

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**"EFECTO DE LA INOCULACION BRUTA DE MICORRIZA
V.A. Y FERTILIZACION FOSFATADA EN EL CULTIVO DE
COCA (*Erythroxylum coca* Lam.)
EN TINGO MARÍA"**

TESIS

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Néstor Kelyn Canchachí Vásquez

PROMOCION I - 95

TINGO MARIA – PERU

2000

DEDICATORIA

A DIOS:

Divino creador de todo lo que existe,
quien me dio la vida y me dotó de
inteligencia para poder conseguir
uno de mis mayores anhelos.

A MIS HERMANOS:

Blanca, Jhonny, Richard,
Martín, Carlos, Cesar,
con el cariño de siempre

CON MUCHO AMOR:

A Lidia y mi hijo Rodrigo
que fortalecen mi espíritu
para seguir luchando

A MIS PADRES:

Néstor e Irma, con mucho amor y
cariño, mi reconocimiento grato y
eterno por el sacrificio que hicieron
para lograr su más caro anhelo.

AGRADECIMIENTO

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater y de manera especial a los profesores de la Facultad de Agronomía quienes contribuyeron con sus conocimientos en mi formación profesional.
- Al Ing. Wilfredo Zavala Solórzano, patrocinador del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Msc. David Guarda Sotelo, por su valiosa colaboración en el análisis estadístico del presente trabajo de tesis.
- Al Ing. Casiano Aguirre Escalante, por su valiosa colaboración en la ejecución del presente trabajo de tesis.
- A mis compañeros de promoción y amigos, especialmente a Oscar Cabezas Huayllas, Alejandro Ruiz Janje, Arnold Morales Pantoja, Jorge Meléndez Sifuentes, Carlos Riverti Garnica, José Francia Mendoza, Guillermo Ticse Grados por su noble amistad y comprensión.

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	8
II. REVISION DE LITERATURA.....	10
2.1 La coca	10
2.2 Micorriza vesículo-arbuscular.....	12
2.3 Fuentes a base de fósforo.....	25
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Ubicación y duración del experimento.....	27
3.2 Materiales.....	27
3.3 Componentes en estudio.....	31
3.4 Diseño experimental.....	33
3.5 Tratamientos en estudio	33
3.6 Descripción de la unidad experimental.....	35
3.7 Observaciones registradas.....	35
3.8 Ejecución del experimento.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. RESUMEN.....	78
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	80
IX. ANEXO.....	85

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
1. Análisis físico químico del suelo experimental.....	29
2. Esquema del análisis de variancia.....	33
3. tratamientos en estudio.....	34
4. Efectos principales de las fuentes y niveles de fósforo y niveles de ino- culo bruto para los caracteres en estudio.....	45
5. Efecto simple de la interacción entre fuentes y niveles de fósforo para los caracteres en estudio.....	48
6. Efecto simple de la interacción entre fuentes y niveles de inoculación bruta para los caracteres en estudio.....	52
7. Efecto simple de la interacción entre niveles de fósforo y niveles de inculo bruto para los caracteres en estudio.....	56
8. Efecto simple de la interacción entre fuentes y niveles de fósforo para niveles de inculo bruto en el carácter materia seca aérea y radicular.....	61
9. Efecto de la triple interacción en el carácter materia seca aérea.....	66
10. Efecto factorial vs testigo.....	70
11. Dependencia relativa micorrizal y la relación parte aérea entre parte ra- dicular.....	72
12. Efecto de dos niveles de inoculación bruta en diferentes fuentes y ni- veles de fósforo para el porcentaje de infección en plantas de coca.....	75

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo en altura de planta.....	50
2. Efecto de las fuentes por niveles de fósforo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea.....	50
3. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en número de hojas.....	55
4. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en el rendi- miento de materia seca de la parte aérea.....	55
5. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en el rendi- miento de materia seca de la parte radicular.....	57
6. Efecto de los niveles de fósforo y niveles de inoculo en la altura de planta.....	57
7. Efecto de los niveles de fósforo y niveles de inoculo en el rendi- miento de materia seca de la parte aérea.....	60
8. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo y 2 g. de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea.....	62
9. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo y 4 g. de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea.....	62

10. Efecto de los niveles de inoculo y niveles de fósforo y roca bayo-
var en el rendimiento de materia seca de la parte radicular..... 64
11. Efecto de los niveles de inoculo y niveles de fósforo y superfosfato
triple de calcio en el rendimiento de materia seca de la parte radicu-
lar..... 64

I. INTRODUCCION

En vista de los efectos nocivos y contaminantes de los agroquímicos sobre la ecología del suelo, crecimiento de las plantas y sobre la salud del hombre, se propone el manejo integral de la agricultura el cual debe ser autosostenible con una producción constante y un crecimiento que permita la subsistencia de nuestras generaciones y mantenimiento de la agroecología.

Así los precios de los fertilizantes que harían posible el incremento de la eficiencia productiva, tienen una tendencia a mantenerse o subir en el mercado internacional. Este mayor costo relativo de los fertilizantes, puede tener implicancias importantes sobre la viabilidad económica de la agricultura en general y particularmente en la recuperación de tierras degradadas de la Amazonía.

Dentro de las alternativas de sustitución de los fertilizantes químicos se viene estudiando la fijación biológica del nitrógeno, utilización de bioabono, compost y la utilización de micorrizas.

Por otro lado hay que señalar que la coca es una planta que se adapta extraordinariamente a todo tipo de suelo. Crece en suelos sumamente pobres como por ejemplo, las terrazas alta de la selva alta, suelos con pendientes superiores a 40 grados, se cultiva en diferentes ecosistemas. Trabajos de investigación

realizados en U.N.A.S. dan a conocer la presencia de micorrizas en plantas que crecen bajo las condiciones mencionadas para el cultivo de coca como son: el rabo de zorro y la remolina.

Bajo estos contextos nace la inquietud de estudiar a dicho cultivo, planteándose la existencia de un tipo de fuerza laboral oculta, en este caso las micorrizas, que son asociaciones simbióticas recíprocas que se desarrollan entre las raíces de la mayoría de las especies vegetales y ciertos hongos del suelo, que ayudan a captar nutrientes especialmente el fósforo y a crecer adecuadamente. Estas micorrizas se estarían empleando en otros cultivos de importancia económica, minimizando de esta manera la aplicación de fertilizantes fosfatados así como de enmiendas cálcicas que elevan los costos al productor.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se ha iniciado el presente trabajo bajo los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de dos niveles de inoculación bruta (pelos absorbentes de coca) en el crecimiento de la planta de coca.
- Evaluar el efecto de la adición de diferentes fuentes y niveles fosfatados en la eficiencia de las micorrizas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. LA COCA.

Debido a la diferente distribución geográfica y ecológica del cultivo de coca (*Erythroxylum coca* Lam. y *E. novogranatense* Morris) éstas salen de las normas específicas en varios caracteres. Observaciones de campo y estudio de morfología comparada, anatomía y composición química de las cocas cultivadas, han permitido establecer el carácter varietal de las cocas peruanas, las que de acuerdo al código internacional de nomenclatura de plantas cultivadas, deben considerarse como cultivares en lugar de variedades botánicas (22).

Coca es el nombre con que suele designarse a especie del género ERYTHROXYLUM de la familia de los ERYTHROXYLACEAE, hasta la actualidad dentro de la clasificación botánica de la coca se conocen 250 variedades de los cuales aproximadamente 23 a 25 son silvestres y solamente son dos las variedades que se cultivan, las llamadas *Erythroxylum coca* más conocida con el nombre de coca boliviana o coca Huánuco y la otra *Erythroxylum novogranatense* conocida también como la coca colombiana o coca trujillana. La primera es la que se cultiva en la zona del Alto Huallaga por que contiene mayor cantidad de alcaloides y por ello tiene mayor precio en el mercado internacional (12).

En el Perú los cultivos de coca se distribuyen en zonas tropicales y subtropicales de ceja de selva, en las cuencas de los ríos Marañón, Huallaga, Paucartambo, Apurímac, Ene, Perené y Ucayali; en los valles interandinos de La Libertad, Huánuco, Cajamarca, Ayacucho, Amazonas, San Martín, Loreto, Apurímac, y Cuzco entre los 500 y 2 000 m.s.n.m. se extiende a Colombia, Argentina, Ecuador, se ha aclimatado en la India, Brasil y Java (25).

La coca es un arbusto o pequeño árbol, cuya composición química no es uniforme, dependiendo de las especies, zonas geográficas y ecológicas, forma de cultivo, edad de las plantaciones y estado de las hojas. Además de la cocaína, las hojas de coca contienen otros once alcaloides. La presencia de otros elementos hallados como nitrógeno, calcio, fósforo, fierro, caroteno, vitaminas B₁ B₂, y niacina es variable con tendencia a establecerse por cultivares (22).

Cuando la hoja de coca ha alcanzado su madurez (luego de 8 a 12 meses) que es reconocida en las yemas o por el color rojo de las semillas, se efectúa el deshoje o cosecha que consiste en quitarle a la planta todas sus hojas. Luego de realizada la cosecha es necesario realizar el deshiero y acondicionarlo para que la planta eche nuevamente hojas nuevas. El promedio de cosecha que se realiza en un año oscila entre 3 y 6 veces, estos de acuerdo a la localización de los terrenos, a las épocas de verano o invierno y a los cuidados que se brinda a

la planta. El rendimiento promedio es de 60 arrobas de hojas secas por cada cosecha y por hectárea (3).

2.2. MICORRIZAS VESICULO – ARBUSCULAR.

Los hongos micorrízicos VA pertenecen a la familia Endogonaceae del orden de los Zygomycetes. Ellos son simbiontes obligados los que generalmente tienen amplios rangos de hospederos que incluyen tanto cultivos agrícolas como plantas no agrícolas. MVA son endófitos más cosmopolitas en las raíces de las plantas. Se caracterizan por la presencia de estructuras semejantes a haustorios intracelulares denominadas arbusculares (órganos de intercambio de nutrientes), hinchamientos de hifas denominados vesículas (órganos de almacenamiento) e hifas intercelulares (20).

El treinta por ciento de la mayoría de sistemas radiculares pueden ser micorrízicos bajo condiciones normales de campo mientras que en algunas especies de plantas es común que éste sea 50%. El simbionte sobrevive en condiciones adversas como clamidosporas (esporas de sobrevivencia) o en la forma de fragmentos de hifa en segmento de raíces viejas en el suelo (20).

El crecimiento de la planta es incrementado por la extensión del sistema radicular e incremento de la absorción del fósforo. El hongo micorrízico recibe nutrientes directamente de la planta a través de los arbusculos; el hecho que las

MVA sean cosmopolitas y estén presentes en la mayoría de cultivos sugiere la existencia de un estimulador de crecimiento siempre presente en suelos agrícolas. Aunque el potencial para incrementar el crecimiento en plantas micorrízicas es omnipresente, no es la regla en los sistemas de producción actuales o no a sido adecuadamente medido. La mayoría de trabajos sobre MVA han sido realizado en condiciones de invernadero (21).

2.2.1. **Fragmento de raíz micorrizada.**

Se acepta que existen en el suelo tres formas de inoculo, las cuales, aunque con diferente grado en su capacidad de supervivencia y potencial infectivo, pueden originar la simbiosis, estos son: 1) las grandes esporas de resistencia de los hongos VA; 2) raíces micorrizadas o sus fragmentos procedentes de plantas preexistentes y coexistentes y; 3) agregados de hifas que sobreviven en el suelo. Es obvio suponer que la viabilidad del fragmento de raíz micorrizada dependa de un lado, de la edad y capacidad metabólica del fragmento de raíz (34); y de otro, del tipo de estructura fúngica que posean esos fragmentos. En este sentido Biermann y Linderman citado por Contreras (13) han demostrado la importancia de las vesículas intrarradicales presente en un fragmento de raíz para decidir el potencial de estos inoculo.

Según la observación de estos autores la infectividad derivada de la presencia de tales estructuras se manifiestan especialmente cuando la raíz deja de ser activa. Es más estos autores también encuentran que raíces infectadas por hongos que no forman vesículas intrarradicales como es el caso de Gigaspora, pierden su potencial como inóculo al dejar la raíz de ser viable, en cambio las vesículas intrarradicales originadas por varias especies de Glomus, conservaban su infectividad incluso al ser aislada de la raíz. Todo esto sugiere que las vesículas intrarradicales, consideradas hasta ahora como simples órganos de reserva, puede comportarse como esporas corroborando la hipótesis apuntada por Gendemann citado por (15) sobre un posible papel de la vesícula internas como órganos de reproducción.

Wagner y Mosse citado por (13) sugirieron que las partículas de materia orgánica del suelo podrían ser el punto de anclaje y sustrato de mantenimiento para la conservación de la supervivencia y actividad de los hongos VA en el suelo en ausencia de planta. De hecho estudios "invitro" en un intento de cultivar hongos VA en ausencia de plantas han demostrado la capacidad asimiladora de las hifas de hongos VA. Recientemente S.T. Jhon citado por (13) aporta evidencias experimentales que apoyan el papel de las partículas de materia orgánica en la estimulación del crecimiento y ramificación de las hifas de los

hongos VA en el suelo. Estos autores no detectan la existencia de una orientación de las hifas hacia la partícula de materia orgánica, pero si pone de manifiesto la estimulación del desarrollo de las hifas que llegan a contactar con tales partículas. Aunque no está claro si la partícula de materia orgánica suministra fuentes de energía o nutrientes, al menos, si proporciona al hongo un nicho fisiológico y ecológico para desarrollarse.

Es evidente, por tanto, una diversidad de inóculo de MVA en los suelos, en cuanto a tipo, número, tamaño, edad y capacidad de respuestas a las condiciones que afectan su viabilidad y poder infectivo. Por ello, y como consecuencia de lo expuesto hasta ahora, se puede decir que si se pretende comparar la mayor o menor “especificidad” de varios hongos VA para un sistema suelo – planta concreto; podrían obtenerse resultados erróneos si no se suministran inóculos equivalentes de cada hongo, en lo que respecta al número, tamaño, edad y tipo de propágulos aportados. En términos absolutos se puede concluir que, dada la variedad de tipos de inóculos VA, decir que se está aportando inóculos completamente equivalentes de dos hongos, incluso pertenecientes a la misma especie es prácticamente imposible. Sin embargo, se puede obtener inóculos suficientemente comparables para decidir, a grandes rasgos, una mayor o menor “especificidad” de un hongo en un sistema suelo – planta (27).

2.2.2. Efecto de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas.

Las micorrizas, en la mayoría de los casos, estimulan el crecimiento vegetal, debido a su efecto beneficioso sobre la nutrición mineral de la planta. Tal aseveración se ha corroborado utilizando trazadores isotópicos. La respuesta de la planta como principal responsable del “efecto micorriza” es el incremento de la concentración y/o contenido en fósforo de los tejidos vegetales. No obstante, también se han encontrado incrementos en el contenido y concentración de otros nutrientes en la planta; en unos casos esto puede deberse a un efecto directo de la micorriza aunque en otros puede ser una consecuencia de que, merced a que la planta resuelve su demanda de fósforo, vía micorriza, alcanza un equilibrio nutritivo más adecuado por lo que las propias raíces resultan capacitadas para captar mejor otros nutrientes.

Teniendo en cuenta que entre el 95 – 99% de fósforo de un suelo no es disponible para la planta, se pensó en la posibilidad de que el fósforo extra que las plantas micorrizadas captan proceden de una solubilización de estos fosfatos no asimilables. Es mas, la mayor utilización por parte de las MVA de fuentes difícilmente solubles de fósforo, como el fosfato de roca, confirmaba esta hipótesis. Sin embargo los ensayos de marcado isotópico con P^{32} del suelo han puesto de

manifiesto que, tal como hacen las propias raíces, las micorrizas toman el fósforo de la fracción soluble (disponible) del suelo (20).

