

## EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DE CUATRO DOSIS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES BAJO CUATRO NIVELES DE FOSFORO EN VIVERO DE PALMITO (*Bactris gasipaes*, HBK), EN LA ZONA DE SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS<sup>1</sup>

Freddy Enríquez<sup>2</sup> y Gustavo Bernal<sup>3</sup>

### INTRODUCCION

El palmito (*Bactris gasipaes*, HBK), es una palmácea perenne, nativa del trópico húmedo americano. Los nombres comunes que dan a esta palma son chontaduro, palmito, chonta y pejibaye y es un alimento especial, altamente apreciado en los países desarrollados por su valor gastronómico (CORPEI, 2005).

En el Ecuador el cultivo de palmito ha experimentado un importante crecimiento, convirtiéndose en un producto con creciente representatividad dentro de las exportaciones no tradicionales. Actualmente representa el 1.7% de este rubro, el 13% de productos hortofrutícolas exportados, y el 27% de las exportaciones de procesados de frutas y vegetales. Según el Censo Nacional Agropecuario del año 2000, existían 15000 hectáreas plantadas, exportándose cerca de 14500 toneladas anuales con un rendimiento promedio de casi 7 toneladas por hectárea. En el 2004 el volumen exportado de este cultivo fue de 17631 toneladas (Otáñez, 2000; Junovich, 2002; BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2005).

El auge del palmito como cultivo de exportación, ha hecho que se establezcan nuevas plantaciones o se intente mejorar las ya existentes, haciendo uso en muchos de los casos de exageradas cantidades de pesticidas y fertilizantes químicos, que no han incidido mayormente en incrementar la productividad del cultivo.

Uno de los mecanismos naturales que mejoran la eficiencia en la asimilación de nutrientes (especialmente los poco móviles como el fósforo), son las micorrizas, una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos del suelo (Bethlenfalvay y Linderman, 1992). En el Ecuador, ha sido poco estudiada la acción micorrízica sobre las plantas. En palmito se conoce la simbiosis pero no los verdaderos efectos sobre el desarrollo y nutrición de la planta.

Actualmente el mercado internacional exige estándares de calidad, que estén acordes a un manejo racional y ecológico de los cultivos, a través de la reducción gradual de agroquímicos que posibilite precautelar la salud y la economía del agricultor, a más de contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura. El presente trabajo de investigación trata de dar una alternativa consecuente con estos principios y contribuya a que se determinen en el palmito los beneficios de la asociación planta-micorriza. Se contó con el auspicio de INAEXPO (Industrial Agrícola Exportadora) empresa dedicada al asesoramiento, producción y exportación de palmito, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de diferentes concentraciones de micorrizas sobre el desarrollo de la planta: altura, grosor, número de hojas, índice de vigor, peso seco de raíces y área vegetativa y porcentaje de materia seca.
2. Evaluar el efecto de las micorrizas sobre el estado nutritivo de la planta.
3. Comprobar la acción de cuatro niveles de fósforo sobre la efectividad micorrízica.
4. Verificar el comportamiento de las micorrizas bajo dos alternativas tecnológicas de manejo de vivero.

<sup>1</sup> Tesis previa la obtención del título de Máster en Ciencias en Nutrición Vegetal

<sup>2</sup> Tesista de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

<sup>3</sup> Director de tesis, Ph.D. Microbiólogo de Suelos Dirección General de Posgrado. Santo Domingo. [gbernal@ancupa.com](mailto:gbernal@ancupa.com)

## METODOLOGIA

### Localización del estudio

La investigación se llevó a cabo en el sitio “El Cortijo 3”, ubicado en el km. 27 vía Santo Domingo – Esmeraldas, Cantón Santo Domingo, Provincia de Los Tsáchilas.

### Factores en estudio

#### Dosis de micorriza FUNGIFERT (g/planta).

**M<sub>0</sub>:** 0  
**M<sub>1</sub>:** 20 (268 esporas)<sup>4</sup>  
**M<sub>2</sub>:** 40 (536 esporas)<sup>4</sup>  
**M<sub>3</sub>:** 60 (804 esporas)<sup>4</sup>

#### Niveles de fósforo (g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

**P<sub>0</sub>:** 0  
**P<sub>1</sub>:** 1.5<sup>5</sup>  
**P<sub>2</sub>:** 3.0<sup>5</sup>  
**P<sub>3</sub>:** 4.5<sup>5</sup>

### Tratamientos

<b>T<sub>1</sub>.</b> M <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	<b>T<sub>2</sub>.</b> M <sub>0</sub> P <sub>1</sub>
<b>T<sub>3</sub>.</b> M <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	<b>T<sub>4</sub>.</b> M <sub>0</sub> P <sub>3</sub>
<b>T<sub>5</sub>.</b> M <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	<b>T<sub>6</sub>.</b> M <sub>1</sub> P <sub>1</sub>
<b>T<sub>7</sub>.</b> M <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	<b>T<sub>8</sub>.</b> M <sub>1</sub> P <sub>3</sub>
<b>T<sub>9</sub>.</b> M <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	<b>T<sub>10</sub>.</b> M <sub>2</sub> P <sub>1</sub>
<b>T<sub>11</sub>.</b> M <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	<b>T<sub>12</sub>.</b> M <sub>2</sub> P <sub>3</sub>
<b>T<sub>13</sub>.</b> M <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	<b>T<sub>14</sub>.</b> M <sub>3</sub> P <sub>1</sub>
<b>T<sub>15</sub>.</b> M <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	<b>T<sub>16</sub>.</b> M <sub>3</sub> P <sub>3</sub>

**T<sub>17</sub>.** Testigo relativo (Manejo convencional de INAEXPO), con inoculación 40 g/planta de Fungifert<sup>6</sup>

### Diseño experimental

Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en un arreglo factorial 4x4+1 con cuatro repeticiones. Adicionalmente se realizó un ADEVA para medir los cambios a través del tiempo en las diferentes variables evaluadas. Se realizó la prueba de significación de Tukey al 5 % para tratamientos, polinomios ortogonales para los factores en estudio y análisis de correlación entre las variables evaluadas.

