidad de materia fresca y seca como respuesta a la inoculación y en estos casos se observó que a través de las cosechas se redujo la infección de micorrizas a un 50%. También determinaron el efecto de las variaciones del período de luz a radiaciones sobre el desarrollo de las plantas, observándose que las plantas micorrizadas son más sensibles pues al reducir los intervalos de luz, la disminución en el desarrollo de las plantas fue mayor en las micorrizadas que en las no infectadas. En alfalfa con Rhizobium meliloti y Glomus mosseae los intervalos de luz largos favorecieron el desarrollo de micorrizas y esta doble infección en las plantas (Rhizobium-micorriza) produjo más materia seca que las plantas que en las que se inoculó solo Rhizobium.

M.J. DAFT. (1978). En base a sus investigaciones sobre la asociación tripartita entre plantas, nódulos y endomicorrizas que incrementan potencialmente el rendimiento en las cosechas. Hicieron un análisis de algunos de los factores que afectan a la misma, uno de ellos es el abastecimiento de carbón y sus compuestos a las raíces el que influye sobre el desarrollo y eficiencia de este tipo de simbiosis, mencionan que el N y P en exceso reducen la

nodulación y la micorrización respectivamente y para que se establezca una nodulación efectiva se requiere de cantidades adecuadas de fósforo. Las endomicorrizas son eficientes en aumentar la absorción de fósforo y esto acrecenta la nodulación.

Las condiciones ambientales también intervienen. La sombra reduce la nodulación (Chu y Robertson 1974; Sprent 1973) y la poca luz y la temperatura reduce la micorrización.

Para obtener un máximo beneficio de estas asociaciones necesita seleccionarse y evaluarse el medio ambiente y las condiciones del cultivo.

D.J. BAGYAPAJ Y COLABORADORES (1978). Analizaron la interacción entre Glomus fasciculatus y Rhizobium japonicum y sus efectos en frijol de soya, en el campo utilizando suelos arenosos deficientes de fósforo con Ph=5-6 y reportan el peso seco y contenido de N de los nódulos de las raíces de las plantas inoculadas con Glomus mosseae y Rhizobium fué significativamente mayor comparado con plantas inoculadas con Rhizobium solamente.

La inoculación de Rhizobium no tuvo ningún efecto significativo sobre la esporulación de Glomus fasciculatus en la rizosfera. Al Rhizobium solo incrementa el contenido de P de la planta y la inoculación de ambos incrementa el peso de las raíces y el contenido de N muy por arriba de los obtenidos al efectuar la inoculación con Rhizobium o Glomus por separado

Los resultados sugieren que la micorriza VA estimula la nodulación y fijación de nitrógeno en el crecimiento de frijol de

soya inoculado con Rhizobium.

Este mismo autor (1979) obtuvo resultados similares inoculando frijol de soya con Rhizobium japonicum y Glomus fasciculatus en suelos de textura limo arenoso y deficientes en fósforo.

SMITH S.E. Y DAFT M.J. (1977). Determinaron la interacción entre el desarrollo, contenido de fósforo y fijación de nitrógeno de plantas de Medicago sativa micorrizadas y no micorrizadas a las que inocularon con Glomus mosseae, para tal efecto utilizaron suelos arenosos con diferentes niveles de fósforo. Los parámetros medidos fueron: intensidad de la infección por micorrizas, intensidad de nodulación, crecimiento, contenido de fósforo, nitrógeno y actividad de la nitrogenasa y tanto la infección micorrízica como la nodulación se llevaron a cabo dentro de las dos semanas después de la inoculación, observándose que a este período de tiempo las plantas inoculadas con Glomus mosseae presentaban una nodulación más extensa aunada a una mayor actividad nitrogenásica, como quiera el efecto de la inoculación sobre el desarrollo de las plantas se manifestó hasta después de 10 semanas, período al que se reporta incremento en el peso seco de las plantas micorrizadas y mayor nodulación y actividad nitrogenásica. En relación al contenido de N y P en base a peso seco no obtuvieron diferencias significativas, sin embargo reportan que la inoculación con micorrizas mejora la absorción de P y fijación de N lo que es importante en el desarrollo de las plantas y consideran como básico el factor tiempo para el establecimiento y manifestación de los efectos de esta asociación tripartita.