Las MVA no solo incrementan la biomasa vegetal sino que también influyen en la proporción en la cual ésta se distribuye entre parte aérea y raíz. La estimulación de la captación de nutrientes y la subsiguiente traslocación de estos a la parte aérea que se transfieren a la raíz relativamente menos productos de la fotosíntesis, y una mayor proporción de estos sea retenido en la parte aérea y utilizada en la producción de materia verde. Como consecuencia, la relación “peso seco de la parte aérea entre peso seco de la raíz” es, normalmente, más alta en plantas micorrizadas (32). Este hecho reviste un interés apreciable desde el punto de vista bioenergético ya que representa un ahorro de transferencia de fotosintato a la parte heterotrófica (consumidora) del sistema, en beneficio de un incremento de biomasa autotrófica. En algunos casos se han descrito efectos negativos de las micorrizas sobre el crecimiento de la planta. Sin embargo en la mayoría de estas situaciones, la depresión del crecimiento es “transitoria”, probablemente debido a la competición entre planta y hongo por fotosintato en los estadios iniciales de la infección, cuando el hongo consume sin aportar aun beneficio, o bien cuando las condiciones para la fotosíntesis son sub – óptimas en

cuanto a su intensidad o calidad lumínica y temperatura. Así mismo se manifiesta que en los estudios ecofisiológico de las plantas no se puede prescindir del análisis de los factores ambientales como la luz, la temperatura, disponibilidad de agua (32,11).

Las depresiones “persistentes” del crecimiento pueden tener lugar cuando se provocan concentraciones super óptimas de fósforo en los tejidos vegetales, o bien cuando la oferta de fósforo del medio es tal que la planta se satisface sin necesidad del hongo, por lo cual el mantenimiento de éste es un gasto superfluo, o sea, que el micosimbote se está comportando como un auténtico parásito (3).

2.2.3. Efectos de la MVA sin la aplicación de nutrientes.

Se han sugerido varios mecanismos por los que las MVA pueden afectar el crecimiento de la planta por acción no directa sobre la nutrición de esta. Así tenemos: a) aquellos debidos a producción de fitohormonas. En efecto, en plantas micorrizadas se han detectado niveles superiores de hormonas vegetales, tales como giberelinas y citoquinina y algunas respuestas a las micorrizas, como adelanto en la floración, han sido atribuidas a variaciones en el balance hormonal de dichas plantas (5,6). De hecho, se ha demostrado la capacidad de producir estas sustancias por determinados hongos VA en cultivo

axénico (10). b) los inducidos mediante una acción de mejora de estructura del suelo a través de la formación y estabilización de agregados por las hifas del hongo, según Forster citado por (13); c) los ejercicios a través de una protección de la planta del ataque de patógenos. En el caso de enfermedades que afectan al sistema radicular, las micorrizas pueden actuar bien protegiendo a la raíz frente al patógeno o bien compensando el daño causado. En cualquier caso, esta protección puede ser debida simplemente a la mejor nutrición de la planta. Todas estas observaciones o hipótesis necesitan confirmación experimental en cuanto a evaluar su contribución real al efecto micorriza sobre la fisiología de la planta.

2.2.4. Fertilidad del suelo y MVA.

La información disponible al respecto, revisada recientemente indican que la formación de MVA suele afectarse negativamente por la aplicación excesiva de fertilizantes químicos fosforados y nitrogenados. Ello se debe a que la aplicación reiterada de tales productos, o sea, la llamada "historia de la fertilización de un suelo", condiciona la selección de hongos adaptados a la formación de la micorriza en suelos fértiles o fertilizados. En este punto, conviene recordar que no existe paralelismo en cuanto al grado de infectividad de los hongos VA y efectividad de la micorriza formada y que, precisamente, estos se manifiesta especialmente

en el caso de hongos adaptados a sobrevivir e infectar en suelos con condiciones que, teóricamente, no son las adecuadas para que se forme la micorriza, como es el caso provocado por una excesiva aplicación de fertilizantes (1, 9,19).

Parece ser que el hongo se comporta como un parásito sólo cuando se trata de suelos muy fértiles, o cuando son muy infectivos y poco efectivos (escaso micelio externo y extensivo micelio interno) (20).

La adición de cantidades bajas de fósforo es compatible, e incluso complementaria, con las MVA en la estimulación del crecimiento de la planta, pero al incrementar la dosis se comienza a interferir la formación de la simbiosis, llegando incluso a la inhibición (23). De acuerdo con la aplicación de fósforo soluble provoca un descenso en la exudación radical y en la formación de la MVA, ya que se ejerce un control efectivo de la permeabilidad celular y, como consecuencia de la exudación radical lo cual repercute en la formación de la micorriza (28).

Trabajos de Jasper y Same citado por (13) ponen de manifiesto que cuanto más alta es la concentración de fósforo en una planta más bajo es el contenido de carbohidratos solubles de la raíz y sus exudados, y como

consecuencia de ello, apuntan estos autores, es más baja la frecuencia de puntos de entrada del hongo VA en la raíz. La conclusión general es que el nivel de fósforo en la planta, más que el del suelo, es el que controla el establecimiento y función de la micorriza.

Hay evidencias de que factores que reducen la tasa de fotosíntesis, tales como la intensidad lumínica o defoliación afectan negativamente la formación de micorrizas (15).

Desde hace tiempo se sabe que las propiedades del suelo, fundamentalmente su pH, así como el nivel macro y micronutrientes asimilables ejercen una influencia selectiva sobre distintas especies de hongos VA (20,23).

Otros factores del suelo que influyen en el desarrollo de la micorriza son la temperatura y la humedad. Con respecto a la primera, se ha puesto de manifiesto que el porcentaje de infección aumenta al incrementarse ésta hasta alcanzar un máximo a los 30 °C (30). A partir de esta temperatura la infección decrece y por encima de 40 °C se produce una inhibición completa de la germinación de las esporas de ciertos hongos VA, por lo que la falta de infección a estas temperaturas

pueden ser debido a la ausencia de germinación de las esporas y desarrollo de otros propágulos. Con respecto a la humedad se sabe que el óptimo para que se desarrolle la micorriza coincide con el óptimo para la planta (30,35).

2.2.5. Dependencia y especificidad de una planta a las micorrizas.

El concepto de dependencia se entiende como la necesidad que tiene una planta de estar micorrizada para producir un crecimiento óptimo. Teniendo presente la definición anterior, los vegetales superiores que van desde la independencia total, como en crucíferas y quenopodiáceas que no suelen formar nunca micorrizas, pasando por una extensa gama de tipos intermedios, hasta la dependencia absoluta en ciertas plantas incapaces de desarrollarse, si no están micorrizadas, incluso en suelos de elevada fertilidad (24).

Aunque la respuesta de una planta a las micorrizas puede verse afectada por diversos factores del medio ambiente, su dependencia para captar nutrientes del suelo, especialmente fosfato, y crecer adecuadamente, es una característica inherente a la propia planta. En efecto, las especies vegetales, e incluso variedades dentro de la misma especie, difieren considerablemente en su capacidad para extraer fosfato del suelo, así como el nivel de demanda y requerimientos en dicho

nutrientes. Precisamente las especies o variedades con más dificultad para captar fosfato de la solución edáfica, o con una demanda de fósforo más alta, son las que se benefician más de las MVA, o dicho de otra forma, son las más dependientes de la simbiosis para prosperar (7).

Baylis citado por (13) pone de manifiesto que las especies del orden Magnoliales, las angiospermas más primitivas, ancestro de todas las di y monocotiledonas, son especialmente dependientes de las MVA para captar nutrientes, es decir, son sumamente micotróficas. Baylis describe las raíces de estas especies como muy poca ramificadas, las llamadas raíces de tipo "magnoloide", éstas raíces carecen de pelos radicales o bien los tienen cortos y en escaso número y las plantas que las poseen dependen de la infección VA incluso en suelos muy fértiles.

En el extremo opuesto Baylys describe las raíces de tipo "graminoide" como muy ramificadas, y frecuentemente cubiertas de largos pelos radicales. Las plantas con raíces de este tipo sólo responden a la inoculación con micorrizas en suelos deficientes en fosfato asimilables. Sin embargo existen excepciones a esta hipótesis, habiéndose encontrado plantas con raíces de tipo graminoide fuertemente dependientes de las MVA, por lo que, aún aceptándola en líneas generales, hay que pensar en la existencia de otros factores de tipo

fisiológico o anatómico, que influyen en la mayor o menor dependencia de una determinada planta a las MVA.

Teniendo en cuenta que el fósforo es el principal elemento implicado en la efectividad y desarrollo de las micorrizas, la capacidad de la planta para captar este elemento es el factor que fundamentalmente contribuye a la dependencia de las plantas a las MVA. Por esta razón, Gerdermann citado por (15) define la dependencia a las micorrizas como “el grado en el cual una planta depende de la condición de estar micorrizada para que produzca su crecimiento máximo a un nivel dado de fertilidad del suelo.

Otro concepto importante a considerar es el de “especificidad” en las asociaciones hongo VA-planta. Clásicamente se viene aceptando que cualquier hongo VA puede formar micorrizas con cualquier planta susceptible, es decir, que no existe “especificidad” en el sentido estricto del término; sin embargo, si que se manifiesta una variabilidad en el nivel de efectividad de la micorriza formada entre una planta y diferentes hongos VA, influenciado a su vez por el factor suelo. Finalmente, desde el punto de vista práctico, y en relación con la aplicación de las MVA en agricultura, el hecho de seleccionar el hongo VA “específico” para un sistema suelo-planta dado, es absolutamente clave (8).

2.3. FUENTES A BASE DE FOSFORO.

En la actualidad en el Perú, existen diferentes fuentes de fósforo en el mercado. Se puede obtener desde formulaciones simples o compuestas dependiendo de las necesidades del usuario. La concentración de fósforo expresado en unidades de P_2O_5 , es variable y puede estar en el rango de 7 a 46% (16).

Superfosfato triple de calcio.- llamado también superfosfato doble o triple debido a su contenido elevado de fosfato. Este fertilizante se forma cuando se elimina el sulfato de calcio, donde se produce ácido fosfórico, y cuando se deja reaccionar el ácido fosfórico libre con el fosfato de roca, estas reacción se emplea para producir superfosfato concentrado; con un contenido variable de azufre menores del 3%. Las reacciones son las siguientes:

1. $2Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2SO_4 \text{ ----- } 6CaSO_4 + 4H_3PO_4$
2. $Ca_3(PO_4)_2 + 4H_2SO_4 \text{ ----- } 3CaH_4(SO_4) + \text{impurezas.}$

Estos superfosfatos contienen entre 40 y 49% de P_2O_5 en su mayor parte en forma asimilable por las plantas. Casi todo el ácido fosfórico se encuentra en forma de fosfato monocálcico, soluble en agua y aproximadamente todo es clasificado como disponible.

Al aplicarse superfosfato en los suelos ácidos a pH inferior a 5.0, los compuestos de hierro y aluminio se solubilizan en grado sumo y luego, mediante reacciones de doble descomposición, forman fosfatos de hierro y aluminio que son prácticamente insolubles (33).

Roca fosfatada bayovar.- Es la fuente de fósforo utilizado en la industria y agricultura, tiene la composición $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{x}$, donde x puede ser F, Cl, OH ó CO_3 ; el mineral más frecuente es el flúor ($2\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$) (17).

La presencia de flúor en la roca es responsable de la mayor resistencia al ataque del ácido, de la baja solubilidad y de su acumulación en los depósitos naturales. Así mismo, es deseable que el contenido de óxidos de aluminio y hierro sean bajos, el contenido de P_2O_5 y CaO de fosfato de Sechura son los más altos. Las formas solubles en reducción están cubiertas por un revestimiento que se pueden disolver parcial o totalmente bajo condiciones anaeróbicas. La roca es insoluble en solvente (agua, ácido cítrico y citrato de amonio) (16).

La de roca fosfatada, en condiciones de suelos ácidos, libera formas asimilables de fósforo a la solución del suelo; se ha demostrado que el comportamiento de la roca bayovar es similar al de los superfosfatos en suelos ácidos, con una buena proporción de materia orgánica (18).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN Y DURACION DEL EXPERIMENTO.

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Fitopatología, Microbiología e invernadero de la Micro - Estación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; geográficamente situado en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 9° 9' Latitud Sur y 75° 57' Longitud Oeste, con una altitud de 660 m.s.n.m. y temperaturas máximas de 29 °C, 3629 mm. de precipitación pluvial promedio anual y una humedad relativa promedio de 84%. Ecológicamente se considera como bosque muy húmedo subtropical. El experimento comenzó el 14 de diciembre de 1995 y terminó el 28 de junio de 1996.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Semillas de coca:

Las semillas fueron obtenidas del distrito de Pumahuasi.

3.2.2. Inoculo bruto.

Cabe indicar que se hizo un previo estudio para ver si existían hongos micorríticos en los pelos absorbentes de las plantas de coca donde se comprobó que sólo existían hongos del género *Glomus sp.*

Se utilizaron pelos absorbentes infectados por hongos micorríticos de plantas de coca, las cuales fueron tomadas al azar de las raíces de 4 plantas en un bloque de 16 m², se lavaron con agua corriente y se sacaron submuestras del sistema radical, de tal manera que la muestra utilizada, sea representativa del sistema total de la raíz. En general la infección de M.V.A., se produce más rápidamente a partir de raíces previamente micorrizadas que a partir de esporas (26). En este sentido se ha demostrado la importancia de las vesículas intrarradicales presentes en un fragmento de raíz para decidir el potencial de estos inoculos. Tales estructuras se manifiestan especialmente cuando la raíz deja de ser activa (10). La cantidad de inoculo empleado fue de 2-4 g./bolsa de 1 Kg. de capacidad.

3.2.3. Fertilizantes.

Se empleó 50 kg. N.h⁻¹ en forma de urea y 50 kg. K₂O.h⁻¹ en forma de Cloruro de Potasio.

3.2.4 Suelo.

El suelo empleado fue obtenido de una parcela degradada por el mal manejo en el monocultivo de la coca, (ex - cocal) de la localidad de Santa Rosa de Shapajilla. Las muestras fueron tomadas hasta de una profundidad aproximada de 30 cm. Los resultados muestran que se trata

de un suelo de textura fina (arcilloso) de reacción muy ácida, contenido bajo en materia orgánica, en nitrógeno total, potasio y fósforo.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo experimental.

Parámetros	Valor	Método empleado
Análisis Mecánico		
Arena (%)	32.40	Hidrómetro
Limo (%)	16.0	Hidrómetro
Arcilla (%)	51.6	Hidrómetro
Clase textural	Arcilloso	Triángulo textural
pH (1:1)	4.1	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	2.0	Walkley – Black
Nitrógeno total	0.09	% MO x Fact. 0.045
Fósforo disponible (ppm. P)	2.8	Olsen Modificado
Potasio disponible (Kg. K ₂ O h ⁻¹).	82.2	Acido sulfúrico 6N.
Ca + Mg (meq. 100 g ⁻¹ .)	1.7	EDTA versenato
Al + H (meq. 100 g ⁻¹ .)	2.1	Yuan
Al (meq. 100 g ⁻¹ .)	1.5	Yuan
CIC _E (meq. 100 g ⁻¹ .)	3.8	Suma de cationes
Sat Al (%)	39.0	

Preparación del suelo.

La preparación del suelo, consistió en tamizar y homogenizar 78 kg. de suelo húmedo luego llenado en sacos de tocuyo aproximadamente 30 kg. de suelo en cada saco, se amarró para esterilizar en autoclave de 110 °C por una

hora durante 3 días consecutivos a una presión de $1.5 \text{ kg. (cm}^2\text{)}^{-1}$. También se esterilizó 30 kg. de arena de río lavada a la misma temperatura y presión por una sola vez.

La esterilización se realizó con la finalidad de eliminar todos los microorganismos, principalmente las endófitas nativos de MVA. El suelo se mezcló con arena de río lavada estéril en la proporción de 5:2 (v/v) con la finalidad de mejorar la textura del suelo. Esto hace al suelo más suelto y facilita el manipuleo de raíces.

Se utilizó 108 kg. de suelo esterilizado (suelo experimental + arena) fraccionado en 27 porciones de 4 kg. cada uno, a los que se aplicó los tratamientos en estudio sin inoculación, luego se incubó por un mes en bolsas separadas de polietileno cerradas herméticamente para que no exista contacto con el medio ambiente. También se incubó 4 kg. de suelo no esterilizado.

3.2.5. Otros.

- Bolsas de plástico de 1 kg. de capacidad con perforaciones en la base.
- Equipos y reactivos para teñir raíces y cuantificar el porcentaje de infección.

- Agua destilada para el riego de las plantas.
- Balanza de precisión.
- Microscopio.

3.3. COMPONENTES EN ESTUDIO.

A. Fuentes de Fósforo.

a_1 = Roca bayovar (30.5% de P_2O_5). RB.

a_2 = Superfosfato triple (46% de P_2O_5). ST.

B. Niveles de Fósforo.

b_1 = 80 ppm. de P.

b_2 = 160 ppm. de P.

b_3 = 240 ppm. de P.