### Datos a tomarse y métodos de evaluación

Las variables que se tomaron en cuenta para evaluar el crecimiento fueron: Altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas e índice de vigor, esta última variable permitió determinar el volumen de biomasa de la planta y se obtuvo con los datos de altura, diámetro de la corona foliar y la circunferencia del tallo. El contenido de materia seca se calculó con los datos de peso seco y peso húmedo tanto del área radicular como vegetativa,

<sup>4</sup> Número de esporas de Fungifert calculado con base en el análisis biológico efectuado en INIAP; estación “Santa Catalina”.

<sup>5</sup> Dosis establecidas con base en el análisis químico del sustrato

<sup>6</sup> Este tratamiento corresponde exactamente al manejo de palmito que realiza la empresa en su etapa de vivero. Las diferencias con respecto al resto, radican fundamentalmente en el tipo y forma de aplicación de fungicidas, tipo y dosis de fertilizantes comerciales. Se usó como fertilizante Hidrocomplex en dosis de 0.72g/planta en el primer mes, 0.72 g/planta en el segundo mes, 1.44g/planta en el tercer mes, 2.16g/planta en el cuarto mes y 4.32g/planta en el quinto mes. El resto de labores fueron exactamente iguales.

El estado nutritivo de las plantas se evaluó al final de la fase de vivero, para lo cual se extrajo la tercera hoja de cuatro plantas de la parcela neta, estas hojas fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis foliar. Se envió a un laboratorio especializado 68 plantas correspondientes a los tratamientos y sus respectivas repeticiones, en éste se determinó el porcentaje de colonización micorrízica en raicillas jóvenes y sanas no mayores a 2 mm de diámetro y de por lo menos 1 cm de longitud, a fin de verificar la capacidad simbiótica del hongo con las plantas de palmito.

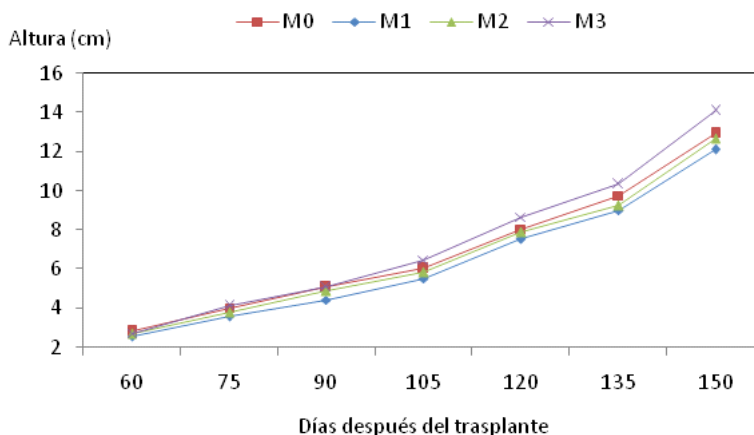
### Trasplante e inoculación

Se emplearon plántulas provenientes del semillero con buenas condiciones sanitarias, se las desinfectó con vitavax (2 g/l por 5 minutos) las raíces de aquellas plántulas que no fueron inoculadas con micorrizas. Se hizo un hueco en el centro de la funda, de aproximadamente 10 cm de profundidad, en el fondo se colocó el inoculo de micorriza según la dosis en cada tratamiento, luego se introdujo la planta, apelmazando ligeramente para evitar la formación de espacios de aire.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Altura de planta

Para el factor micorriza las observaciones en las que se detectaron diferencias estadísticas, los mejores promedios le correspondieron a los 60 días a M<sub>0</sub> (0g de micorriza) con una altura de 2.83 cm, mientras que M<sub>3</sub> (60 g de micorriza) a los 75, 90, 105, 120, 135, 150 D.D.T. presentó los valores más altos de 4.11, 5.09, 6.49, 8.67, 10.33 y 14.10 cm (Figura 1). Para el factor fósforo, la dosis más alta de 4.5 g de fósforo (P<sub>3</sub>) presentó los mejores promedios de altura a partir de los 75 D.D.T. hasta los 165 D.D.T y sólo se encontró diferencias estadísticas a los 150 D.D.T. con un valor de 13.86 cm. En relación al testigo (T<sub>17</sub>) vs. Resto las observaciones donde se encontraron diferencias estadísticas, el tratamiento T<sub>17</sub> superó en altura al resto de tratamientos, con valores que fueron de 3.02 a 16.41cm en relación a los promedios de 2.69 a 14.84 cm alcanzados por el resto de tratamientos. El ADEVA para los diferentes tiempos de observación, estableció que el tratamiento M<sub>3</sub>P<sub>3</sub> a los 165 D.D.T. superó al resto con una altura de planta de 17.51 cm (Figura 2).