TORREY J.G. Y COLABORADORES (1975). Realizaron una revisión sobre el efecto de la inoculación de Rhizobium y de hongos formadores de micorrizas y explican que la infección con esporas de VA incrementan la fijación de nitrógeno por Rhizobium en plantas leguminosas, disminuyen la resistencia de las raíces de frijol de soya al transporte de agua en plantas intactas al igual que en Trifolium parviflorum. La infección de VA puede incrementarse con pequeñas adiciones de fosfato y disminuir con grandes adiciones de fosfato.

Resultados similares fueron reportados por Hall y colaboradores en (1977) los que llevaron a cabo un experimento que consistió en inocular semillas de tréboles blancos cv. Huia y Tamar con Rhizobium trifolii. Las semillas fueron inoculadas con Sclerocystis rubiformis, Glomus monosporous y Glomus tenuis; fueron también cultivadas sin micorrizas y crecieron en barro Warepa (macetas de 1.4 Kg.) con 0, 10, 30, 60, 90, 120, 160, 180, 210, 240 Kg. por hectárea. A 0 y 10 Kg. P/ha, el peso obtenido de las macetas tratadas con micorrizas fué 0.303 gr./maceta y en las macetas sin micorrizas y no inoculadas de 0.231 gr./maceta; a 30 Kg. por hectárea la media fué de 0.831 y 1.047 gr./maceta respectivamente. Tamar obtuvo más que Huia con 30 Kg. por hectárea, en ambos casos los mejores resultados corresponden a plantas micorrizadas.

La concentración de fósforo en la hierba fué baja en plantas sin micorrizar a 0 y 10 Kg. por hectárea y en plantas tratadas con micorriza el porcentaje de infección decreció con incremento

de fosfato.

B. NOSSE (1977). Introdujo endofitas en doce suelos de los cuales solo once respondieron bien, estos fueron sembrados con Sthylosanthes guyanensis y maíz con adición de fosfato. La utilización de la roca fosfórica agregada fué incrementado considerablemente por inoculación pero no hubo evidencia de que aumentara la disponibilidad de fósforo. La densidad del inóculo en el suelo más que la adición de fósforo y su estado en el suelo fué lo que determinó la respuesta a la inoculación con micorriza VA, la que resultó más manifiesta en suelos que contenían pocas endofitas indígenas.

La inoculación de VA micorrizas estimuló la nodulación con Rhizobium pero en contraste en suelos irradiados, no fué clara la relación entre el porcentaje de fosfato en la planta y nodulación.

AZCON Y COLABORADORES (1978). Estudiaron la influencia de micorrizas y fosfobacterias en la nodulación y fijación de nitrógeno por Medicago sativa, utilizando Rhizobium meliloti y Pseudomonas sp y como soporte suelo estéril.

Se utilizaron los cultivos de la siguiente manera:

Células de Rhizobium y fosfobacterias, sobrenadante de estos cultivos y células más sobrenadante. Sus resultados indican una interacción positiva entre fosfobacterias y hongos micorrizicos, el sobrenadante de fosfobacterias influyó en el proceso de infección ya que en éstas se mostró un aumento.

Las plantas micorrizadas producen mayor número de nódulos que

las no micorrizadas y tienen un suministro más adecuado de fosfato. Las plantas inoculadas simultáneamente Rhizobium-micorriza favorecieron el número de nódulos en relación a las plantas micorrizadas sin Rhizobium, los sobrenadantes libres de Rhizobium y fosfobacterias estimularon el crecimiento de las plantas micorrizadas, lo que indica que los sobrenadantes libres de células ejercen una gran influencia en el desarrollo de la raíz, y reportan mayor cantidad de nitrógeno en plantas inoculadas con Rhizobium y fosfobacterias simultáneamente.

Estos mismos autores (1979) llevaron a cabo experimentos similares a nivel de invernadero y de campo, en este caso el objetivo fué establecer el efecto de Rhizobium meliloti y Glomus mosseae sobre el desarrollo de Medicago sativa. Para ello primero determinaron el porcentaje de esporas formadoras de endomicorrizas en el suelo problema. Segundo compararon el efecto de los hongos nativos y un hongo introducido procediendo a determinar el efecto de los inoculantes sobre Medicago sativa.

Utilizaron cuatro siembras testigo, R. G. R+G; incubación de 20 días a 19-25°C en un invernadero preexistente con el transcurso del tiempo una pequeña infección por VA micorrizas.