C. Inoculo bruto (pelos absorbentes infectados por hongos micorríticos de plantas de coca).

c_1 = 2 g. de inoculo bruto.

c_2 = 4 g. de inoculo bruto.

D. Adicionales.

Ad_1 Sin inoculo bruto + 80 ppm. de P. (RB)+ 4 g. de materia orgánica*.

- Ad₂ Sin inóculo bruto + 160 ppm. de P.(RB)+ 4 g. de materia orgánica*.
- Ad₃ Sin inóculo bruto + 240 ppm. de P.(RB)+ 4 g. de materia orgánica*.
- Ad₄ Sin inóculo bruto + 80 ppm. de P.(ST) + 4 g. de materia orgánica*.
- Ad₅ Sin inóculo bruto + 160 ppm. de P. (ST)+ 4 g. de materia orgánica*.
- Ad₆ Sin inóculo bruto + 240 ppm. de P.(ST)+ 4 g. de materia orgánica*.
- Ad₇ 2 g. de inóculo bruto + sin P.
- Ad₈ 4 g. de inóculo bruto + sin P.
- Ad₉ Sin inóculo bruto + sin fósforo (suelo esterilizado).
- Ad₁₀ Sin inóculo bruto + sin fósforo (suelo sin esterilizar)
- Ad₁₁ Sin inóculo bruto + 80 ppm. de P. (RB).
- Ad₁₂ Sin inóculo bruto + 160 ppm. de P. (RB).
- Ad₁₃ Sin inóculo bruto + 240 ppm. de P. (RB)
- Ad₁₄ Sin inóculo bruto + 80 ppm. de P. (ST).
- Ad₁₅ Sin inóculo bruto + 160 ppm. de P. (ST).
- Ad₁₆ Sin inóculo bruto + 240 ppm. de P. (ST).

* Inóculo esterilizado.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental empleado fue el completamente al azar con arreglo factorial de los tratamientos $2 \times 3 \times 2 + 16$ adicionales en tres repeticiones.

Cuadro 2. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	27
Factorial	11
A	1
B	2
C	1
AB	2
AC	1
BC	2
ABC	2
Testigos	15
Factorial vs. Testigo	1
Error experimental	56
Total	83

3.5. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

Resultan de la combinación de las fuentes y niveles de fósforo e inoculo de MVA, las cuales se indican.

Cuadro 3. Tratamientos en estudio

No	CLAVE	DESCRIPCION
1	a ₁ b ₁ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 80 ppm. P. (RB**)
2	a ₁ b ₁ c ₂	4 g. de inoculo bruto +80 ppm. P. (RB)
3	a ₁ b ₂ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 160 ppm. P. (RB)
4	a ₁ b ₂ c ₂	4 g. de inoculo bruto + 160 ppm. P. (RB)
5	a ₁ b ₃ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 240 ppm. P. (RB)
6	a ₁ b ₃ c ₂	4 g. de inoculo bruto + 240 ppm. P. (RB)
7	a ₂ b ₁ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 80 ppm. P. (ST***)
8	a ₂ b ₁ c ₂	4 g. de inoculo bruto + 80 ppm. P. (ST)
9	a ₂ b ₂ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 160 ppm. P. (S.T)
10	a ₂ b ₂ c ₂	4 g. de inoculo bruto + 160 ppm. P. (S.T)
11	a ₂ b ₃ c ₁	2 g. de inoculo bruto + 240 ppm. P.(S.T)
12	a ₂ b ₃ c ₂	4 g. de inoculo bruto + 240ppm. P.(S.T)
13	Ad ₁	Sin inoculo bruto + 80 ppm. P. (R.B) + 4 g. de m.o*
14	Ad ₂	Sin inoculo bruto + 160 ppm. P. (R.B) + 4 g. de m.o*
15	Ad ₃	Sin inoculo bruto + 240 ppm. P. (R.B) + 4 g. de m.o*
16	Ad ₄	Sin inoculo bruto + 80 ppm. P. (S.T) + 4 g. de m.o*
17	Ad ₅	Sin inoculo bruto + 160 ppm. P. (S.T) + 4 g. de m.o*
18	Ad ₆	Sin inoculo bruto + 240 ppm. P. (S.T) + 4 g. de m.o*
19	Ad ₇	2 g. de inoculo bruto + Sin P.
20	Ad ₈	4 g. de inoculo bruto + Sin P.
21	Ad ₉	Sin inoculo bruto + Sin P. (Suelo esterilizado)
22	Ad ₁₀	Sin inoculo bruto + Sin P. (Suelo sin esterilizar)
23	Ad ₁₁	Sin inoculo bruto + 80 ppm. P. (R.B)
24	Ad ₁₂	Sin inoculo bruto + 160 ppm. P. (R.B)
25	Ad ₁₃	Sin inoculo bruto + 240 ppm. P. (R.B)
26	Ad ₁₄	Sin inoculo bruto + 80 ppm. P. (S.T)
27	Ad ₁₅	Sin inoculo bruto + 160 ppm. P. (S.T)
28	Ad ₁₆	Sin inoculo bruto + 240 ppm. P. (S.T)

* Inoculo esterilizado

** Roca bayovar

*** Superfosfato triple de calcio.

3.6. DESCRIPCION DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue una planta de coca contenida en una bolsa plástica de 1 kg. de capacidad con suelo esterilizado e incubado y sus respectivos tratamientos.

3.7. OBSERVACIONES REGISTRADAS.

a). Evaluación del Crecimiento.

- **Longitud del tallo:** Se determinó midiendo desde el cuello radicular de la planta hasta la base del pedúnculo de la última hoja, cada 15 días.
- **Nº de Hojas:** se evaluó cada 15 días.

b). Materia seca de la parte aérea y radicular.

Se determinaron separadamente, tanto la parte aérea como la parte radicular, las muestras se colocaron a la estufa a 70 °C de temperatura por 48 horas, para luego determinar el peso en una balanza de precisión.

c). Determinación del porcentaje de infección.

Las raíces fueron teñidas, y se cortaron en trozos de 1 a 2 cm. de longitud y luego eligiendo la más delgada se distribuyeron en forma paralela en número de 20 aproximadamente, en una lámina porta objeto.

El porcentaje de infección se determinó en microscopio, contando el número de campos infectados (presencia de arbusculos, vesículas e hifas) y número total de campos observados. Se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infección} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de campos infectados}}{\text{N}^\circ \text{ de campos observados}} \times 100$$

d). **Determinación de la dependencia micorrizal y la relación de la materia seca parte aérea y parte radicular.**

Para la determinación de la dependencia micorrizal, se utilizó la fórmula dada por Planchette citado por (15).

$$\text{DRM} = \frac{(\text{PsM}) - (\text{Ps no M})}{(\text{Ps M})} \times 100$$

Donde:

Ps M = Peso seco de la planta micorrizada.

PsnoM = Peso de la planta no micorrizada.

DRM = Dependencia relativa micorrizal.

Para cuantificar la relación de materia seca de parte aérea y radicular, se esquematizó la fórmula:

Relación de materia seca parte aérea y radicular = S/R

Donde:

S= Materia seca parte aérea.

R= Materia seca parte radicular.

e). **Identificación de géneros de esporas de M.V.A.**

Para la identificación de géneros de esporas de M.V.A. se realizó lo siguiente:

- **Muestreo del suelo de la unidad experimental.**

El suelo fue colectado a partir de la rizósfera; ya que teóricamente es en la rizósfera donde se encuentra la mayor cantidad de esporas.

La muestra fue colocada en bolsa de polietileno para ser procesada inmediatamente en el laboratorio.

- **Aislamiento de esporas MVA de las muestras del suelo.**

Para el aislamiento se empleó el método cuantitativo descrito por Sieverding (31). El método se presenta ligeramente modificado, para adecuarlo a las condiciones de nuestro laboratorio y consistió en lo siguiente:

- Se disuelve 50 g. de suelo en 400 ml. de agua corriente en una botella de ½ litro de capacidad.
- Se lleva a un agitador mecánico durante 30 minutos.
- Concluido este tiempo se agita manualmente por unos minutos y se decanta a una serie ordenada de tamices de 1 mm., 850 μ m., 56 μ m.; la decantación se efectúa en forma fraccionada, agregando cada vez

nueva agua, agitando y finalmente decantando, la operación se repite de 4 – 5 veces.

- Se remueve el contenido del tamiz (1 mm.) con un chorro fuerte de agua corriente, de igual manera el de 850 μm . En el tamiz de 1mm. queda retenido trozos de raíz, en el de 859 μm . quedan algunos esporocarpos los cuales permanecen unidos a los trozos de raíz, en el de 56 μm . quedan esporocarpos y esporas.
- Las fracciones de tamiz (56 μm .) se recogen usando poco agua (25 – 30 ml.) a un erlenmeyer de 5 ml.
- Luego se vierte a los tubos de centrifugación de 100 ml. de volumen.
- Se agita suavemente la suspensión usando la vagueta de vidrio, luego se inyecta con una jeringa hipodérmica en el fondo del tubo 25 – 30 ml. de una solución de azúcar al 50%.
- Centrifugar a 3,500 rpm. durante 3-4 minutos cumplido este tiempo al retirar los tubos de la centrifuga se observará una zona de interface en la cual se supone están las esporas.
- Retirar la capa de esporas, usando una jeringa a la cual se ha adaptado una manguera de plástico de 5 mm. de diámetro.
- El contenido de la jeringa se esparce sobre el tamiz más fino(56 μm .) a fin de lavar las esporas durante 5 minutos con agua corriente.

- Luego se retira el residuo del tamiz que se supone contiene esporas, usando agua destilada a una caja petri, de donde se aíslan, para su identificación.

Para su identificación a nivel de género se diferenciaron por su morfología color, tamaño, forma, contenido citoplasmático, forma de la hifa cerca de la unión con la espora, etc.) utilizando para ello una clave de identificación donde se obtuvieron las características de la M.V.A.

3.8. EJECUCION DEL EXPERIMENTO.

Obtención del sustrato.- Se obtuvo un suelo degradado por el cultivo de coca el cual fue secado, tamizado, homogenizado y mezclado con arena a una proporción de 5:2 (v/v).

Esterilización del sustrato.- El sustrato fue esterilizado en autoclave de 110 °C por una hora a una presión de 1.5 kp. (cm².)⁻¹, durante 3 días consecutivos.

Incubación del sustrato.- Se incubó el sustrato esterilizado con sus respectivas fuentes y niveles de fósforo, pero sin inoculación bruta, por espacio de 30 días consecutivos; en bolsas de polietileno cerrados herméticamente a Temperatura ambiente.

Obtención del Inoculo Bruto.- El inoculo bruto fue obtenido de los pelos absorbentes de plantas de coca de la localidad de Pumahuasi.

Transplante e Inoculación.- Se utilizó semillas de coca pre germinadas en arena, para luego realizar el transplante, de 3 plántulas por bolsa, siendo a la vez inoculadas con 2 y 4 g. de inoculo bruto/bolsa. A los 15 días se hizo el desplante dejando una planta por bolsa.

Riego.- El riego se efectuó con agua destilada, manteniendo la humedad a capacidad del campo.

Fertilización.- Se aplicó 50 kg. N. h⁻¹ y 50 kg. K₂O h⁻¹ a los 20 días del transplante.

Cosecha de la parte aérea y radicular.- Se realizó a los 120 días después del transplante para determinar el peso seco de la parte aérea y radicular.

Tinción de Raíces.- Las raíces fueron teñidas siguiendo la técnica de Phillips y Hayman citado por (15). Las partículas del suelo adheridas a las raíces, se eliminaron con agua limpia; luego se sumergieron en KOH al 10% dejándose en “baño maría” por una hora; se eliminó el KOH por lavado con agua limpia, seguidamente se añadió HCl 1N, dejándose de 3 a 4 minutos en “baño maría”

y se lavó tres veces con agua limpia. Se añadió una solución de ácido láctico más azul de tripán (0.05%), se tubo en “baño maría” por 5 minutos quedando las raíces teñidas para ser observados en el estereoscopio.

Aislamiento e identificación de esporas del sustrato.- Una vez que se aisló las esporas del sustrato se procedió a su identificación a nivel de género, basado en diferencias morfológicas (color, tamaño, forma, contenido citoplasmático, forma de la hifa cerca de la unión con la espora, etc.), utilizando para ello una clave descrita por Schenk y Perez citados por (15) de donde se obtuvieron las características para *Glomus sp*:

- **Espora:**

Color: anaranjado, amarillento a pardo.

Forma: globosa

Tamaño: de 70 -150 um.

Ornamentación: Lisa

Capas diferenciales de la pared: Lancinada.

Color de la pared (corte transversal): Parda.

Grosor de la pared: 6 um.

Contenido de una espora madura: Gránulos.

- **Hifa de sustentación:**

Forma: Cilíndrica.

Diámetro en el punto de unión: 6 μ m.

Color de la pared al madurar: Hialina parda.

Grosor de la pared madura: 2-6 μ m.

Alineación: Recta

- **Esporocarpo:**

Forma: Espora que irradian desde la base, pero que se distribuyen en todo el esporocarpo.

Longitud: De 1 a 11 mm.

Color de la superficie: Amarillo pardo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Las características elegidas para evaluar el efecto de los tratamientos fueron: altura de planta, número de hojas y el rendimiento de materia seca parte aérea y radicular. Los resultados obtenidos se resumen en los Cuadros del 4 al 12 y las Figuras del 1 al 11.

4.1. De los efectos principales.

En el Cuadro 1- A y 4 se observa:

a. Niveles de inoculo bruto.

Existe diferencias altamente significativas para materia seca de la parte aérea y significativa en número de hojas y materia seca de la parte radicular. Los coeficientes de variabilidad en el carácter materia seca aérea y radicular son altos es muy posible que la humedad del ambiente al realizar las pesadas de las muestras sean las causantes de la alta variabilidad. Sin embargo nuestros resultados aun son confiables.

Para el carácter número de hojas, el nivel 2 g. de inoculo (c_1) superó significativamente a 4 g. de inoculo (c_2) y para la producción de materia seca parte aérea y radicular 4g. de inoculo (c_2) superó significativamente a 2 g. de inoculo (c_1). Estos resultados se pueden atribuir a que la velocidad de colonización de una planta está determinada por la naturaleza y número

de propágulos en el suelo y en las inherentes características de las especies de hongos comprometidas. Aquel inoculo escaso y disperso en el suelo probablemente muestre una lenta colonización de las raíces en las plantas.

Es obvio suponer que la viabilidad de este inoculo depende de un lado, de la edad y capacidad metabólica del fragmento de raíz; y de otro, del tipo del tipo de estructura fúngica que posean esos fragmentos (34). Para el experimento utilizamos como inoculo bruto raíces de plantas de coca con antigüedad de cinco años aproximadamente.

b. Fuente de fósforo.

Existe diferencias altamente significativas en los caracteres materia seca de la parte aérea y de la parte radicular. La fuente roca bayovar (a_1) superó significativamente al superfosfato triple de calcio (a_2) en la producción de materia seca parte aérea y radicular. Esta mejor respuesta que obtuvo la roca bayovar se debería a que esta fuente por su baja solubilidad, tiene mayor efecto residual y va liberando lenta pero paulatinamente el fósforo a la solución suelo (16).

Cuadro 4. Efectos principales de las fuentes y niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto para los caracteres en estudio.

Fuentes de fósforo					Niveles de fósforo					Niveles de inoculo								
Materia seca aérea (g.)		Materia seca radicular (g.)		Altura de planta (cm.)	Materia seca aérea (g.)		Número de hojas			Materia seca aérea (g.)		Materia seca radicular (g.)						
clave	Prom	Sig.	Prom.	Sig.	Clave	Prom	Sig.	clave	Prom	Sig.	clave	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.			
a ₁	0.2457	a	0.0386	a	b ₂	8.96	a	b ₁	0.2424	a	c ₁	6.93	a	c ₂	0.2455	a	0.0368	a
a ₂	0.1773	b	0.0283	b	b ₃	8.24	b	b ₃	0.2188	a	c ₂	6.37	b	c ₁	0.1775	b	0.0300	b
					b ₁	8.22	b	b ₂	0.1734	b								

a₁ = roca bayovar
 a₂ = super fosfato triple de calcio.
 Nivel de significación (α = 0.05)

b₁ = 80 ppm P.
 b₂ = 160 ppm P.
 b₃ = 240 ppm P.

c₁ = 2 g. de inoculo bruto
 c₂ = 4 g. de inoculo bruto

También se puede atribuir que la roca bayovar deprime la infección micorrizal menos que el superfosfato triple de calcio (9).