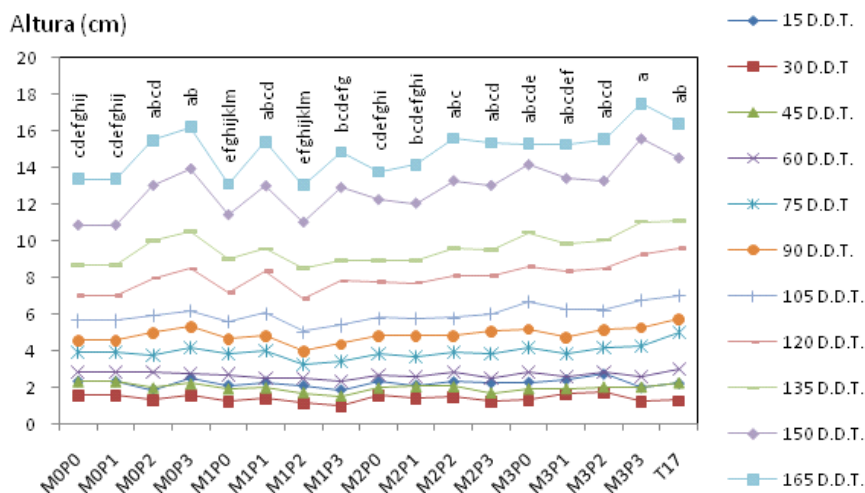
**Figura 1.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas (M<sub>0</sub> a M<sub>3</sub>) sobre la altura de plantas de palmito a distintas edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

La simbiosis micorriza-planta, tiene un periodo de incubación variable, durante este lapso de tiempo incluso puede haber un retardo en el crecimiento del hospedero hasta que se establezca la simbiosis, esto explicaría a que las diferencias estadísticas para la variable altura de planta se empiecen a evidenciar a partir de los 75 a 90 D.D.T. En porta injertos de aguacate se inocularon hongos micorrízicos, obteniéndose respuesta al crecimiento en altura y diámetro del tallo de la planta con mayor claridad, a partir de los 150 días después del trasplante (Reyes *et al.*, 2000).

Resultados que concuerdan con Nogueira *et al.* 2004, que manifiesta que durante el establecimiento de la simbiosis, la demanda del endophyto por C de la planta es mayor que su contribución en términos de nutrición mineral. Es de suponer que la razón de esto se relaciona a una depresión transitoria del crecimiento en las plantas durante las primeras etapas después de la inoculación.

No se detectó influencia de los niveles de P sobre la acción micorrízica, más bien los resultados sugieren un efecto favorable de un nivel alto de P sobre la altura de la planta, inclusive la tendencia lineal encontrada en las etapas finales del vivero hace deducir una mayor respuesta con niveles más altos de P; sin embargo, podría afectar la efectividad micorrízica.

El testigo fue mejor al resto de tratamientos, no obstante responde a un manejo diferente, la altura alcanzada por las plantas pudo deberse a una mayor eficiencia de los fertilizantes utilizados, el fungicida Tachigaren empleado en el tratamiento T<sub>17</sub> y en aquellos no inoculados, actúa también como un promotor de crecimiento (Sumitomo, 2007), lo que influyó también en un mayor desarrollo, sin embargo, el efecto en los tratamientos no inoculados no superó al obtenido en aquellos micorrizados.



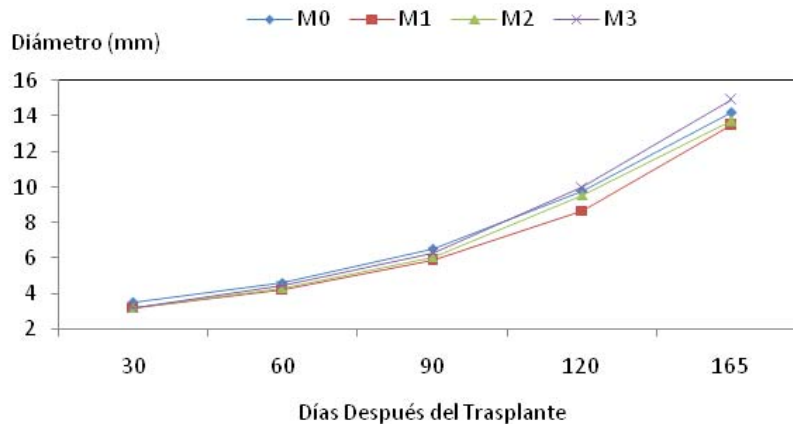
**Figura 2.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas (M<sub>0</sub> a M<sub>3</sub>) y diferentes niveles de fósforo (P<sub>0</sub> a P<sub>3</sub>) sobre la altura de plantas de palmito a diferentes edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

### Diámetro del tallo

Para el factor micorriza en las observaciones que se encontraron significación estadística, los mejores promedios le corresponden a la dosis M<sub>0</sub> (Sin micorriza), con valores de 3.48, 4.65, y 6.53 detectados a los 30, 60, y 90 D.D.T. A los 120 D.D.T. la dosis más alta de 60 g de micorriza (M<sub>3</sub>) comparte el primer lugar con M<sub>0</sub>, con valores de 10.03 y 9.74 mm, a los 165 D.D.T. la dosis M<sub>3</sub> con 14.90 mm de diámetro, supera a todas las dosis (figura 3). Para el factor fósforo sólo se encontró diferencias estadísticas a los 165 D.D.T. siendo la dosis más alta de 4.5 g de fósforo (P<sub>3</sub>) el de mayor diámetro con 14.71 mm, siendo la