Sus resultados indican que la inoculación de Glomus más Rhizobium fué efectiva siendo incrementado el peso seco cerca de 50%. La inoculación con Glomus mosseae mejoró el total de nitrógeno, fósforo y potasio y la inoculación con Rhizobium fué únicamente efectiva cuando se inoculó juntamente con Glomus.

El hongo endomicorrícico Glomus mosseae es un efectivo ferti

lizante biológico para Medicago sativa.

La inoculación con Glomus mosseae no únicamente incrementa el crecimiento y nutrición de la planta sino que también mejora la actividad de Rhizobium meliloti cuando fué aplicado como inoculante.

En 1980 repitieron el estudio bajo condiciones de campo en suelos con problemas de fósforo, en este caso los inóculos fueron agregados directamente a la semilla; y agregaron cantidades adecuadas de fósforo para favorecer el crecimiento, nodulación y fijación de nitrógeno. Utilizaron el inóculo de Rhizobium en suspensión (10^6 células / mililitro). La endomicorriza utilizada fué una mezcla de esporas, hifas y raíces infectadas con endofitas VA llevando a cabo un control, inoculación con Rhizobium, inoculación con micorriza y R+M (Rhizobium + Micorriza), inoculado en dos cosechas. Los resultados fueron los siguientes: Primera cosecha: todos los tratamientos de inoculación incrementaron significativamente el crecimiento de la planta. Aunque el mejor tratamiento fué R+G sin mucha diferencia entre este y el R. Las plantas inoculadas con Glomus (G y G+R) presentaron mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, así como por ciento de materia seca que el control y la planta únicamente inoculada con R. Segunda cosecha: La inoculación R+G fué el mejor tratamiento al igual que en la primera cosecha. De acuerdo a lo anterior se puede decir que Glomus + Rhizobium es un eficiente "Fertilizante biológico".

TABLA No. 1.

EFFECTO DE LA INOCULACION DE RHIZOBIUM Y HONGOS MICORRICICOS SOBRE EL DESARROLLO DE LEGUMINOSAS EN AUSENCIA Y PRESENCIA DE FOSFORO

AUTOR	SUBSTRATO	HUESPED	TRATAMIENTO	PESO SECO DE PARTE AEREA EN GRAMOS	CONTENIDO TOTAL DE FOSFORO mg/RAIZ	CONTENIDO TOTAL DE NITROGENO mg/RAIZ
Deft M. S. Annals of Applied Biology 1978	Aplicaron fertilizantes.	Frijol (Phaseolus).	a) Testigo. b) Rhizobium (R) c) <u>Glomus mosseae</u> (M) d) R+M	Mayor cantidad de tallos, raices, - frutos y tejido nodular en R+M		
Moses Barbara New. Phytologist 1977.	Suelos no estériles Nigeria (de baja infectividad).	<u>Stylosanthes</u> <u>guyanensis.</u>	a) Testigo b) Boca Fosfórica (RP) c) Micorriza (M) d) M + RP	0.75 gr. 0.79 gr. 1.39 gr. 1.71 gr.	0.76 0.90 1.40 1.55	0.44 0.72
Magyaraj, D. J. y colaboradores New. Phytol 82:1. 1979.	Limo arenoso pH=5.6 2ppm. de Fósforo	Frijol de soya.	a) Testigo b) <u>Rhizobium japonicum</u> (R) c) <u>Glomus fasciculatus</u> (M) d) R + M	1.96 gr. 2.83 gr. 2.59 gr. 4.65 gr.	11.89 11.26 14.89 24.64	48.39 93.40 72.74 198.11
Azcón, C. y colaboradores Nature 1979.	Calcáreo pH= 7.8	<u>Medicago sativa.</u>	a) Testigo b) Rhizobium (R) c) <u>Glomus mosseae</u> (M) d) R+M	15.18 gr. 15.94 gr. 22.56 gr. 32.09 gr.	65 60 90 110	775 700 1200 1500