Se sabe que la concentración de iones H_2PO_4 son de fracciones ppm. y las plantas acumulan en sus tejidos alrededor de 2000 ppm. de fósforo. Por lo tanto la solución del suelo debe renovarse varias veces al día para que las plantas acumulen tal cantidad de fósforo (29).

c. Niveles de fósforo.

Existe diferencias altamente significativas en el carácter altura de planta y materia seca parte aérea. El nivel 160 ppm. de fósforo (b_2) superó significativamente a 240 y 80 ppm. de fósforo (b_3 y b_1) y no hubo diferencias significativas para estos dos niveles en el carácter altura de planta. Esto nos indicaría que sería suficiente la aplicación de 160 ppm. de fósforo para alcanzar tal crecimiento.

Para la producción de materia seca parte aérea el nivel de 80 y 240 ppm. de fósforo no presentaron diferencias significativas pero ambos superaron significativamente a 160 ppm. de fósforo. Este resultado se atribuye que la adición de cantidades bajas de fósforo es compatible e incluso complementaria con los MVA pero al incrementar la dosis se

comienza a interferir la formación de la simbiosis llegando incluso a la inhibición (32). Así como también la falta de significación entre el nivel de 80 y 240 ppm. de fósforo, podría explicarse en base al incremento de la fijación del fósforo por el suelo al incrementarse el nivel de fósforo aplicado (29).

4.2. De los efectos interaccionales.

a. Fuentes y niveles de fósforo.

En el Cuadro 5 se observa:

La roca bayovar a un nivel de 80 ppm. de fósforo superó significativamente a superfosfato triple de calcio a un nivel de 80 ppm. de fósforo en los caracteres altura de planta, número de hojas y materia seca parte aérea. La roca bayovar a un nivel de 160 ppm. de fósforo superó significativamente a superfosfato triple de calcio a un nivel de 160 ppm. de fósforo para el carácter materia seca radicular. La roca bayovar a un nivel de 240 ppm. de fósforo superó significativamente al superfosfato triple de calcio a un nivel de 240 ppm. de fósforo en la producción de materia seca parte aérea.

Cuadro 5. Efecto simple de la interacción entre fuentes y niveles de fósforo para los caracteres en estudio.

Altura de planta (cm.)			Número de hojas			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Prom.	Sign.	Clave	Prom.	Sign.	Clave	Prom.	Sign.	Clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.
a ₁ b ₁	8.50	a	a ₁ b ₁	7.48	a	a ₁ b ₁	0.2700	a	a ₁ b ₂	0.0435	a	a ₁ b ₃	0.2902	a
a ₂ b ₁	7.94	b	a ₂ b ₁	6.34	b	a ₂ b ₁	0.2148	b	a ₂ b ₂	0.0209	b	a ₂ b ₃	0.1474	b

a₁ = roca bayovar.

a₂ = super fosfato triple de calcio.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

b₁ = 80 ppm. P.

b₂ = 160 ppm. P.

b₃ = 240 ppm. P.

Estos resultados de superioridad de la roca bayovar frente al superfosfato triple de calcio en todo los niveles de fósforo corroboran la explicación del Cuadro 5 para el efecto fuentes de fósforo. También nos estaría indicando la alta respuesta del suelo degradado a la aplicación de fertilizantes fosfóricos de baja solubilidad ya que estos no se pierden como los fosfatos de alta solubilidad si no que mas bien ayudados por la acidez del suelo el fósforo contenido en ellos se va haciendo más soluble siendo más importante la cantidad de fósforo aplicado. Es sabido que las rocas fosfatadas son mas reactivas en suelos ácidos y es mejor para suelos que fijan grandes cantidades de fósforo (29).

En la Figura 1 para altura de planta podemos observar que la roca bayovar y superfosfato triple de calcio a un nivel de 160 ppm. de fósforo tienen similar comportamiento pero ambos superan a las demás interacciones. Esto nos estaría indicando que para el nivel de 160 ppm. de fósforo el comportamiento de ambas fuentes son similares bajo condiciones de suelo ácido. El empleo de roca fosfatada en condiciones de acidez de suelo liberan formas asimilables de fósforo a la solución del suelo; se ha demostrado que el comportamiento de la roca bayovar es similar al de los superfosfatos en condiciones de acidez del suelo (18).

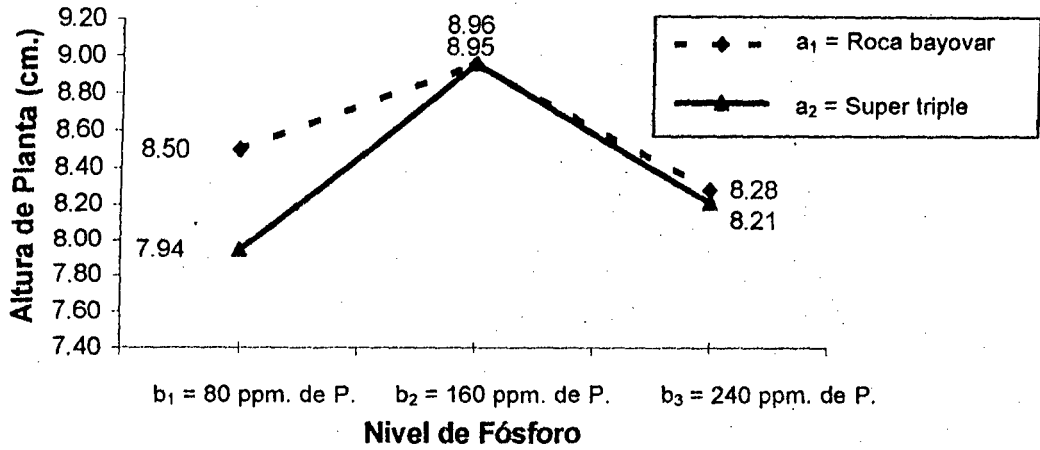


Figura 1. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo en altura de planta.

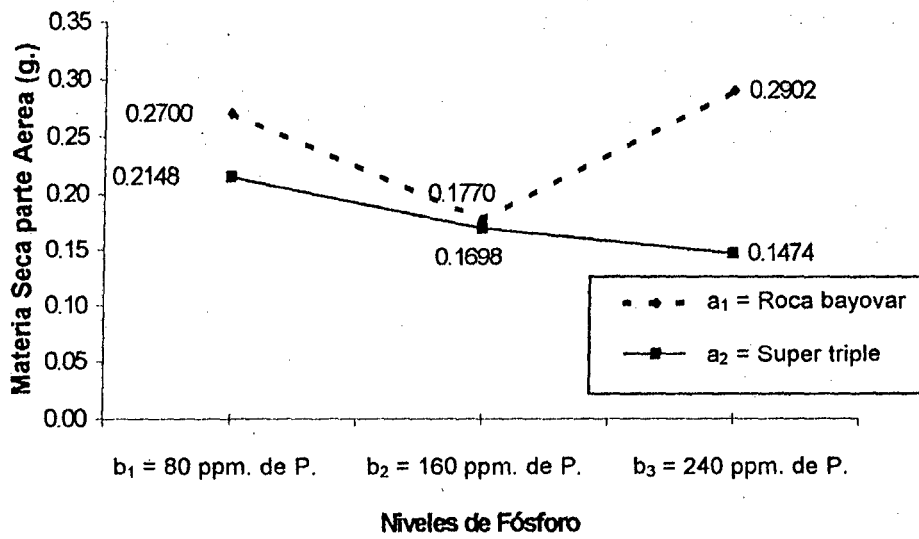


Figura 2. Efecto de las fuentes por niveles de fósforo en el rendimiento de la materia seca de la parte aérea.

En la Figura 2 se observa que al aumentar los niveles de fósforo se reduce el rendimiento de la materia seca parte aérea. Cabe mencionar el efecto negativo del superfosfato triple de calcio al aumentar la dosis de fertilización que cuanto mayor fósforo se aplica al suelo mayor es la fijación por este y menor el grado de recuperación (29). Así como también repercute negativamente para la formación de la simbiosis (9).

Se reporta que mejor resultado obtuvo con roca bayovar en similares condiciones de suelo utilizado en el presente trabajo. También menciona que la mayor influencia en el rendimiento de materia seca de la parte aérea y radicular del papayo, lo obtuvieron la interacción dolomita - fósforo soluble seguido de la interacción dolomita - roca bayovar, esto se atribuye a que la dolomita como material encalante incrementó la disponibilidad del fósforo (4). Sin embargo (13), reporta que mayor rendimiento de materia seca de la parte aérea y radicular del papayo lo obtuvo con superfosfato triple de calcio seguido de la roca bayovar, contrario a los resultados obtenidos en el presente trabajo lo que se atribuye que las condiciones de suelo fueron distintas (pH 5.6 y sin problemas de aluminio).

Cuadro 6. Efecto simple de la interacción entre fuentes y niveles de inoculación bruta para los caracteres en estudio.

Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)			Número de hojas			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)		
Clave	Prom.	Sig.	clave	Prom.	Sig.	clave	Prom.	Sig.	Clave	Prom.	Sig.	clave	Prom.	Sig.	clave	Prom.	Sig.
a ₁ c ₁	8.65	a	a ₁ c ₁	0.2275	a	a ₁ c ₁	0.0378	a	a ₁ c ₁	7.29	a	a ₂ c ₂	0.2272	a	a ₂ c ₂	0.0343	a
a ₂ c ₁	8.24	b	a ₂ c ₁	0.1274	b	a ₂ c ₁	0.0222	b	a ₁ c ₂	6.15	b	a ₂ c ₁	0.1274	b	a ₂ c ₁	0.0222	b

a₁ = roca bayovar.

a₂ = super fosfato triple de calcio.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$).

c₁ = 2 g. de inoculo bruto.

c₂ = 4 g. de inoculo bruto.

b. Efecto fuentes de fósforo y niveles de inoculo.

En el Cuadro 6 se observa que:

La roca bayovar por 2 g. de inoculo bruto superó significativamente al superfosfato triple de calcio y 2 g. de inoculo bruto en los caracteres altura de planta, materia seca parte aérea y radicular. De estas observaciones la superioridad del nivel 2 g. de inoculo bruto en roca bayovar confirma lo que anteriormente se viene mencionando a su lenta solubilidad y a su efecto menos deprimente que el superfosfato triple para la formación de simbiosis. La aplicación de fósforo soluble provoca un descenso en la exudación radical y en la formación de la MVA; ya que, se ejerce un control efectivo de la permeabilidad celular y como consecuencia de la exudación radical, lo cual repercute en la formación de la micorriza (28).

En el carácter número de hojas la roca bayovar y 2 g. de inoculo bruto superó significativamente a la roca bayovar y 4 g. de inoculo bruto. Esto se pudiera atribuir que a mayor nivel de inoculo el hongo se comporta como parásito. En algunos casos se han descrito efectos negativos de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas; sin embargo en la mayoría de estas situaciones, la depresión del crecimiento es transitoria, probablemente debido a la competición entre planta y hongo por fotosintato en los estadios iniciales de la infección cuando el hongo consume sin aportar aun beneficios (11,32).

En la Figura 3 se observa que no hay diferencias significativas en superfosfato triple de calcio con 2 y 4 g. de inóculo. Esta respuesta se puede atribuir a su alta solubilidad por el cual el hongo y la planta satisface sus requerimientos nutricionales más rápidamente, evitando de esta forma la competencia entre planta y hongo al inicio de la formación de la simbiosis. Como el superfosfato triple de calcio es más soluble en comparación a la roca fosfórica es factible que la raíz micorrizada tuvo mayor contacto con el fósforo disponible del suelo. También podemos observar en la Figura 4 y 5 para el carácter materia seca parte aérea y radicular la fuente superfosfato triple de calcio y 4 g. de inóculo superó significativamente a la inoculación con 2 g. esto nos indicaría que para la fuente más soluble mayor eficiencia en la simbiosis se alcanza cuando el nivel de inóculo es mayor y no permite que el fósforo se fije. Estos resultados nos estarían indicando que la actividad del hongo estuvo influenciado a las modificaciones ejercidas en el suelo como consecuencia de la aplicación de fósforo alta y baja solubilidad.

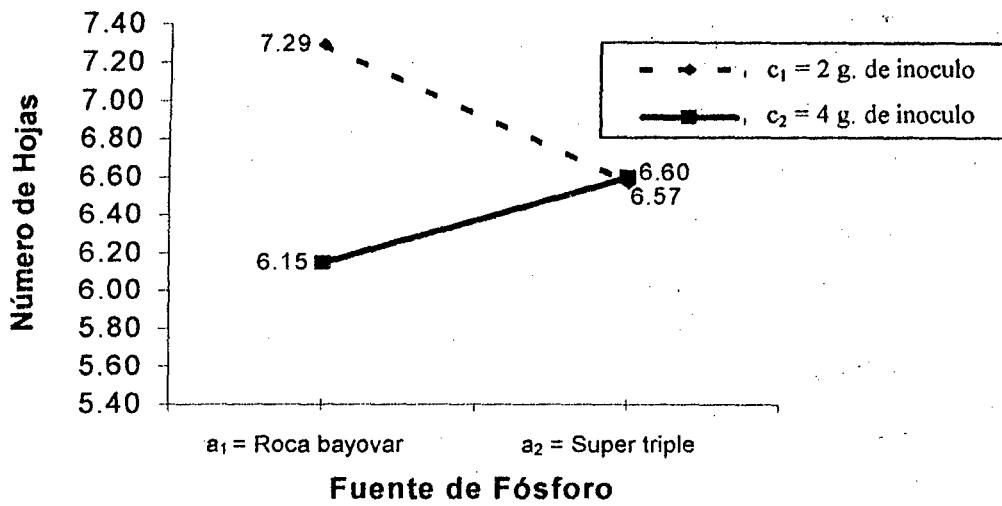


Figura 3. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en número de hojas

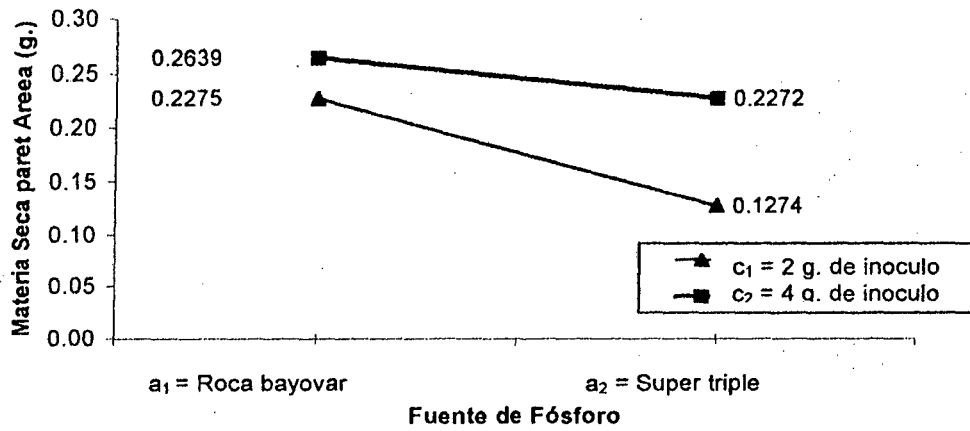


Figura 4. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea

Cuadro 7. Efecto simple de la interacción entre niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto para los caracteres en estudio.

Altura de planta (cm.)			Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación
b ₁ c ₁	8.83	a	b ₂ c ₂	9.16	a	b ₁ c ₂	0.3060	a
b ₂ c ₁	8.75	a	b ₃ c ₂	8.72	a	b ₃ c ₂	0.2613	a
b ₃ c ₁	7.77	b	b ₁ c ₂	7.62	b	b ₂ c ₂	0.1693	b

c₁ = 2 g. de inoculo bruto
c₂ = 4 g. de inoculo bruto
Nivel de significación (α = 0.05)

b₁ = 80 ppm. de P.
b₂ = 160 ppm. de P.
b₃ = 240 ppm. de P.