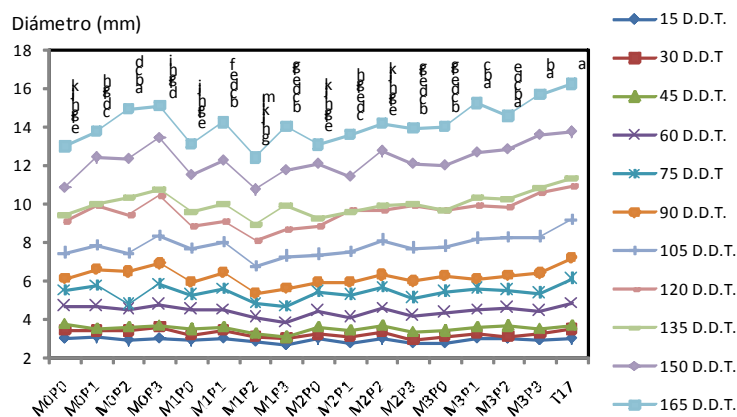
dosis de 0 g de fósforo ( $P_0$ ) la que presentó el diámetro más bajo con 13.32 mm. En cuanto al testigo ( $T_{17}$ ) vs. Resto, las observaciones donde se encontraron diferencias estadísticas, el tratamiento  $T_{17}$  superó en diámetro al resto de tratamientos, con valores que fueron de 4.87 a 16.25 mm en relación a los promedio de 4.43 a 14.08 mm alcanzados por el resto de tratamientos.

El ADEVA para los diferentes tiempos de observación, determinó que el tratamiento  $T_{17}$  a los 165 D.D.T. el que superó al resto con un diámetro de 16.25 mm (figura 4).



**Figura 3.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_3$ ) sobre el diámetro del tallo en plantas de palmito a distintas edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

Los resultados son similares a los obtenidos para la variable altura de planta, la tendencia cuadrática encontrada para micorrizas descarta la posibilidad de incrementar el crecimiento aumentando la dosis. Si bien en las primeras observaciones las plantas no inoculadas son las de mayor diámetro, a partir de los 120 D.D.T. empieza a notarse el efecto de la micorrización, sobresaliendo  $M_3$  (60 g de micorriza) sobre las demás. El nivel más alto de P (4.5 g de  $P_2O_5$ ) contribuyó al aumento del diámetro del tallo, evidenciándose principalmente al final de la etapa de vivero (165 D.D.T.).

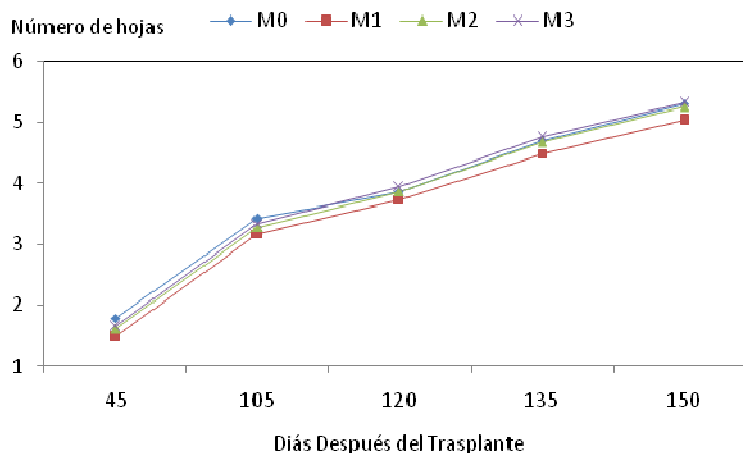


**Figura 4.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre el diámetro del tallo en plantas de palmito a diferentes edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

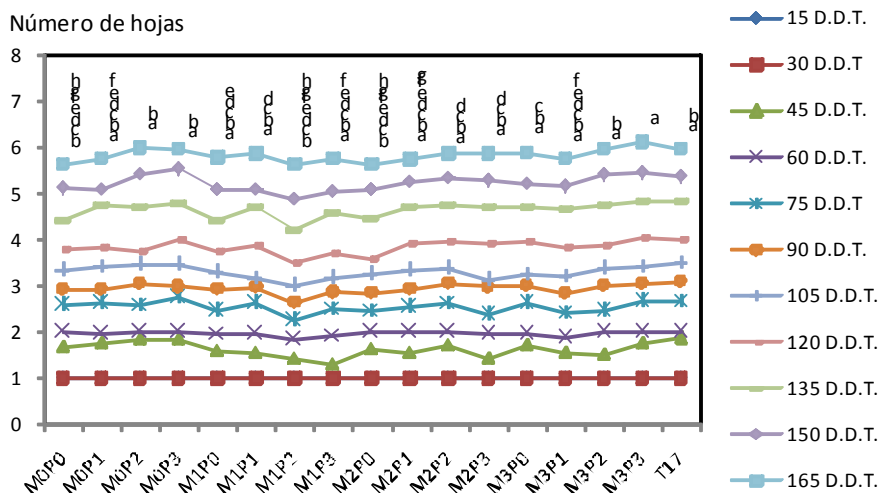
### Número de hojas

Para el factor micorriza en las observaciones en las que se detectaron diferencias estadísticas, los mejores promedios le corresponde a la dosis  $M_3$  (60 g de micorriza) a partir de los 120 hasta los 150 D.D.T. con promedios que van de 3.94 a 5.32 hojas. La dosis  $M_0$  (Sin micorriza), también se ubicó en los primeros lugares a los 45 y 105 D.D.T. con valores de 1.79 y 3.42 hojas. Compartiendo el primer lugar con  $M_3$  a los 150 D.D.T con 5.31 hojas (Figura 5). Para el factor fósforo sólo se encontró diferencias estadísticas a los 135 D.D.T. siendo la dosis más alta de 4.5 g de fósforo ( $P_3$ ) el de mayor valor 4.74 hojas. En relación al testigo ( $T_{17}$ ) vs. Resto las observaciones donde se encontraron diferencias estadísticas, el tratamiento  $T_{17}$  superó en número de hojas al resto de tratamientos con alturas que fueron de 1.88 a 4.03 hojas en relación a los promedios de 1.63 a 3.84 hojas obtenido por el resto de tratamientos.