AUTOR		HUESPED	TRATAMIENTO	PESO SECO DE PARTES AEREA EN GRAMOS	CONTENIDO TOTAL DE FOSFORO mg/RAIZ	CONTENIDO TOTAL DE NITROGENO mg/RAIZ.
Asociación C. y colaboradores Nature Vol. 279 No. 5711. 1979.	I. Suelo no estéril recibiendo todas las plantas inoculación con <u>Rhizobium meliloti</u> .	Medicago sativa.	a) Testigo	145 ± 22.3 mg.	0.23	4.76
			b) Roca fosfórica (RF)	203 ± 25.9 mg.	0.45	0.22
			c) Micorriza. (M)	432 ± 162.0 mg.	0.82	17.67
			d) RF + M	374 ± 31.0 mg.	0.75	15.18
	II. Suelo estéril recibiendo todas las plantas inoculación con <u>Rhizobium meliloti</u> .	Medicago sativa.	a) Testigo	109 ± 13.4 mg.	0.09	5.27
			b) Roca fosfórica (RF)	182 ± 14.3 mg.	0.14	8.66
			c) Micorriza (M)	385 ± 32.3 mg.	0.62	14.59
			d) RF + M	452 ± 17.4 mg.	0.72	16.54
			M (<u>Glomus mosseae</u>)			
Asociación C. y colaboradores en Prensa 1980.	Arcilloso pH= 7.4 Fósforo soluble 17 ppm.	Medicago sativa.		1a. 2a.	(% PESO SECO) 1a. 2a.	(% PESO SECO) 1a. 2a.
			a) Testigo	75 gr. — 326 gr.	0.32 — 0.16	3.88 — 2.55
			b) Rhizobium meliloti (R)	172 gr. — 612 gr.	0.32 — 0.18	3.54 — 2.74
			c) Glomus mosseae (M)	120 gr. — 496 gr.	0.35 — 0.22	4.63 — 2.88
			d) R + M	200 gr. — 726 gr.	0.36 — 0.21	4.57 — 3.13
Godse, D. B. y colaboradores Cument Science 1978.	Limo arenoso pH= 5.8	<u>Vigna unguiculata</u> .	a) Testigo	5.14 gr.		
			b) Rhizobium (R)	5.70 gr.		
			c) Glomus mosseae (M).	10.27 gr.		
			d) R + M.	19.11 gr.		

TARLA No. 2.

EFFECTOS DE INTERVALOS DE LUZ EN LA FISILOGIA Y CRECIMIENTO DE RHIZORIUM (R) Y RHIZOBIUM MAS GLOMUS (R+G) INOCULADOS EN ALFALFA CULTIVADA DURANTE 80 DIAS.

TRATAMIENTO INTERVALOS DE LUZ (h)	ENDOFITAS	NITROGENO (%)	CONTENIDO TOTAL DE N (mg/RAIZ).	NUMERO DE NODULOS/PLANTA.	INFECCION DE MICORRIZAS (%)	PESO SECO COMPLETO DE LA PLANTA (mg. / PLANTA).
16	R	2.5	2.44	8.1	52.7	194
	RG	2.8	4.64	12.0		289
9	R	4.0	3.66	9.7	26.5	172
	RG	4.0	6.12	14.3		261
5	R	3.7	3.40	18.2	18.4	126
	RG	3.7	3.96	18.2		158

IV DISCUSION DE LOS RESULTADOS

A través de esta monografía se estudió la importancia que pre senta la asociación tripartita (legumbre-Rhizobium-micorriza) como fertilizante biológico. Ya que esta asociación ayuda a la planta - al aprovechamiento del nitrógeno, fósforo, agua, así como de otros elementos esenciales para su desarrollo.

Resultados similares fueron obtenidos por diferentes autores (tabla 1) los que nos indican la importancia de promover la inoculación con fertilizantes biológicos.

Mosse, Bagyaraj y Azcón obtuvieron incremento en el peso seco, contenido de fósforo, y contenido de nitrógeno al llevar a ca bo la inoculación simultánea de Rhizobium más micorriza.

Godse y Daft también reportan incremento en peso seco en dicha inoculación.

En otro experimento Azcón reporta la inoculación de roca fosfórica más micorriza en suelos estéril y no estéril, encontrándose que solo en el primero aumentó el peso seco, contenido de fósforo y nitrógeno al llevarse a cabo la inoculación simultánea. En suelo no estéril la mayor cantidad de peso seco contenido de fósforo y nitrógeno se reportó en el tratamiento con micorrizas; esto puede deberse a la presencia de sustancias que favorecer la mi corrización.

Sin embargo es importante considerar que en nuestro país existen pocos estudios sobre el efecto de este tipo de inoculaciones y que es necesario tomar en cuenta los factores que afec

tan a los microorganismos que intervienen en el proceso, así como la distribución de ellos en nuestros suelos con objeto de optimizar los resultados de las inoculaciones recomendadas.