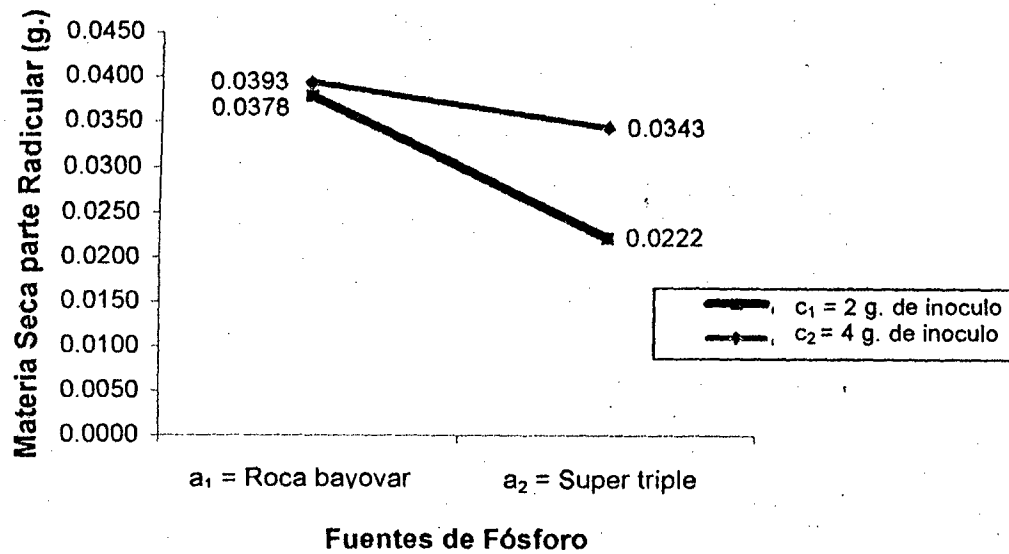


Figura 5. Efecto de las fuentes de fósforo y niveles de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte radicular.

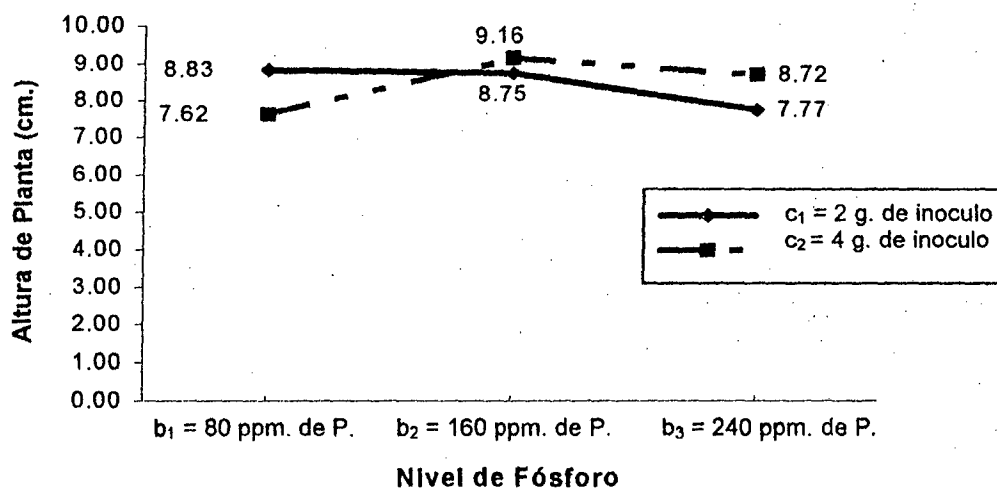


Figura 6. Efecto de los niveles de fósforo y niveles de inoculo en la altura de planta.

c. Efecto niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto.

En el Cuadro 7 se observa que:

Para el nivel de 2 g. de inoculo las dosis de 80 y 160 ppm. de fósforo. no hubo diferencias significativas pero ambos superaron al nivel 240 ppm. de fósforo. en el carácter altura de planta. La adición de cantidades bajas de fósforo es compatible e incluso complementaria con las M.V.A. en la estimulación del crecimiento de la planta pero al incrementar la dosis se comienza a interferir la formación de la simbiosis llegando incluso a la inhibición de la infección (28). Caso contrario sucede para el nivel de 4 g. de inoculo en dosis de fósforo de 160 y 240 ppm. que superan significativamente a 80 ppm. de fósforo. lo ocurrido pudiera explicarse que al aumentar los niveles de inoculo hay una depresión transitoria a dosis bajas de fósforo en la formación de la simbiosis que afecta el crecimiento de la planta (Figura 6). Por lo que se puede establecer que un mayor nivel de inoculo responde a mayores dosis de fósforo durante la formación de la simbiosis y no permite que el fósforo se fije.

En el carácter materia seca parte aérea no existe diferencias significativas entre los niveles de 80 y 240 ppm. de fósforo; pero ambos superaron a 160 ppm. de fósforo. para 4 g. de inoculo. En general se podría decir que resulta innecesaria la aplicación de dosis altas de fósforo para obtener una buena producción de materia seca de la parte aérea, lo que se puede atribuir al efecto adicional de las micorrizas. Mientras que para 2 g.

de inoculo no hubo diferencias significativas para los diferentes niveles de fósforo y dichos resultados no superaron a 4 g. de inoculo (Figura 7). Podemos observar la superioridad del nivel con 4 g. de inoculación en los diferentes niveles de fósforo.

También en el Cuadro 5- A se puede observar que para altura de planta, materia seca aérea y radicular 240 ppm. de fósforo. y 4 g. de inoculo supera a 240 ppm. de fósforo. y 2 g. de inoculo. Este resultado nos podría indicar que a mayor nivel de inoculo se requiere mayores dosis de fósforo. Pero sin embargo hay comportamientos distintos para un nivel de 80 ppm. de fósforo. en 2 y 4 g. de inoculo, es así que para altura de planta a ese nivel de fósforo y 2 g. de inoculo superan a la inoculación con 4 g., mientras que para materia seca parte aérea 4 g. de inoculación bruta supera a 2 g. Para el carácter número de hojas a un nivel de 160 ppm. de fósforo., 2 g. de inoculación supera a 4 g.

De acuerdo a los factores que afectan la formación y efecto de las micorrizas, los factores de dependencia, el nivel de fertilidad del suelo y el tamaño y eficacia de las poblaciones de hongos V.A. podrían haber influenciado en la respuesta obtenida. Las micorrizas no están en funcionamiento total por estar en proceso de aclimatación natural.

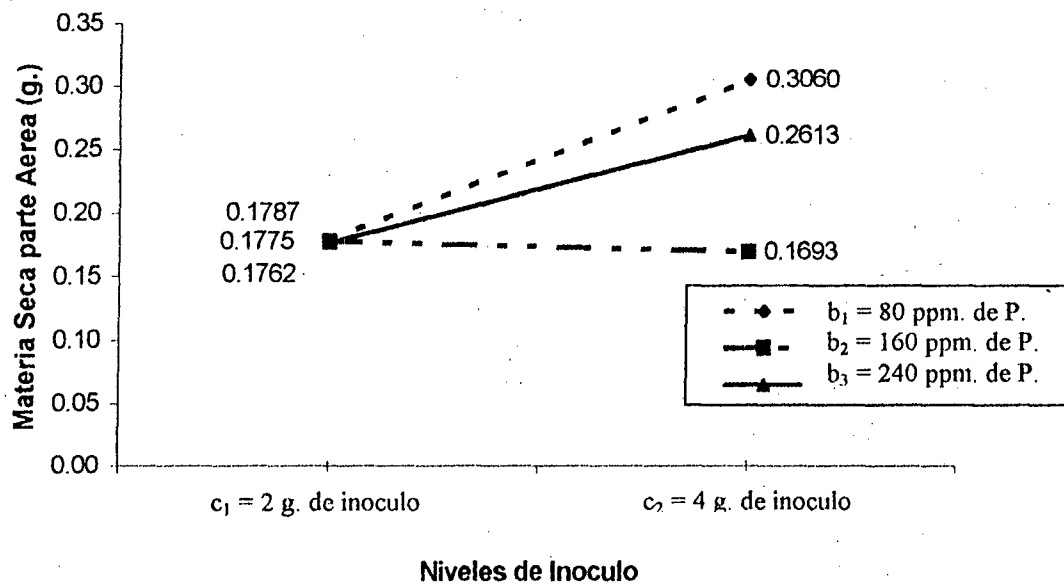


Figura 7. Efecto de los niveles de fósforo y niveles de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea

Cuadro 8. Efecto simple de la interacción entre niveles, fuentes de fósforo y niveles de inoculo bruto en el carácter materia seca de la parte aérea y radicular.

Materia seca radicular (g.)			Materia seca aérea (g.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Prom.	Sig.	Clave	Prom.	Sig.	Clave	Prom.	Sig.
a ₁ b ₂ c ₁	0.0486	a	a ₁ b ₃ c ₂	0.3707	a	a ₂ b ₁ c ₂	0.3416	a
a ₁ b ₁ c ₁	0.0425	a	a ₁ b ₁ c ₂	0.2705	b	a ₂ b ₂ c ₂	0.1882	b
a ₁ b ₃ c ₁	0.0224	b	a ₁ b ₂ c ₂	0.1503	c	a ₂ b ₃ c ₂	0.1519	b

d. Efecto de los factores en estudio.

En el Cuadro 8 se observa:

La roca bayovar, en 80 y 160 ppm. de fósforo., y 2 g. de inoculo no hubo diferencias estadísticas pero ambas superaron estadísticamente a roca bayovar en 240 ppm. de fósforo., y 2 g. de inoculo bruto en el carácter materia seca radicular. Como se venía explicando dosis altas repercuten a las micorrizas. La roca bayovar en 240 ppm. de fósforo. y 4 g. de inoculo superó estadísticamente a los niveles de 80 y 160 ppm. de fósforo. Sin embargo el superfosfato triple de calcio en 80 ppm. de fósforo. con 4 g. de inoculo bruto superó estadísticamente a los niveles con 160 y 240 ppm. de fósforo. en el carácter materia seca parte aérea.

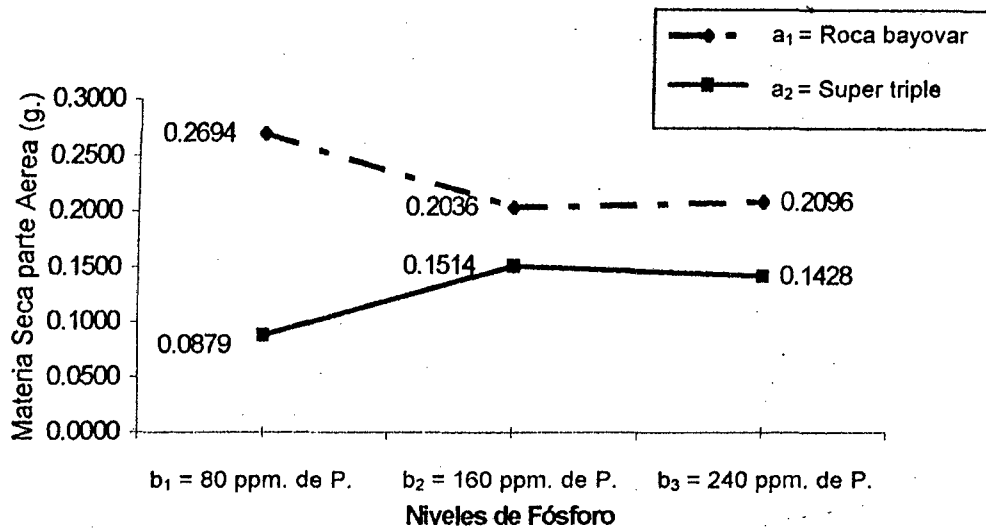


Figura 8. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo y 2 g. de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea.

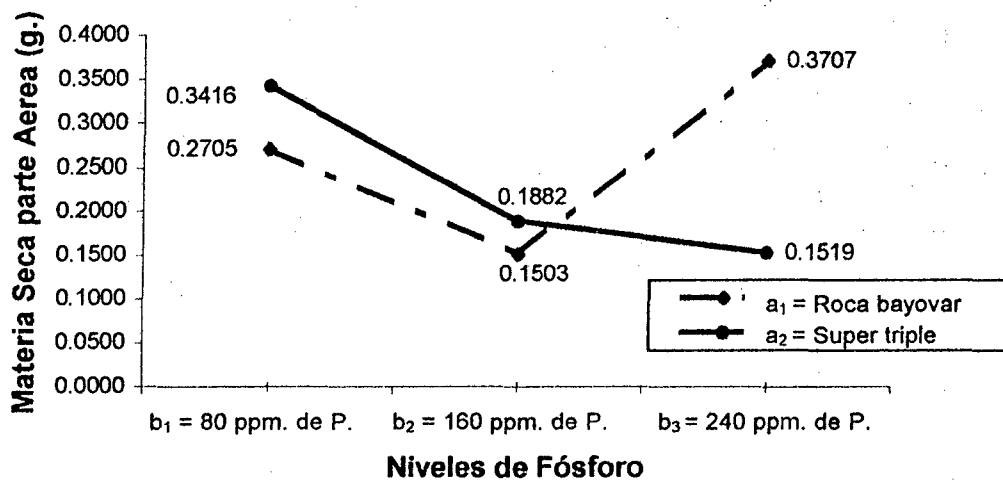


Figura 9. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo y 4 g. de inoculo en el rendimiento de materia seca de la parte aérea.

Este resultado nos indicaría la sensibilidad de la simbiosis a las fuentes fosfóricas más solubles. Teniendo en cuenta que entre el 95 – 99% de fósforo de un suelo no es disponible para la planta, se pensó en la posibilidad de que el fósforo extra que las plantas micorrizadas captan, procedieran de una solubilización de estos fosfatos no asimilables. Es más, la mayor utilización por parte de las MVA de fuentes difícilmente solubles de fósforo, como el fosfato de roca, confirmaba esta hipótesis. Sin embargo los ensayos demarcado isotópico con P^{32} del suelo han puesto de manifiesto que, tal como hacen las propias raíces, las micorrizas toman el fósforo de la fracción soluble (disponible) del suelo (20).

Las MVA actúan en gran medida por un mecanismo meramente físico proporcionando a la raíz un incremento en el número de “sitios” de absorción de fósforo, que a su vez están mejor distribuidos, por lo que exploran un volumen de suelo superior al de una raíz, por si misma. Adicionalmente, el ion fosfato que ha sido captado por una hifa queda protegido de su refijación por los componentes del suelo (21).

En la Figura 8 para materia seca aérea podemos observar que roca bayovar supera estadísticamente a superfosfato triple de calcio en los diferentes niveles de fósforo. y 2 g. de inoculo pero estos resultados no superan cuando la inoculación es con 4g. en las dos fuentes fosfóricas (Figura 9).

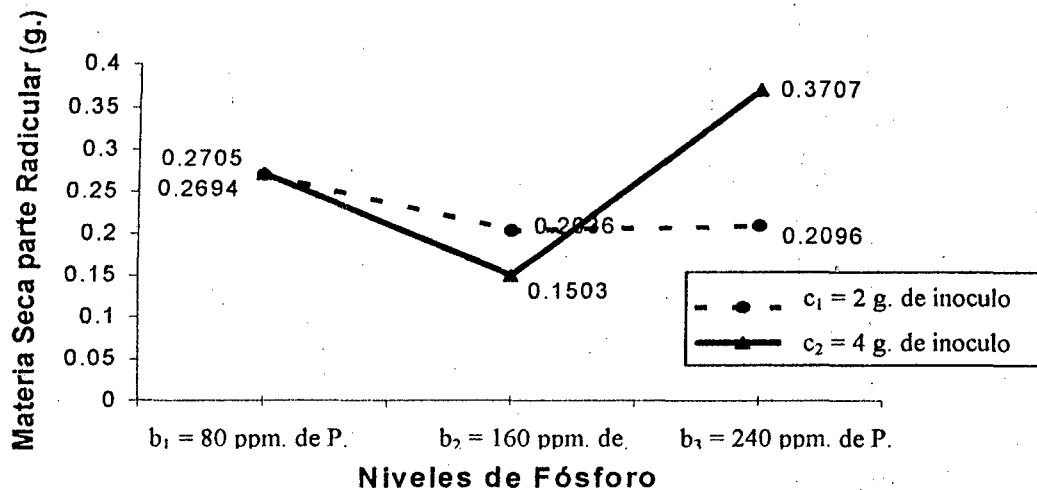


Figura 10. Efecto de los niveles de inóculo y niveles de fósforo y roca bayovar en el rendimiento de materia seca de la parte radicular.