En la figura 6 se observa que el tratamiento  $M_3P_3$  a los 165 D.D.T. superó al resto con un número de hojas de 6.13. Al igual que en las variables anteriores, la mejor respuesta exhibida por ciertos tratamientos antes de los 90 D.D.T. no son atribuibles al efecto de las micorrizas o a los niveles de P, en el primer caso la simbiosis micorriza-planta requiere un período de incubación, en el segundo caso el P es un elemento inmóvil y poco soluble en el suelo, hecho que no permitiría una mayor respuesta en sus primeras aplicaciones, más si se toma en cuenta su aplicación superficial.



**Figura 5.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_3$ ) sobre el número de hojas en plantas de palmito a distintas edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

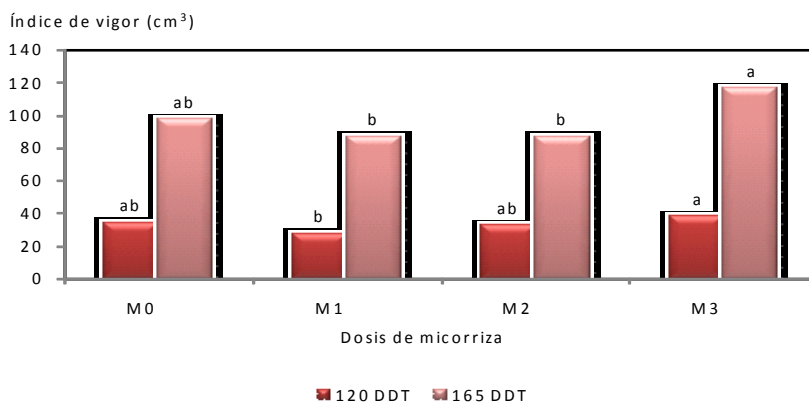


**Figura 6.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre el número de hojas en plantas de palmito a diferentes edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

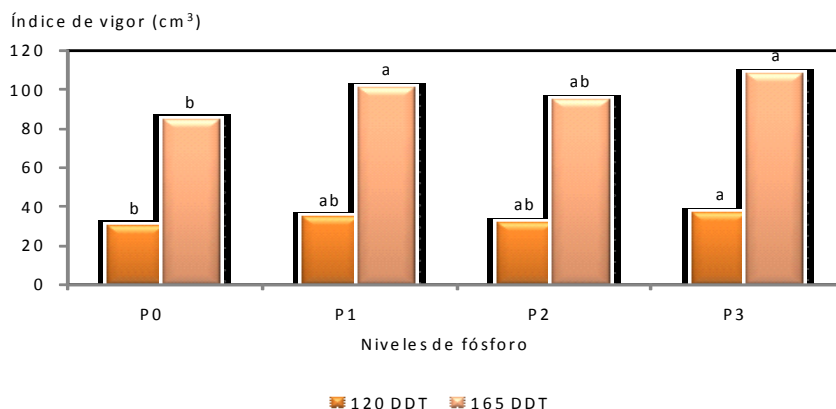
### Índice de vigor

En la figura 7 se puede observar que para el factor micorriza los mejores promedios le corresponde a la dosis  $M_3$  (60 g de micorriza), tanto a los 120 como a los 165 D.D.T., con valores de 37.78 y 116.04  $\text{cm}^3$ . Para el factor fósforo el índice de vigor más alto, le correspondió a la dosis de 4.5 g de fósforo ( $P_3$ ), con promedios de 36.38  $\text{cm}^3$  a los 120 D.D.T. y de 116.04  $\text{cm}^3$  a los 165 D.D.T. compartiendo en esta última observación el primer lugar la dosis de 20 g de fósforo ( $P_1$ ), con un promedio de 100.50  $\text{cm}^3$  (figura 8). El testigo ( $T_{17}$ ) superó al resto de tratamientos, con un índice de vigor de 47.76 y 147.58  $\text{cm}^3$  a los 120 y 165 D.D.T., mientras que el resto alcanzaron promedios de 33.88 y 96.57  $\text{cm}^3$  a las mismas edades.

En la figura 9 se observa que a los 165 D.D.T. se presentaron los mayores índices de vigor siendo el tratamiento  $T_{17}$  el que superó al resto con un valor de 147.58  $\text{cm}^3$ . A los 120 D.D.T. se nota mejor respuesta con los tratamientos  $T_{17}$  y  $M_3P_3$ , mientras que el resto son estadísticamente iguales.

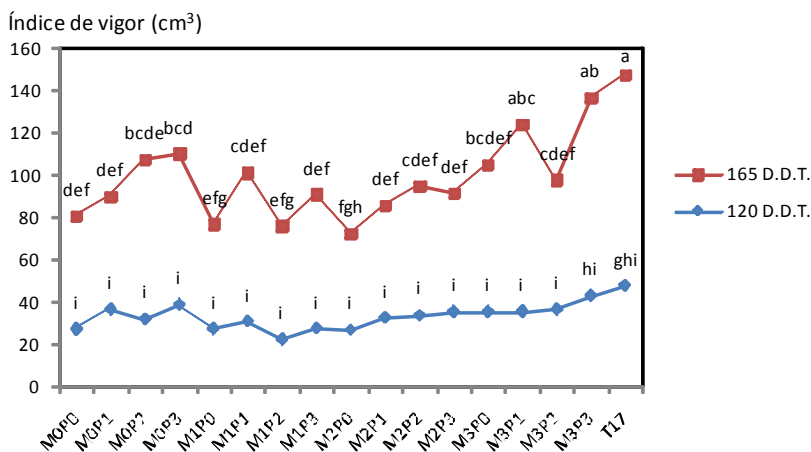


**Figura 7.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_3$ ) sobre el índice de vigor en plantas de palmito en fase de vivero. Santo Domingo.