En relación a esto se ha observado que la iluminación, temperatura, pH, cantidad de agua, fósforo, número de otras bacterias, adición de fertilizantes y biocidas influyen en el grado de infección de los microorganismos introducidos.

En (la tabla 2) se observa el efecto del período de luminosidad sobre la infección por micorrizas y Rhizobium y se observa que a mayor período de luz hay mayor infección micorrízica, en tanto que el número de nódulos es menor, sin embargo aún cuando el número de nódulos resulta bajo en este caso es más importante la absorción de fósforo que estimula la fijación de nitrógeno obteniéndose los mejores resultados en cuanto a peso seco.

Referente a la temperatura se tiene que la infección óptima por hongos micorrízicos se efectúa a 26°C en tanto que a temperaturas inferiores o superiores favorecen el desarrollo de varios hongos inhibiendo la infección de endofitas.

Por lo que para recomendar este tipo de inoculaciones como prácticas agrícolas se recomienda:

Efectuar estudios ecológicos de endofitas, aislamiento y selección de las mismas en base a que sean cosmopolitas; efectuar la infección en forma rápida y que presenten una buena actividad; llevar a cabo un control de los elementos presentes en el suelo, tener en cuenta el clima y la estación en que se va a llevar a cabo la inoculación, la presencia de fitohormonas, contenido de fósforo de los

tejidos del huésped (legumbre).

Llevándose a cabo una buena inoculación ayudaría a la infección de cosechas con un gran rendimiento en legumbres y frutos, lo cual - sería útil a la humanidad, por otra parte se abatiría la utilización de fertilizantes inorgánicos.

V. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- AZCON R. C. Azcón G. de Aguilar and Barea J. M.- Effects of plant hormones present in bacterial cultures on the formation and responses to V. A. Endomycorrhiza .- *New Phytol.* 80 359-364 (1978).
- 2.- AZCON C. G. de Aguilar, Azcón R. Barea J. M.- Endomycorrhizae fungi and Rhizobium as biological fertilizers for Medicago sativa in normal cultivation.- *Nature* Vol 279 No. 5711 325-327 (1979).
- 3.- AZCON C. G. de Aguilar, Barea J. M.- Field inoculation of Medicago with Endomycorrhiza and Rhizobium as effected by available P and Endogonaceae propagules in soil.- (1980).
- 4.- AZCON C. G. de Aguilar, Barea J. M.- Effects of interactions between different culture fractions of phosphobacteria and Rhizobium on mycorrhizal infection, growth, and nodulation of Medicago sativa.- *Can. Journal Microbiology* 24 520-524 (1978).
- 5.- AZCON Rosario, Marin A. D. and Barea J. M.- Comparative role of phosphate in soil or inside the host on the formation and effects of endomycorrhiza.- *Can Journal Microbiology* 24 561-567 (1978).
- 6.- AZCON R. y Barea J.M.- Importancia de la micorrización espontánea en ensayos de nutrición vegetal en suelos deficientes en fósforo.-

Anales de Edafología y Agrobiología. 34(3) 205-212 (1975).

- 7.- BAGYARAJ D. J., Manjunath and Patil R. B.- Interaction Between a vesicular-arbuscular mycorrhiza and Rhizobium and their effects in Soybean in the field.- New Phytol 82:1 141-145 (1979).
- 8.- BAREA J. M., Escudero S. L., and Azcón C. G. de Aguilar.- Effects of introduced and indigenous V. A. mycorrhizal fungi on nodulation, growth and nutrition of Medicago sativa in Phosphate fixing soils as affected by fertilizers. (1980).
- 9.- BJORKMAN ERIK.- Forest Tree Mycorrhiza- The Conditions For Its Formation And The Significance For Tree Growth And Afforestation.- Plant and Soil 32, 589-610 (1970).
- 10.- BROWN M. F. Seed Root Bacterization. Ann. Rev. Phitopatology - - 12: 181-198. (1974).
- 11.- DAFT M. J. and El Ghishmi.- Effect of arbuscular mycorrhiza on plant growth.- New. Phytol Vol 80, Part 2 365-372 (1978).
- 12.- DAFT M. J., El Ghishmi A. A.- Studies on nodulated and mycorrhizae peanuts.- Annals of Applied Biology 83:2 273-276 (1976).
- 13.- DAFT M. J., El Ghishmi A.A.- Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth and nodulation in french bean (Phaseolus vulgaris.- New Phy-