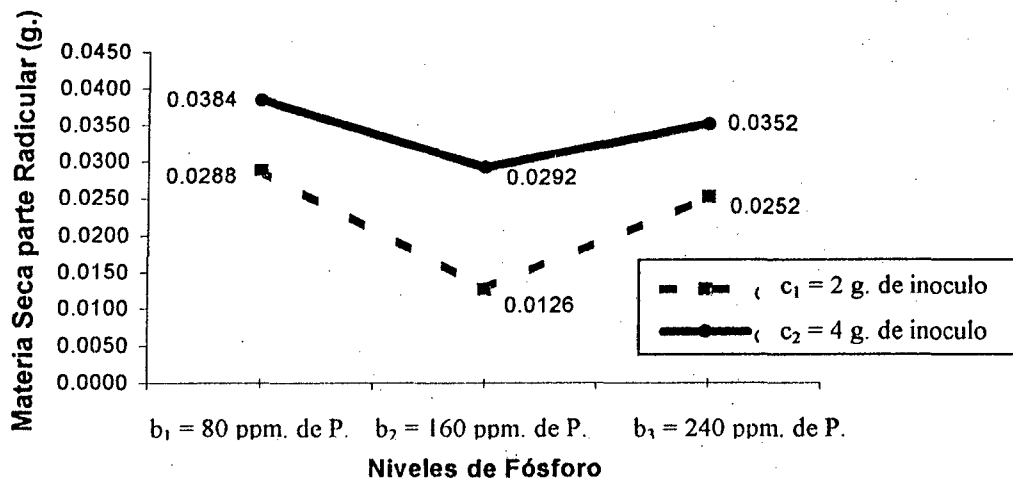


Figura 11. Efecto de los niveles de inóculo y niveles de fósforo y superfosfato triple de calcio en el rendimiento de materia seca de la parte radicular.

Para materia seca parte radicular el superfosfato triple de calcio la mayoría de los valores obtenidos son menores a la de roca bayovar en las diferentes dosis de fósforo y niveles de inoculo como se observa en las Figuras 10 y 11. Estos resultados confirman que la aplicación de la roca bayovar es una alternativa de uso para los suelos deficientes de fósforo, especialmente en condiciones de suelo ácido. Así mismo su acción es menos deprimente para la formación de la simbiosis.

Se puede mencionar que la aplicación de fósforo sea este soluble o poco soluble acompañado de inoculaciones se presenta como alternativa a largo plazo para su utilización en suelos fijadores de fósforo.

e. Efecto de la triple interacción.

En el Cuadro 9 se observa que:

Para el efecto fuente de fósforo, la roca bayovar en los niveles de 80 con 2 g. de inoculo bruto y 240 ppm. de fósforo con 4 g. de inoculo bruto ocupa el primer lugar diferenciándose estadísticamente del testigo absoluto (Ad_1) y el superfosfato triple de calcio. Estos resultados de superioridad de la roca bayovar se puede atribuir a que la roca bayovar deprime la infección micorrizal menos que el superfosfato triple de calcio (8).

Cuadro 9. Efecto de la triple interacción en el carácter altura de planta.

Clave	Promedio	Significación
de A en b₁ para c₁		
a ₁ b ₁ c ₁	0.2694	a
a ₀ b ₀ c ₀	0.1310	b
a ₂ b ₁ c ₁	0.0879	c
de A en b₃ para c₂		
a ₁ b ₃ c ₂	0.3707	a
a ₂ b ₃ c ₂	0.1519	b
de B en a₁ para c₂		
a ₁ b ₃ c ₂	0.3707	a
a ₁ b ₁ c ₂	0.2705	b
a ₁ b ₂ c ₂	0.1503	c
de B en a₂ para c₂		
a ₂ b ₁ c ₂	0.3416	a
a ₂ b ₂ c ₂	0.1882	b
a ₂ b ₃ c ₂	0.1519	b
de c en b₃ para a₁		
a ₁ b ₃ c ₂	0.3707	a
a ₁ b ₃ c ₁	0.2096	b

a₁ = roca bayovar.
a₂ = superfosfato triple de calcio.
b₁ = 80 ppm. de P.
b₂ = 160 ppm. de P.

b₃ = 240 ppm de P.
c₁ = 2 g. de inoculo.
c₂ = 4 g. de inoculo.

También nos estaría indicando que los suelos ácidos responden mejor a altas dosis de fertilización con fertilizantes de baja solubilidad ya que estos no se pierden como los de alta solubilidad y que mas bien ayudados por la acidez del suelo van liberando fósforo disponible para las plantas. Al respecto (29) afirma que las rocas fosfatadas son más reactivas en suelos ácidos y es mejor en suelos que fijan grandes cantidades de este elemento.

Para el efecto niveles de fósforo se alcanzó mejores resultados con el nivel de 240 ppm. de fósforo en la fuente roca bayovar con 4 g. de inculo bruto, el cual supera estadísticamente a los demás niveles de fósforo. Algo contrario sucede con la fuente superfosfato triple de calcio el cual alcanzó mejor resultado con el nivel de 80 ppm. de fósforo el cual se diferencia estadísticamente de los otros dos niveles. El primer caso es posible que el efecto sea directo de la alta dosis de fertilización que ayudado por la acción de la infección micorrizal y la acidez del suelo haya ido liberando fósforo disponible para las plantas el cual contribuyo en un mayor crecimiento y desarrollo y por lo tanto en una mayor producción de materia seca aérea. En el segundo caso; el efecto negativo que tuvo el superfosfato triple de calcio al aumentar los niveles de fertilización se puede atribuir a la interferencia de la formación de la simbiosis provocada por la adición de fosfatos de alta solubilidad. Esto se corrobora con lo que afirma (28) que la adición de

cantidades de fósforo es compatible e incluso complementaria con las MVA es la estimulación del crecimiento de la planta, pero al incrementar la dosis se comienza a interferir la simbiosis llegando inclusive a la inhibición.

Para el efecto nivel de inoculación bruta, 4 g. de inoculo bruto con la fuente roca bayovar y el nivel de 240 ppm. de fósforo supera estadísticamente a 2 g. de inoculo. Estos resultados se pueden atribuir a que un mayor número de micorrizas influyen en una mayor captación de los fosfatos; los fosfatos de las fuentes de baja solubilidad con la ayuda de la acidez del suelo se vuelven paulatinamente solubles. Las MVA actúan en gran medida por un mecanismo meramente físico proporcionando a la raíz un incremento en el número de "sitios" de absorción de fósforo, que a su vez están mejor distribuidos, por lo que exploran un volumen de suelo superior al de la raíz, por sí misma. Adicionalmente, el ion fosfato que ha sido captado por una hifa queda protegido de su refijación por los componentes del suelo (21).

En el cuadro 17- A se puede observar que en forma general los tratamientos $a_1b_3c_2$ y $a_2b_1c_2$ con promedios de 0.3707 y 0.3416 respectivamente ocuparon los primeros lugares, no diferenciándose entre sí; pero si el primero se diferencia de los demás tratamientos. El tratamiento

$a_2b_1c_1$ ocupa el último lugar con un promedio de 0.0879. Como se puede apreciar la roca bayovar con la dosis de 240 ppm. de fósforo es el que dio mejor resultado con un nivel de inoculación de 4g. Seguido del superfosfato triple de calcio con la dosis baja (80 ppm. de fósforo.) y 4 g. de inoculación bruta el que quedó en el último lugar es el superfosfato triple de calcio con la dosis baja y 2 g. de inoculación bruta. Estos resultados nos confirma que la roca bayovar deprime menos la acción de las micorrizas que el superfosfato triple de calcio llegando en algunos casos a inhibir la acción de las micorrizas tal como se puede observar en el Cuadro 9 donde el tratamiento $a_2b_1c_1$ resulto ser inferior al tratamiento $a_0b_0c_0$ (testigo absoluto).

f. Efecto de los factores vs testigos.

En el Cuadro 10 se observa que:

Los factores superan significativamente a los testigos en el carácter materia seca aérea y radicular. Este mejor comportamiento de los factores posiblemente se debe al efecto de las micorrizas, ya que permitió una mayor explotación del abono aplicado al estar en mayor contacto con la solución suelo. Mientras que para altura de planta y número de hojas no existen diferencias significativas, posiblemente se debió a la forma como se realizó el experimento (en invernadero). Aunque el potencial para incrementar el

crecimiento en plantas micorríticas es omnipresente, no es la regla en los sistemas de producción actuales o no han sido adecuadamente medidos. La mayoría de trabajos en MVA han sido realizados en condiciones de invernadero (21).

Cuadro 10. Efecto factorial vs testigo

Parámetros	Nº de hojas		Altura de planta (cm.)		Materia seca aérea (g.)		Materia seca radicular (g.)	
	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Factorial	6.653	a	8.473	a	0.2115	a	0.0334	a
Testigos	6.647	a	8.278	a	0.1352	b	0.0245	b

4.5. Dependencia relativa micorrizal y relación parte aérea entre parte radicular.

En el Cuadro 11 se observa que:

Para la fuente roca bayovar con 2 y 4 g. de inoculación bruta, logró mejor rendimiento de materia seca total superando mayormente al superfosfato triple de calcio y a los testigos. Las fuentes y niveles de fósforo influyen en la acción micorrizal. La simbiosis comienza a ser infectada conforme aumenta los niveles de fósforo. En conclusión podemos mencionar que la simbiosis es afectada por la solubilidad de las fuentes fosfatadas y los niveles de inoculo empleado. En lo que respecta a los adicionales la fuente de superfosfato triple

de calcio alcanzó mayor ganancia que la roca bayovar en el carácter materia seca total; pero en la mayoría de los casos no superaron a los tratamientos inoculados. A pesar que a los tratamientos de algunos adicionales como observamos en el Cuadro 11 se les aplicó 4 g. de materia orgánica (consistente en raíces de coca previamente esterilizadas). Se pensó que se obtendría una ventaja adicional, cosa que no ocurrió posiblemente por que sus elementos nutricionales no estuvieron en la forma en que puedan ser asimilados por las plantas debido al corto tiempo del experimento. De lo mencionado podemos concluir que la ventaja que obtuvo el factor micorriza frente a los testigos se deba a la adaptación de las micorrizas capaces de tolerar el aluminio y bajos niveles de fósforo disponible.

Los adicionales inoculados con 2 y 4 g. de inóculo bruto sin fósforo obtuvieron una mejor ganancia en materia seca total que los tratamientos inoculados con 2 g. en superfosfato triple de calcio y a los adicionales no inoculados a excepción del adicional con 4 g. de materia orgánica a un nivel de 240 ppm. de fósforo en superfosfato triple de calcio. Esta respuesta puede deberse a la dependencia de una planta a la micorriza, siendo esta una característica, inherente a la asociación simbiótica, que tiene la capacidad de captar nutrientes del suelo bajo condiciones adversas de disponibilidad (Siqueira) citado por (36).

Cuadro 11. Dependencia relativa micorrizal y la relación entre la parte aérea y la parte radicular.

Caracteres	Niveles de fósforo	Niveles de inoculo bruto (g.)				Adicionales							
		2		4		Sin m. O		4 g. de m.o		Con inoculo (g.)		Sin inoculo	
		R.B	S.T	R.B	S.T	R.B	S.T	R.B	S.T	2	4	A	B
MST (g.)	80	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2275	0.2135	0.153	0.1753
	160	0.3119	0.1167	0.3059	0.3800	0.1219	0.1256	0.1371	0.1382	-	-	5	-
	24	0.2522	0.1640	0.1887	0.2174	0.1081	0.2082	0.1259	0.1584	-	-	-	-
	0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-	-	-	-
		2320	1680	4149	1871	1132	1390	1595	2516				
DRM (%)	80	60.92	-7.63	55.18	63.63	-	-	-	-	-	-	-	-
	160	57.14	-26.95	33.28	27.14	-	-	-	-	-	-	-	-
	240	51.21	17.26	61.56	-34.47	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	-	-	-	-	-	-	-	-	5.13	7.15	5.82	4.48
S/R	80	6.34	3.05	7.64	8.90	5.97	5.94	7.16	4.34	-	-	-	-
	160	4.19	12.02	3.91	6.45	5.55	3.30	7.51	7.90	-	-	-	-
	240	9.36	5.67	8.39	4.32	6.70	8.39	4.16	5.50	-	-	-	-

MST = Materia seca total.

DRM = Dependencia relativa micorrizal.

S/R = Relación parte aérea entre parte radicular.

m.o = Materia orgánica (inoculo esterilizado)

A = Suelo esterilizado.

B = Suelo sin esterilizar.

R.B.= Roca bayovar

S.T.= Superfosfato triple de calcio.

Se han sugerido varios mecanismos por los que las MVA pueden afectar el crecimiento de la planta por acción no directa sobre la nutrición de esta. Así tenemos; aquellos debidos a la producción de fitohormonas tales como giberelinas y citoquininas (5,6), los inducidos mediante una acción de mejora de estructura de suelo a través la formación de estabilización de agregados por las hifas del hongo.

Con respecto a la dependencia relativa micorrizal para la fuente de roca bayovar alcanzó mayores porcentajes que el superfosfato triple de calcio a excepción de la dosis de 80 ppm. de fósforo con 4 g. de inóculo que alcanzó la mayor dependencia micorrizal (63.63%), disminuyendo tal dependencia hasta volverse negativo conforme aumenta la dosis de fósforo; esto indica la influencia de las micorrizas en el crecimiento de la planta.

Con respecto a la relación parte aérea entre la parte radicular no se obtuvo resultados concluyentes, ya que normalmente esta debería ser más alta en plantas micorrizadas, posiblemente a que el establecimiento y el funcionamiento de esta simbiosis fue afectado por un gran número de factores inherentes a los tres componentes del sistema hongo, planta y medio ambiente (suelo y clima), entre los factores del suelo estaría la disponibilidad de nutrientes (N, Mn), el pH, solubilidad de elementos metálicos (Al, Mn) y microflora principalmente. Los factores de la planta, como la variedad, edad entre otros; los factores climáticos, la luminosidad (la

luminosidad no fue transparente, no obstante se complementó la luminosidad con fluorescentes durante el día). Todos los factores indicados, pueden actuar sobre las diferentes fases de la formación de la simbiosis (14). Aunque la respuesta de una planta a las micorrizas pueden verse afectadas por diversos factores ya mencionados, su dependencia para captar nutrientes del suelo especialmente fosfato, y crecer adecuadamente, es una característica inherente a la propia planta (7).

Bayllis, citado por (13) pone de manifiesto que las especies del orden Magnoliales, las angiospermas más primitivas, ancestro de todas las mono y dicotiledoneas, son especialmente dependientes de las MVA para captar nutrientes, es decir son sumamente micotróficas, describe las raíces de estas especies como muy poco ramificadas, las llamadas de tipo "magnoloide", estas raíces carecen de pelos radicales o bien los tienen cortos y en escaso número y las plantas que las poseen dependen de la infección VA, incluso en suelos muy fértiles, (en éste caso la planta de coca).

4.6. Porcentaje de infección.

En el Cuadro 12 se observa que:

Los niveles de fósforo en estudio con 2 g. de inóculo bruto en roca bayovar, alcanzaron un buen porcentaje de infección e inversamente con superfosfato triple de calcio. Sin embargo los 4 g. de inoculación tanto en roca bayovar y superfosfato triple de calcio tuvieron casi similares

porcentajes. Los testigos (2 y 4 g. de inoculo bruto sin fósforo) también alcanzaron buenos porcentajes. Esto nos demuestra que la efectividad del hongo no necesariamente esta en relación directa con el porcentaje de infección ya que en algunas situaciones el hongo puede comportarse como parásito, consumiendo fotosintatos de la planta pese a tener una alta infección radicular (11).

Cuadro 12. Efecto de dos niveles de inoculación bruta en diferentes fuentes y niveles de fósforo para el porcentaje de infección en plantas de coca.

Parámetro	Niveles de inoculo (g.)	Fuentes y niveles de fósforo						
		Roca bayovar (ppm.)			Superfosfato triple de calcio (ppm.)			Sin fósforo
		80	160	240	80	160	240	
% de infección	2	69.21	65.87	62.25	33.27	28.78	28.67	68.29
	4	63.93	66.32	64.20	66.80	61.30	56.45	66.95

La mayor o menor extensión del micelio externo es clave en la respuesta de la planta a su micorriza, depende de las especies de hongos, aunque varía también con la especie de planta y otros factores condicionantes propios del tipo de suelo y del ambiente. En este sentido se ha intentado correlacionar cantidades de micelio externo con la eficiencia simbiótica, encontrándose en muchos casos que tal correlación existe (7).