**Figura 8.** Efecto de diferentes niveles de fósforo (P<sub>0</sub> a P<sub>3</sub>) sobre el índice de vigor en plantas de palmito en fase de vivero. Santo Domingo.

El cálculo del índice de vigor utiliza los valores de altura de planta y diámetro del tallo, los resultados obtenidos por tanto guardan similitud con aquellos observados en las anteriores variables, siendo la dosis M<sub>3</sub> (60 g de micorriza) y P<sub>3</sub> (4.5 g de fósforo) los de mejor respuesta, se mantiene la tendencia lineal para el factor fósforo, lo que hace suponer un incremento en la respuesta con dosis más altas; sin embargo, podría afectar la efectividad micorrízica en detrimento del crecimiento.



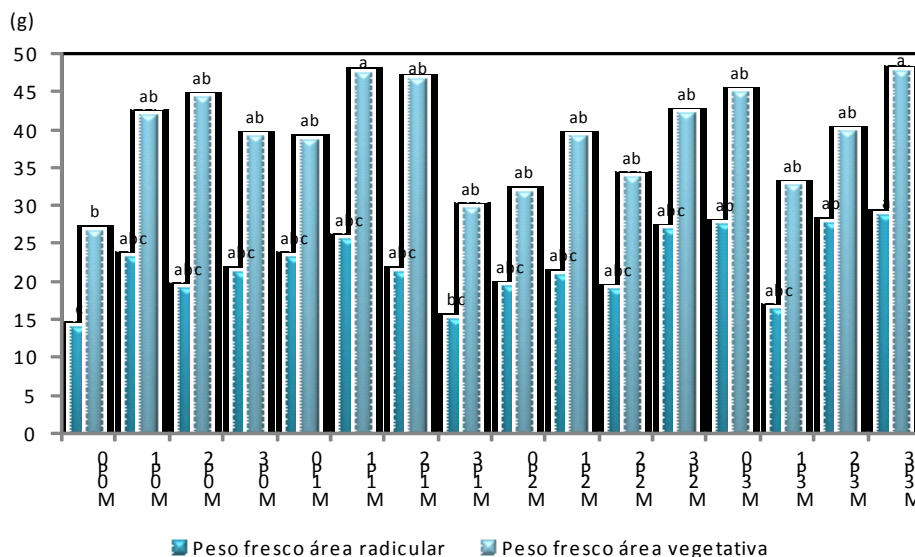
**Figura 9.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas (M<sub>0</sub> a M<sub>1</sub>) y diferentes niveles de fósforo (P<sub>0</sub> a P<sub>1</sub>) sobre el índice de vigor en plantas de palmito a distintas edades, en fase de vivero. Santo Domingo.

### Peso fresco del área radicular y vegetativa

El ADEVA para el peso fresco mostró diferencias estadísticas significativas para micorrizas en el área radicular. Revisando los polinomios ortogonales para este factor, se observa diferencias estadísticas altamente significativas para peso fresco de raíces en la tendencia lineal. Para la interacción M\*P, se detectó diferencias estadísticas altamente significativas, tanto para el área radicular y vegetativa, determinándose que la interacción de 60 g de micorriza\*4.5 g de fósforo (M<sub>3</sub>P<sub>3</sub>) resultó ser la mejor tanto



en el área radicular como vegetativa, con pesos de 28.74 g y 47.69 g. En el área vegetativa compartió también el primer lugar la interacción de 20g de micorriza\*1.5 g de fósforo ( $M_1P_1$ ) con un peso fresco de 47.39 g (figura 10). Para el Testigo vs. Resto, se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas para el área radicular y significativas para el área vegetativa, superando el testigo  $T_{17}$  al resto de tratamientos.



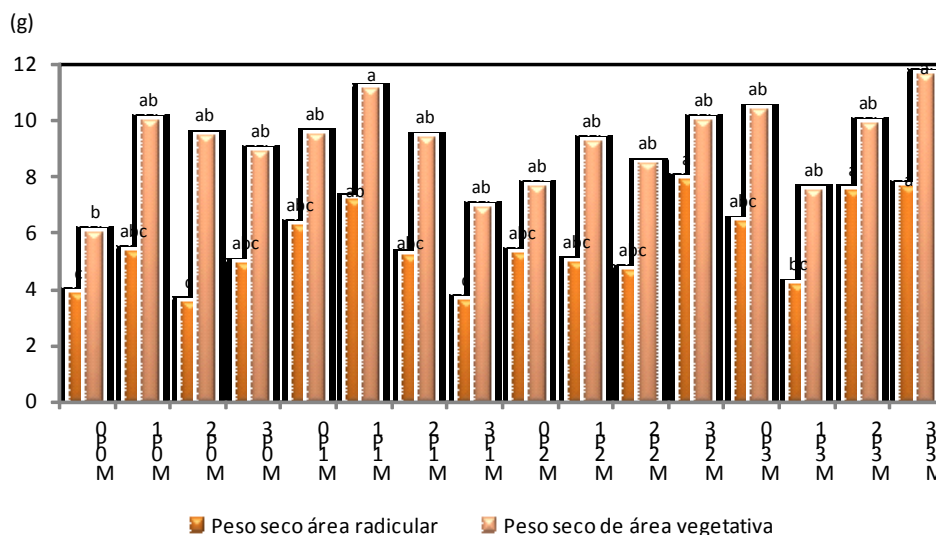
**Figura 10.** Efecto de la interacción de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre el peso fresco del área radicular y vegetativa en plantas de palmito al final de la etapa de vivero. Santo Domingo.