- tolologist 73:6 1.39-1.47 (1974).
- 14.- DAFT M.J., El Ghahmi A. A.- Effect of arbuscular mycorrhiza on plant growth. B.- Effects of defoliation and light on selected hosts.- New phytologist 80:2 365-372 (1978).
- 15.- DAFT M. J.- Nitrogen fixation in nodulated and mycorrhizal crop plants.- Annals of applied Biology 83:3 461-462 (1978).
- 16.- DONALD H. M.- Mycorrhizae Forest pathology Research Institute.- North, Carolina (1970).
- 17.- GATES C. T. and Wilson J. R.- The interaction of nitrogen and phosphorus on the growth, nutrient status and nodulation of Stylosanthes humilis.- Plant and soil 41 325-333 (1974).
- 18.- GEDERMAN J. W.- Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth.- Ann Rev. Phytopathology 6 397-418 (1968).
- 19.- GODSE D. B.- Response of Cowpea (Vigna unguiculata (L) Walp to Rhizobium V. A. mycorrhiza dual inoculation.- Curr SCI Vol 47 No. 20 784-785 (1978).
- 20.- GRADA Y. R. Valdes M.- Desarrollo de micorrhiza vesiculo-arbuscular en algunos cultivos.- Bol. Soc. Mex Mic. 13 47-53 (1979).
- 21.- GUTIERREZ Moya Verónica.- Importancia de las fosfobacterias en la agricultura.- Fac. de Química U.N.A.M. (1980).

- 22.- HALL I. R., Scott R. S., Johnstone P. P.- Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on response of Grasslands Ruia and Tamar white clovers to phosphorus.- Journal of Agriculture Research 20:3 349-355 (1977).
- 23.- HAYMAN D. S., Johnson and Ruddlesdin. I.- The influence of phosphate and crop species on Endogone Spores and vesicular-arbuscular mycorrhiza under field conditions.- Plant and soil 43 489-495 (1975).
- 24.- HAYMAN D. S.- Endogone spore numbers in soil and vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influence by season and soil treatment.- Trans. Brit. Miccol Soc 54 53-63 (1970).
- 25.- HARLEY J. L.- The Biology of Mycorrhiza.- Leonard Hill London (1969).
- 26.- KOZLOWSKI and Marks.- Ectomycorrhizae a series of monographs, texts and treatises; Physiological Ecology; Ed Academic Press.- New York and London (1973).
- 27.- MICHAEL J. Felczar, Jr. Roger D. Reid.- Microbiología.- Ediciones del Castillo, S. A. 568-573 (1974) México, D. F.
- 28.- MOSSÉ B.- Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. X.- Responses of Stylosanthes and maize to inoculation in unsterile soils.- New Phytologist 78:2 277-288 (1977).

- 29.- MOSSE B. Powell, C. L. Hayman D. S.- Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza.- IX.- Interactions between V. A. mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation.- New Phytologist 76:2 331-342 (1976).
- 30.- MOSSE B.- Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza.- Phytopathology II 171-196 (1973)
- 31.- MARKS G. C.- Ectomycorrhizae.- Their Ecology and Physiology.- New York, Academic Press (1973).
- 32.- SMITH S. E. and Daft M. J.- Interactions between growth phosphate content and nitrogen fixation in mycorrhizal and non mycorrhizal Medicago sativa.- Aust. J. Plant Physiol. 4 403-413 (1977).
- 33.- WENT F. W. A. Stark, N.- Mycorrhiza.- Bioscience 18 (11) 1035-1039 (1968).
- 34.- PAPADAKIS J.- Los fertilizantes.- Ed. Albatros Buenos Aires, Argentina 35-47 (1977).
- 35.- TAMHANE R. V., Moteramani.- Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales.- Ed. Diana México, D. F. (1978).
- 36.- WILDE S. A.- Mycorrhizae a tree nutrition.- Bioscience 18 (6) - - 482-503 (1974).

37.- WILSON J. K.- The presence of Rhizobium on agricultural seed.-

Journal of the American Society Agronomy 810-814 (1975).

38.- WALKER, N.- Soil Microbiology.- First Edition.- Halsted Press

Great Britain 67-69 (1975).