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusión del presente trabajo se concluye:

1. En cuanto a las fuentes fosfóricas probadas mejores resultados se obtuvieron con roca bayovar en el rendimiento de materia seca de la parte aérea y radicular.
2. Altas dosis de fósforo afectan la actividad micorrizal.
3. En cuanto a los niveles de inóculo bruto, con 4 g. se alcanzó mayor rendimiento de materia seca aérea y con 2 g. de inóculo bruto para la materia seca radicular.
4. La actividad micorrizal estuvo influenciada a las modificaciones ejercidas al suelo como consecuencia de la aplicación del fósforo alta y bajamente soluble
5. En cuanto a los tratamientos se determinó que existe efecto de los niveles de inóculo con las fuentes y niveles de fósforo en la producción de materia seca aérea y radicular.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y discusión se recomienda:

1. Promover la utilización de micorrizas VA (*Glomus sp.*) como biofertilizante para especies agrícolas que requieren fase de vivero.
2. Utilizar niveles bajos de fósforo en el establecimiento de las micorrizas
3. Probar niveles de inoculación bruta (fragmento de raíz) en mayor tiempo y espacio en suelo esterilizado y no esterilizado.
4. El suelo cuya característica sea similar al del presente trabajo, se recomienda la aplicación de roca bayovar.

VII. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue: Evaluar el efecto de los niveles de inoculo bruto, fuentes y niveles de fósforo en el crecimiento y desarrollo de la planta de coca, así como también de identificar a los hongos micorríticos del cultivo de coca.

Los parámetros utilizados fueron: roca bayovar, superfosfato triple de calcio a niveles de 80, 160, 240 ppm. de fósforo, con 2 y 4 g. de inoculo bruto. Se utilizó un suelo degradado previamente esterilizado y el cultivo de coca. El diseño estadístico empleado fue el completamente al azar con arreglo factorial de $2 \times 3 \times 2 + 16$ adicionales con 3 repeticiones.

Las observaciones de altura de planta y número de hojas se realizaron cada 15 días. La cosecha de la parte aérea y radicular se realizó a los 120 días después del transplante para luego determinar sus respectivos pesos secos y otras observaciones.

De acuerdo a los resultados y discusión del experimento se llegó a las siguientes conclusiones: En cuanto a las fuentes fosfóricas probadas mejores resultados se obtuvieron con roca bayovar en el rendimiento de materia seca de la

parte aérea y radicular. Altas dosis de fósforo afectan la actividad micorrizal. En cuanto a los niveles de inoculo bruto, con 4 g. se alcanzó mayor rendimiento de materia seca aérea y con 2 g. de inoculo bruto para la materia seca radicular., la actividad micorrizal estuvo influenciada a las modificaciones ejercidas al suelo como consecuencia de la aplicación del fósforo alta y bajamente soluble, en cuanto a los tratamientos se determinó que existe efecto de los niveles de inoculo con las fuentes y niveles de fósforo en la producción de materia seca aérea y radicular.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. **ABBOTT, L.K. y ROBSON, A.D.** 1982 The role of vesicular-arbuscular fungi in agriculture and the selection, of fungi for inoculation. Australian journal of Agricultural Research 33(5): 389-408.
2. **AGUIRRE, C. y PISCOYA, Z.** 1993 Análisis e identificación de micorrizas, en cultivos tropicales y especies forestales en la zona de Tingo María. Facultad de Recursos Naturales Renovables. U.N.A.S. Tingo María, Perú. p 31.
3. **ALATA, N. N.** 1995. Producción de la Coca en el Alto Huallaga y su impacto socioeconómico. Tesis Ing. Estadístico e Informático. Lima, Perú.
4. **ALVARADO, A. T.** 1990. Efecto de la dolomita, fuentes de fósforo y micorrizas vesículo arbuscular en la nutrición y el crecimiento del papayo (*Carica papaya* L.) en suelo ácido. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 120 p.
5. **ALLEN, M.F; MOORE, B.S. Jr. y CHRISTENSEN, M.** 1980. Phytohormone Changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular – arbuscular mycorrhizae: I. Cytokinin increases in the host plant. Canadian Journal of Botany 58(3): 371 – 374.

6. ----- 1980. Phytohormone changes in *Boutelona gracilis* infected by vesicular – arbuscular mycorrhizae abscisic acid. In the host plant. Canadian Journal of Botany 60(4): 468 – 471.
7. AZCON, R. y OCAMPO, J. A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. New phytologist 87(4): 677 – 685.
8. AZCON, AGUILAR, C. Y BAREA, J. M. Monografias. Academia de Ciencias. Universidad de Granada 12 p.
9. BAREA, J. M.; AZCON, R. y AZCON-AGUILAR, C. 1983. Interactions between phosphate solubilizing bacteria and VA mycorrhiza to improved plant utilization of rock phosphate in non acidis soils. III International congress phosphorus compounds, Bruselas. pp 127-144.
10. ----- 1982. Production of plant growth regulatio substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Applied and Environmental Microbiology. 43(4): 810-813.
11. BUWALDA, J. G y GOH, K. M. 1982. Host – fungus composition for carbon as a cause of growth depressions in vesicular-arbuscular mycorrhizal ryegrass. Soil Bilogy and Biochemistry 14(2): 103-106.
12. CABIESES, F. 1992. La coca ¿Dilema trágico? Ed. Auspiciada por E.N.A.C.O. Lima, Perú. 104p.
13. CONTRERAS, S. T. 1990. Influencia de la inoculación con micorrizas V.A. en el desarrollo de plántulas de papaya (*Carica papaya* L), y efecto

de la adición de fuentes de fósforo. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 220 p.

14. **DAFT, M. J. y EL – GIAMMI, A. A.** 1978. Effect of arbuscular mycorrhiza on plant growth. VIII. Effects of defoliation and light on selected hosts. *New phytologist* 80(2): 365-372.
15. **EVARISTO, CH. J.** 1990. Efecto de las especies MVA introducidas a diferentes niveles de fósforo, en plantas de achote (*Bixa orellana* L.) en Tingo María. Tesis Ing. Agr. UNAS. Tingo María, Perú. 128 p.
16. **FASSBENDER, H. W.** 1975. Química de los suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. Edit. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba. Costa Rica 398 p.
17. **GROS, A.** 1987. Abonos. Guía Práctica de la Fertilización 7 ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 554 p.
18. **GUERRERO, A.** 1980. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi Prensa. Madrid, España. 206 p.
19. **HAYMAN, D. S.** 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopatology* 72(8); 1119-1125.
20. -----, 1983. The Physiology of VA endomycorrhizal symbiosis, *Canadian Journal of Botany*. 61:944-963.
21. -----, 1981. VA Mycorrhizas: Their Ecology and influence on rhizosphere interactions. In the rhizosphere proc. Symposium held in stoccholm sept. 1981. pp. 89-114.

22. **MACHADO, E.** 1993. Determinación de variedades y cultivares en cocas Peruanas.V Seminario internacional Drogas: Producción, Prevención, Control y Rehabilitación. P. 51-57.
23. **MOSSE, B.** 1973. advances in the study of vesicular – arbuscular mycorrhiza. Annual Review of phytophatology 11(1): 171-196.
24. **NICOLSON, T. H.** Evolution of vesicular – arbuscular mycoorrhizas. In. Endomycorrhizas. Ed. F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker. London, Academic Press 1975. pp. 25-34.
25. **PALACIOS, J.** 1993. Plantas medicinales nativas del Perú. CONCYTEC. Lima, Perú.
26. **POWELL, C. LL.** 1976. Development of mycorrhizal infections from Endogone spores and infected root segments. Transactions of the British Micological Society 66(3): 439-445.
27. -----1980. Mycorrhizal infectivity of eroded soils. Soil Biology and Biochemistry. 12(3): 247-250.
28. **RATNAYAKE, M.; LEONARD, R. T. y MENGE, J. A.** 1978. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to micorrhizal formation. New phytologist. 81(3): 543-552.
29. **SANCHEZ, P.** 1981. Suelos del trópico, caracterización y manejo. IICA. Costa Rica. 634 p.
30. **SCHENCK, N. C. SCHIRODER, V. N.** 1974. Temperature response of, Endogone mycorrhiza on soy bean roots. Mycología 66(5): 600-605.

31. **SIEVERDING, E.** 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesicular-arbuscular en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia, C.I.A.T. 121p.
32. **SMITH, S.E.** 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. *Biological Reviews* 55(4): 475-510.
33. **TEUSCHER, G. L. y NELSON, W.L.** 1982. Fertilidad del suelo y fertilizantes. Ed. Montaner y Simón. Barcelona, España. 706p.
34. **TOMMERUP, I.C. y ABBOTT, L.K.** 1981. Prolonged survival and viability of, mycorrhizal hyphae after root death. *Soil Biology and Biochemistry*. 13(5): 431-433.
35. ----- y **KIDBY, D.K.** 1980. Production of aseptic spores of vesicular – arbuscular endophytes and their viability after chemical and physical stress. *Applied and Microbiology*. 39 (6): 1111-1119.
36. **TUNJAR, F. R.** 1989. Efecto de la dolomita, fuentes de fósforo y micorriza V.A. en el crecimiento y nutrición del caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walf). Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú 125 p.

IX. ANEXO

Cuadro 1-A. Cuadrados medios para altura de planta, número de hojas, materia seca parte aérea, y radicular.

F.V	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		Altura de planta (cm.)	Nº de hojas	Materia seca aérea (g./bolsa)	Materia seca radicular (g./bolsa)
Tratamientos	27	0.85736 **	1.19887 *	0.01550 **	0.00036 **
Factorial	11	1.20862 **	1.39323 *	0.02199 **	0.00031 **
A	1	0.38834 NS	0.15603 NS	0.04211 **	0.00096 **
B	2	2.08966 **	0.59619 NS	0.01476 **	0.00007 NS
C	1	0.02250 NS	2.80562 *	0.04171 **	0.00041 *
AB	2	0.27549 NS	2.29151 *	0.01419 **	0.00034 *
AC	1	0.36000 NS	3.11522 *	0.00908 *	0.00025 NS
BC	2	3.81257 **	0.74826 NS	0.01443 **	0.00019 NS
ABC	2	0.08416 NS	0.98836 NS	0.03109 **	0.00030 *
Testigos	15	0.60445 **	1.12414 NS	0.00379 *	0.00032 **
Factorial Vs. Testigo	1	0.78725 *	0.18188 NS	0.11966 **	0.00162 **
Error experimental	56	0.16805	0.64638	0.00189	0.00009
TOTAL	83				
C.V.		4.903%	11.988%	25.911%	32.611%

N.S. = No significativo. ** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).
 * = Significativo ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 2-A. Análisis de variancia de los efectos simples para los caracteres en estudio

F.V	G.L	CUADRADOS MEDIOS			
		Nº Hojas	Altura de planta (cm.)	Materia seca aérea (g.)	Materia seca radicular (g.)
Efecto simple de AB					
A en b ₁	1	3.89880 *	0.92408 *	0.00915 *	0.00008 NS
A en b ₂	1	0.50021 NS	0.00003 NS	0.00015 NS	0.00153 **
A en b ₃	1	0.34030 NS	0.01541 NS	0.06119 **	0.00003 NS
B en a ₁	2	2.60696 NS	0.70807 *	0.02168 **	0.00016 NS
B en a ₂	2	0.28074 NS	1.65707 *	0.00707 *	0.00026 NS
Efecto simple de AC					
A en c ₁	1	2.33280 NS	0.74827 *	0.04515 **	0.00110 **
A en c ₂	1	0.93845 NS	0.00027 NS	0.00604 NS	0.00012 NS
C en a ₁	1	5.91680 **	0.10125 NS	0.00593 NS	0.00001 NS
C en a ₂	1	0.00405 NS	0.28125 NS	0.04486 **	0.00065 **
Efecto simple de BC					
B en c ₁	2	0.36837 NS	2.109232 **	0.00001 NS	0.00021 NS
B en c ₂	2	0.97607 NS	3.79292 **	0.02918 **	0.00005 NS
C en b ₁	1	0.21333 NS	4.40441 **	0.04865 **	0.00000 NS
C en b ₂	1	3.86468 *	0.48803 NS	0.00020 NS	0.00003 NS
C en b ₃	1	0.22413 NS	2.75521 **	0.02172 **	0.00076 **
Error	56	0.64638	0.16805	0.00189	0.00009

NS = No significativo.

* = Significativo ($\alpha = 0.05$).

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

Cuadro 5-A. Efecto de los niveles de inoculo bruto y niveles de fósforo para los caracteres en estudio comparado con los adicionales.

Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)			Número de hojas			Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)		
Clave	Prom	Sign.	Clave	Prom	Sig.	Clave	Prom	Sig.	Clave	Prom	Sig.	Clave	Prom.	Sig.	Clave	Prom	Sig.
b ₁ c ₁	8.83	a	b ₁ c ₂	0.3060	a	b ₂ c ₁	7.11	a	b ₃ c ₂	8.72	a	b ₃ c ₂	0.2613	a	b ₃ c ₂	0.0397	a
b ₁ c ₂	7.62	b	b ₁ c ₁	0.1787	b	b ₂ c ₂	5.97	b	b ₃ c ₁	7.77	b	b ₃ c ₁	0.1762	b	b ₃ c ₁	0.0238	b
A D I C I O N A L E S																	
B ₁ c ₀	8.48		b ₁ c ₀	0.1111		b ₂ c ₀	6.30		b ₃ c ₀	7.93		b ₃ c ₀	0.1411		b ₃ c ₀	0.0248	

c₁ = 2 g. de inoculo bruto
 c₂ = 4 g. de inoculo bruto
 b₁ = 80 ppm. P.
 b₂ = 160 ppm. P.
 b₃ = 240 ppm. P.
 Nivel de significación (α = 0.05)

Cuadro 6-A. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto en la producción de materia seca aérea y radicular.

Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación
$a_1b_1c_1$	0.2694	a	$a_1b_2c_1$	0.0486	a	$a_1b_3c_2$	0.3707	a
$a_2b_1c_1$	0.0879	b	$a_2b_2c_1$	0.0126	b	$a_2b_3c_2$	0.1519	b
A D I C I O N A L E S								
$a_0b_0c_0$	0.1310		$a_0b_0c_0$	0.0225		$a_0b_0c_0$	0.1310	
$c_1 = 2$ g. de inoculo bruto.		$a_1 =$ roca bayovar		$b_1 = 80$ ppm. P.		$b_3 = 240$ ppm. P.		
$c_2 = 4$ g. de inoculo bruto.		$a_2 =$ super fosfato triple de calcio.		$b_2 = 160$ ppm. P.		Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)		

Cuadro 7-A. Efecto de los niveles de inoculo bruto y niveles y fuentes de fósforo en la producción de materia seca aérea y radicular comparado con los adicionales.

Materia seca radicular (g.)			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)		
Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación
$a_2b_2c_2$	0.0292	a	$a_1b_3c_2$	0.3707	a	$a_1b_3c_2$	0.0442	a
$a_2b_2c_1$	0.0126	b	$a_1b_3c_1$	0.2096	b	$a_1b_3c_1$	0.0224	b
A D I C I O N A L E S								
$a_0b_0c_0$	0.0225		$a_0b_0c_0$	0.1310		$a_0b_0c_0$	0.0225	

$c_1 = 2$ g. de inoculo bruto
 $c_2 = 4$ g. de inoculo bruto

$a_1 =$ roca bayovar
 $a_2 =$ super fosfato triple de calcio.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)
 $b_1 = 80$ ppm. P.

$b_2 = 160$ ppm. P.
 $b_3 = 240$ ppm. P.

Cuadro 8-A. Altura de planta.