Según Cooper (1984), en las plantas micorrizadas se produce un aumento del contenido de agua, debido a un aumento de la conductividad hídrica de la planta o a una disminución de la resistencia al flujo de agua a través de ella. Las micorrizas mejoran el balance hídrico de las plantas (Smith y Read, 1997).

Dosis de 60g de micorriza comercial ( $M_3$ ) permitió al aumento del peso fresco de raíces, hecho al que contribuyó también el nivel de 4.5g de P ( $P_3$ ), siendo una de las funciones de éste nutriente mejorar el desarrollo radicular, aumentando la eficiencia en la captación de agua por parte de la planta.

### Peso seco del área radicular y vegetativa

Con respecto al peso seco, el ADEVA determinó para el área radicular diferencias estadísticas altamente significativas para Micorrizas. Analizando los polinomios ortogonales para este factor, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en la tendencia lineal. Para fósforo no se detectó significación estadística alguna. Se establecieron diferencias estadísticas altamente significativas para  $M^*P$ , tanto en el área radicular como vegetativa, ocupando el primer lugar para el área radicular las interacciones  $M_2P_3$  (40g de micorriza\*4.5g de fósforo);  $M_3P_3$  (60 g de micorriza\*4.5g de fósforo) y  $M_3P_2$  (60g de micorriza\*3g de fósforo) con valores de 7.85, 7.59 y 7.58 g. Para el área vegetativa fueron las interacciones  $M_3P_3$  (60 g de micorriza\*4.5g de fósforo) y  $M_1P_1$  (20g de micorriza\*1.5g de fósforo) las de mayor peso seco con 11.55 y 11.08g (figuras 11). En relación al Testigo vs. Resto, se estableció diferencias estadísticas altamente significativas para el área radicular y vegetativa, el testigo  $T_{17}$  fue mejor al resto de tratamientos.

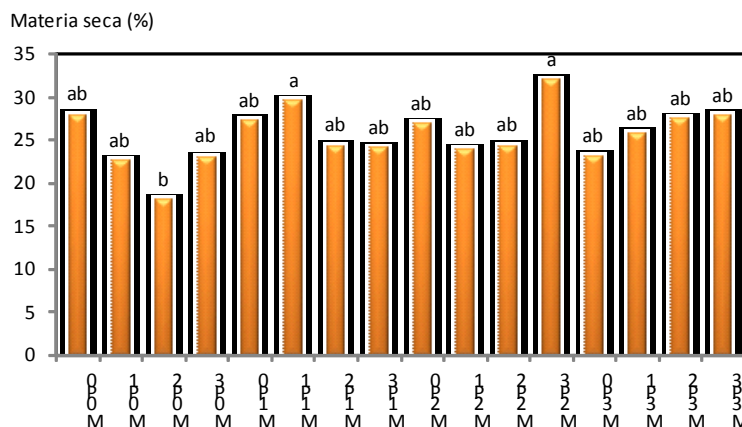


**Figura 11.** Efecto de la interacción de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre el peso seco del área radicular y vegetativa en plantas de palmito al final de la etapa de vivero. Santo Domingo.

### Materia seca área radicular y vegetativa

Para la interacción  $M \times P$  se determinó diferencias estadísticas significativas en el área radicular, estableciéndose que  $M_2P_3$  (40g de micorriza\*4.5g de fósforo) y  $M_1P_1$  (20g de micorriza\*1.5g de fósforo) ocupan los primeros lugares con 31.84 y 29.32% de materia seca (figura 15). Para el porcentaje de materia seca del área vegetativa y Testigo vs. Resto, el ADEVA no presentó significación estadística alguna.

De manera similar a las dos anteriores variables se encontró una interacción positiva  $M \times P$  en el área radicular, dosis altas de 60 g ( $M_3$ ) e intermedias de 40 g de micorrizas ( $M_2$ ) combinadas con niveles altos de 4.5 g ( $P_3$ ) e intermedios de 3 g de fósforo ( $P_2$ ), serían los de mejor respuesta. En el testigo el incremento de peso fresco fue mayor al aumento de peso seco, lo que ocasionó menores niveles de materia seca, de modo que no hubo diferencias de éste con el resto de tratamientos.



**Figura 12.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre el porcentaje de materia seca en el área radicular de plantas de palmito, en fase de vivero. Santo Domingo.

## Porcentaje de colonización

En cuanto al porcentaje de colonización de micorrizas en las raíces de palmito, el ADEVA no detectó diferencias estadísticas para ninguna fuente de variación.

No se ha encontrado correlación entre el porcentaje de colonización y la respuesta en la planta (González y Ferrera-Cerrato, 1987), versión que apoya a lo indicado inicialmente, altos porcentajes de colonización no es una condición para mejorar el crecimiento de la planta.