Tratamiento	1	2	3	Total	promedio
T ₁	9.50	9.42	8.91	27.83	9.277
T ₂	7.94	7.72	7.50	23.16	7.720
T ₃	8.76	8.71	8.81	26.28	8.760
T ₄	9.25	8.95	9.24	27.44	9.147
T ₅	7.75	7.92	8.09	23.76	7.920
T ₆	8.69	8.59	8.64	25.92	8.640
T ₇	8.85	8.18	8.10	25.13	8.377
T ₈	7.31	7.71	7.51	22.53	7.510
T ₉	8.65	8.80	8.79	26.24	8.747
T ₁₀	9.21	9.12	9.17	27.50	9.167
T ₁₁	7.71	7.54	7.58	22.83	7.610
T ₁₂	8.91	8.81	8.70	26.42	8.807
T ₁₃	8.59	8.65	7.81	25.05	8.350
T ₁₄	8.10	7.98	8.12	24.20	8.067
T ₁₅	7.68	8.49	8.70	24.87	8.290
T ₁₆	8.00	7.48	8.78	24.26	8.087
T ₁₇	7.28	8.40	8.51	24.19	8.063
T ₁₈	8.64	7.15	8.44	24.23	8.077
T ₁₉	8.70	8.16	8.12	24.98	8.327
T ₂₀	10.19	8.96	9.01	28.16	9.387
T ₂₁	8.86	8.51	8.36	25.73	8.577
T ₂₂	8.68	8.12	8.45	25.25	8.417
T ₂₃	8.30	9.34	9.42	27.06	9.020
T ₂₄	8.18	7.90	8.19	24.27	8.090
T ₂₅	7.70	7.24	8.44	23.38	7.793
T ₂₆	8.75	8.04	8.54	25.33	8.443
T ₂₇	7.38	7.60	8.71	23.69	7.897
T ₂₈	7.35	7.65	7.68	22.68	7.560

Cuadro. 9 – A. Número de hojas

Tratamiento	1	2	3	Total	promedio
T ₁	8.25	7.25	7.25	22.75	7.583
T ₂	7.25	7.38	7.50	22.13	7.377
T ₃	7.88	6.12	8.25	22.25	7.417
T ₄	3.00	6.75	6.00	15.75	5.250
T ₅	6.25	6.88	7.50	20.63	6.877
T ₆	3.50	8.12	5.81	17.43	5.810
T ₇	7.38	5.88	6.25	19.51	6.503
T ₈	6.75	5.60	6.18	18.53	6.177
T ₉	7.38	6.12	6.88	20.38	6.793
T ₁₀	7.88	5.50	6.69	20.07	6.690
T ₁₁	6.38	6.88	6.00	19.26	6.420
T ₁₂	6.38	6.94	7.50	20.82	6.940
T ₁₃	6.75	7.00	6.62	20.37	6.790
T ₁₄	7.12	6.75	6.38	20.25	6.750
T ₁₅	6.88	7.50	7.38	21.76	7.253
T ₁₆	7.12	6.50	7.12	20.74	6.913
T ₁₇	7.25	7.62	7.12	21.99	7.330
T ₁₈	6.75	6.75	6.25	19.75	6.583
T ₁₉	7.75	7.38	6.50	21.63	7.210
T ₂₀	7.75	7.12	7.25	22.12	7.373
T ₂₁	6.50	6.38	6.00	18.88	6.293
T ₂₂	7.00	6.88	7.25	21.13	7.043
T ₂₃	7.00	6.75	6.38	20.13	6.710
T ₂₄	6.12	5.62	7.12	18.86	6.287
T ₂₅	7.00	7.12	7.38	21.50	7.167
T ₂₆	6.62	6.50	7.25	20.37	6.790
T ₂₇	3.75	5.00	5.75	14.50	4.833
T ₂₈	5.88	6.88	7.12	19.88	6.627

Cuadro 10- A. Peso seco parte aérea.

Tratamiento	1	2	3	Total	promedio
T ₁	0.2226	0.3191	0.2666	0.8083	0.2694
T ₂	0.2739	0.2710	0.2666	0.8115	0.2705
T ₃	0.3247	0.1727	0.1133	0.6107	0.2036
T ₄	0.1644	0.1119	0.1747	0.4510	0.1503
T ₅	0.1905	0.2100	0.2284	0.6289	0.2096
T ₆	0.4422	0.2990	0.3710	1.1122	0.3707
T ₇	0.0095	0.1409	0.1134	0.2638	0.0879
T ₈	0.3300	0.3527	0.3420	1.0247	0.3416
T ₉	0.1093	0.1453	0.1995	0.4541	0.1514
T ₁₀	0.1681	0.1525	0.2440	0.5646	0.1882
T ₁₁	0.1026	0.1891	0.1368	0.4285	0.1428
T ₁₂	0.1333	0.1520	0.1704	0.4557	0.1519
T ₁₃	0.1298	0.1134	0.1177	0.3609	0.1203
T ₁₄	0.1014	0.1136	0.1184	0.3334	0.1111
T ₁₅	0.0994	0.1759	0.1105	0.3858	0.1286
T ₁₆	0.1534	0.1075	0.0760	0.3369	0.1123
T ₁₇	0.1523	0.1553	0.1142	0.4218	0.1406
T ₁₈	0.1510	0.2638	0.2239	0.6387	0.2129
T ₁₉	0.2685	0.1954	0.1072	0.5711	0.1904
T ₂₀	0.2068	0.1489	0.2061	0.5618	0.1873
T ₂₁	0.1508	0.1361	0.1061	0.3930	0.1310
T ₂₂	0.1216	0.1608	0.1475	0.4299	0.1433
T ₂₃	0.0920	0.0881	0.1331	0.3132	0.1044
T ₂₄	0.0977	0.0683	0.1087	0.2747	0.0916
T ₂₅	0.0823	0.0985	0.1147	0.2955	0.0985
T ₂₆	0.1133	0.0834	0.1258	0.3225	0.1075
T ₂₇	0.1725	0.1534	0.1534	0.4793	0.1598
T ₂₈	0.0752	0.1158	0.1887	0.3727	0.1242

Cuadro 11-A. Peso seco parte radicular.

Tratamiento	1	2	3	Total	Promedio
T ₁	0.0379	0.0471	0.0425	0.1275	0.0425
T ₂	0.0456	0.0354	0.0252	0.1062	0.0354
T ₃	0.0546	0.0426	0.0486	0.1458	0.0486
T ₄	0.0408	0.0384	0.0360	0.1152	0.0384
T ₅	0.0146	0.0224	0.0302	0.0672	0.0224
T ₆	0.0581	0.0304	0.0442	0.1327	0.0442
T ₇	0.0288	0.0347	0.0230	0.0865	0.0288
T ₈	0.0654	0.0115	0.0384	0.1153	0.0384
T ₉	0.0098	0.0155	0.0126	0.0379	0.0126
T ₁₀	0.0287	0.0296	0.0292	0.0875	0.0292
T ₁₁	0.0246	0.0259	0.0252	0.0757	0.0252
T ₁₂	0.0348	0.0352	0.0346	0.1056	0.0352
T ₁₃	0.0160	0.0100	0.0243	0.0503	0.0168
T ₁₄	0.0217	0.0094	0.0133	0.0444	0.0148
T ₁₅	0.0294	0.0367	0.0267	0.0928	0.0399
T ₁₆	0.0417	0.0275	0.0086	0.0778	0.0259
T ₁₇	0.0139	0.0152	0.0244	0.0535	0.0178
T ₁₈	0.0368	0.0334	0.0459	0.1161	0.0387
T ₁₉	0.0495	0.0485	0.0132	0.1112	0.0371
T ₂₀	0.0406	0.0149	0.0277	0.0785	0.0262
T ₂₁	0.0138	0.0259	0.0230	0.0674	0.0225
T ₂₂	0.0286	0.0350	0.0325	0.0961	0.0320
T ₂₃	0.0163	0.0151	0.0212	0.0526	0.0175
T ₂₄	0.0193	0.0176	0.0127	0.0496	0.0165
T ₂₅	0.0121	0.0138	0.0183	0.0442	0.0147
T ₂₆	0.0177	0.0136	0.0230	0.0543	0.0181
T ₂₇	0.0519	0.0466	0.0466	0.1451	0.0484
T ₂₈	0.0141	0.0132	0.0171	0.0444	0.0148

Cuadro 12-A. Efectos principales de las fuentes y niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto para los caracteres en estudio comparando con los adicionales.

Fuentes de fósforo				Niveles de fósforo				Niveles de inoculo										
Materia seca aérea (g.)		Materia seca radicular (g.)		Altura de planta (cm.)		Materia seca aérea (g.)		Número de hojas		Materia seca aérea (g.)		Materia seca radicular (g.)						
clave	Prom	Sig.	Prom.	Sig.	clave	Prom	Sig.	clave	Prom	Sig.	clave	Prom.	Sig.					
a ₁	0.2457	a	0.0386	a	b ₂	8.96	a	b ₁	0.2424	a	c ₁	6.93	a	c ₂	0.2455	a	0.0368	a
a ₂	0.1773	b	0.0283	b	b ₃	8.24	b	b ₃	0.2188	a	c ₂	6.37	b	c ₁	0.1775	b	0.0300	b
					b ₁	8.22	b	b ₂	0.1734	b								
A D I C I O N A L E S																		
a ₂	0.1429		0.0273		b ₁	8.48		b ₃	0.1411		c ₂	7.37		c ₁	0.1904		0.0371	
a ₁	0.1091		0.0185		b ₂	8.03		b ₂	0.1258		c ₁	7.21		c ₂	0.1873		0.0262	
					b ₃	7.93		b ₁	0.1111									
a ₁ = roca bayovar				b ₁ = 80 ppm P.				c ₁ = 2 g. de inoculo bruto										
a ₂ = super fosfato triple de calcio.				b ₂ = 160 ppm P.				c ₂ = 4 g. de inoculo bruto										
Nivel de significación (α = 0.05)				b ₃ = 240 ppm P.														

Cuadro 13-A. Efecto simple entre fuentes y niveles de fósforo para los caracteres en estudio comparado con los adicionales.

Altura de planta (cm.)			Número de hojas			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Prom.	Sign.	Clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.
a ₁ b ₁	8.50	a	a ₁ b ₁	7.48	a	a ₁ b ₁	0.2700	a	a ₁ b ₂	0.0435	a	a ₁ b ₃	0.2902	a
a ₂ b ₁	7.94	b	a ₂ b ₁	6.34	b	a ₂ b ₁	0.2148	b	a ₂ b ₂	0.0209	b	a ₂ b ₃	0.1474	b
A D I C I O N A L E S														
a ₁ b ₁	8.69		a ₂ b ₁	6.85		a ₁ b ₁	0.1124		a ₂ b ₂	0.0331		a ₂ b ₃	0.1686	
a ₂ b ₁	8.27		a ₁ b ₁	6.75		a ₂ b ₁	0.1099		a ₁ b ₂	0.0157		a ₁ b ₃	0.1136	

a₁ = roca bayovar. b₁ = 80 ppm. P.
 a₂ = super fosfato triple de calcio. b₂ = 160 ppm. P.
 Nivel de significación (α = 0.05) b₃ = 240 ppm. P.

Cuadro 14-A. Efecto simple de las fuentes y niveles de inoculación bruta para los caracteres en estudio comparado con los adicionales.

Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)			Número de hojas			Materia seca aérea (g.)			Materia seca radicular (g.)		
clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.	Clave	Prom.	Sign.	clave	Prom.	Sign.
a ₁ c ₁	8.65	a	a ₁ c ₁	0.2275	a	a ₁ c ₁	0.0378	a	a ₁ c ₁	7.29	a	a ₂ c ₂	0.2272	a	a ₂ c ₂	.0343	a
a ₂ c ₁	8.24	b	a ₂ c ₁	0.1274	b	a ₂ c ₁	0.0222	b	a ₂ c ₁	6.15	b	a ₂ c ₁	0.1274	b	a ₂ c ₁	0.0222	b
A D I C I O N A L E S																	
a ₁ c ₀	8.28		a ₂ c ₀	0.1429		a ₂ c ₀	0.0273		a ₁ c ₀	6.83		a ₂ c ₀	0.1429		a ₂ c ₀	0.0273	
a ₂ c ₀	8.02		a ₁ c ₀	0.1091		a ₁ c ₀	0.0185		a ₂ c ₀	6.51							

a₁ = roca bayovar.

a₂ = super fosfato triple de calcio.

Nivel de significación (α = 0.05).

c₁ = 2 g. de inculo bruto.

c₂ = 4 g. de inculo bruto.

Cuadro 15-A. Efecto simple de los niveles de fósforo y niveles de inoculo bruto para los caracteres en estudio comparado con los adicionales.

Altura de planta (cm.)			Altura de planta (cm.)			Materia seca aérea (g.)		
Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación	Clave	Promedio	Significación
b ₁ c ₁	8.83	a	b ₂ c ₂	9.16	a	b ₁ c ₂	0.3060	a
b ₂ c ₁	8.75	a	b ₃ c ₂	8.72	a	b ₃ c ₂	0.2613	a
b ₃ c ₁	7.77	b	b ₁ c ₂	7.62	b	b ₂ c ₂	0.1693	b
A D I C I O N A L E S								
b ₁ c ₀	8.48		b ₁ c ₀	8.48		b ₃ c ₀	0.1411	
b ₂ c ₀	8.03		b ₂ c ₀	8.03		b ₂ c ₀	0.1258	
b ₃ c ₀	7.93		b ₃ c ₀	7.93		b ₁ c ₀	0.1111	

c₁ = 2 g. de inoculo bruto
c₂ = 4 g. de inoculo bruto
Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

b₁ = 80 ppm. de P.
b₂ = 160 ppm. de P.
b₃ = 240 ppm. de P.

Cuadro 16-A. Efecto simple de los niveles y fuentes de fósforo y niveles de inoculo bruto en la producción de materia seca aérea y radicular comparado con los adicionales.

Clave	Altura de planta (cm.)		Clave	Materia seca aérea (g.)		Clave	Materia seca aérea (g.)	
	Promedio	Significación		Promedio	Significación		Promedio	Significación
a ₁ b ₂ c ₁	0.0486	a	a ₁ b ₃ c ₂	0.3707	a	a ₂ b ₁ c ₂	0.3416	a
a ₁ b ₁ c ₁	0.0425	a	a ₁ b ₁ c ₂	0.2705	b	a ₂ b ₂ c ₂	0.1882	b
a ₁ b ₃ c ₁	0.0224	b	a ₁ b ₂ c ₂	0.1503	c	a ₂ b ₃ c ₂	0.1519	b
A D I C I O N A L E S								
a ₀ b ₀ c ₀	0.0225		A ₀ b ₀ c ₀	0.1310		a ₀ b ₀ c ₀	0.1310	

c₁ = 2 g. de inoculo bruto
c₂ = 4 g. de inoculo bruto

a₁ = roca bayovar
a₂ = super fosfato tripe de calcio

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)
b₁ = 80 ppm. P.

b₂ = 160 ppm. P.
b₃ = 240 ppm. P.

Cuadro 17-A. Efecto de los tratamientos en el carácter materia seca de la parte aérea.

Tratamientos	Promedios	SIGNIFICACION						
T-6	0.3707	a						
T-8	0.3416	a	b					
T-2	0.2705		b	c				
T-1	0.2694		b	c				
T-18	0.2129			c	d			
T-5	0.2096			c	d			
T-3	0.2036			c	d	e		
T-19	0.1904			c	d	e	f	
T-10	0.1882			c	d	e	f	
T-20	0.1873			c	d	e	f	
T-27	0.1598				d	e	f	g
T-12	0.1519				d	e	f	g
T-9	0.1514				d	e	f	g
T-4	0.1503				d	e	f	g
T-22	0.1433				d	e	f	g
T-11	0.1428				d	e	f	g
T-17	0.1406				d	e	f	g
T-21	0.1310				d	e	f	g
T-15	0.1286				d	e	f	g
T-18	0.1242					e	f	g
T-13	0.1203						f	g
T-16	0.1123						f	g
T-14	0.1111						f	g
T-26	0.1075							g
T-23	0.1044							g
T-25	0.0985							g
T-24	0.0916							g
T-7	0.0879							g

Cuadro 18-A. Efecto de los tratamientos en el carácter materia seca de la parte radicular.

Tratamientos	Promedios	Significación
T-3	0.0486	a
T-27	0.0484	a
T-6	0.0442	a b
T-1	0.0425	a b c
T-18	0.0387	a b c d
T-4	0.0384	a b c d
T-8	0.0384	a b c d
T-19	0.0371	a b c d e
T-2	0.0354	a b c d e f
T-12	0.0352	a b c d e f
T-22	0.0320	a b c d e f
T-15	0.0309	a b c d e f g
T-10	0.0292	b c d e f g
T-7	0.0288	b c d e f g
T-20	0.0262	b c d e f g
T-16	0.0259	b c d e f g
T-11	0.0252	c d e f g
T-21	0.0225	d e f g
T-5	0.0224	d e f g
T-26	0.0181	e f g
T-17	0.0178	e f g
T-23	0.0175	f g
T-13	0.0168	f g
T-24	0.0165	f g
T-14	0.0148	g
T-28	0.0148	g
T-25	0.0147	g
T-9	0.0126	h