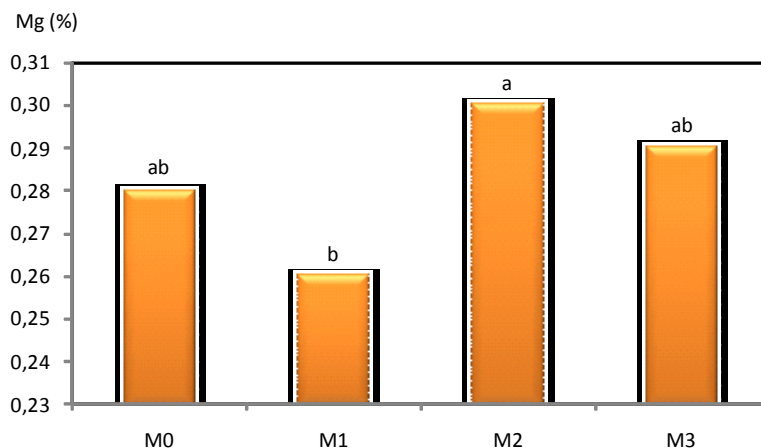
Blanco y Salas (2000), indican que se puede presentar un fuerte efecto inhibitorio del P sobre la micorriza; sin embargo, en sustratos con alta capacidad de fijación de P, gran parte de éste permanece no disponible y por tanto se pueden obtener altos porcentajes de colonización micorrízica. Aseveración que corrobora a lo obtenido en el presente ensayo, cuyo sustrato tuvo un alto porcentaje de fijación de P (74.56%), determinándose porcentajes de colonización similares en aquellas plantas con y sin P.

## Análisis foliar

El análisis foliar estableció niveles de P suficientes en todos los tratamientos. Efectuado el ADEVA no se detectó significación estadística para micorrizas. Para el factor fósforo se obtuvo diferencias estadísticas altamente significativas, determinándose que el nivel de 4.5g de fósforo ( $P_3$ ) se ubique en el primer lugar con 0.16%, la menor concentración fue para  $P_0$  con 0.12%. El análisis foliar determinó concentraciones suficientes de K y bajas de Ca, en ambos casos sólo se encontró significación estadística para la tendencia lineal en el factor fósforo.

Para Mg los resultados del análisis foliar arrojan niveles suficientes de este elemento en todos los tratamientos. El ADEVA determinó diferencias estadísticas significativas para micorrizas, siendo la dosis de 40g de micorriza ( $M_2$ ) la de mayor porcentaje de 0.30% de Mg, mientras que a  $M_1$  le correspondió la concentración más baja con 0.26% (figura 13).

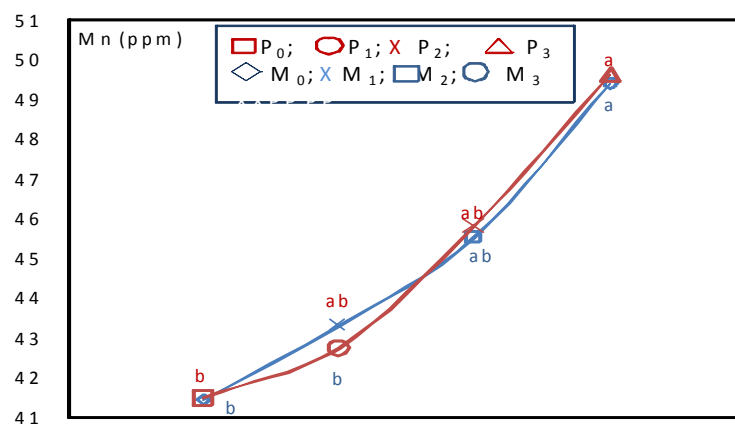
Según el análisis foliar para Cu se obtuvieron niveles altos para todos los tratamientos con excepción de  $M_2P_2$  (40g de micorriza + 3g de fósforo); y  $M_2P_3$  (40g. de micorriza + 4.5 g de fósforo) que tuvieron niveles suficientes de Cu. Efectuado el ADEVA se encontró diferencias estadísticas significativas para micorrizas, ocupando los primeros lugares con la mayor concentración la dosis con 20 g de micorriza ( $M_1$ ) y sin micorrizas ( $M_0$ ), con 13.37 y 13.31 ppm, mientras que a  $M_2$  le correspondió el valor más bajo con 10.44 ppm.



**Figura 13.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) sobre la concentración de Mg en hojas de palmito, en fase de vivero. Santo Domingo.

En cuanto al Mn el análisis foliar arrojó niveles bajos de éste elemento en todos los tratamientos. Realizado el ADEVA se pudo observar diferencias estadísticas altamente significativas para los dos factores micorriza y fósforo. Asimismo, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para los polinomios ortogonales con tendencia lineal para ambos factores. No hubo significación estadística para la interacción M\*P. Analizando los promedios para el factor micorriza, se determinó que  $M_3$  (60 g de micorriza) tenga la mayor concentración con 49.38 ppm de Mn, correspondiéndole el valor más bajo a  $M_0$  con 41.48 ppm de Mn. Para el factor fósforo, el promedio más alto se encontró con el nivel de 4.5g de fósforo ( $P_3$ ) con 49.61 ppm de Mn, mientras que la menor concentración tuvo  $M_0$  con 41.42 ppm de Mn (figura 14).

En cuanto al contenido de nutrientes en las hojas se deduce que la presencia de micorrizas en particular la dosis de 40 ( $M_2$ ) y 60 g ( $M_3$ ) contribuyeron a una mayor absorción de Mg y Mn respectivamente. Los altos niveles de Ca detectados en el análisis químico del sustrato pudieron resultar antagónicos para la absorción de Mg; sin embargo, los niveles suficientes en las hojas de este nutriente reflejan el efecto favorable de la micorrización, al aumentar su disponibilidad se nota que hubo una mayor eficiencia del fertilizante aplicado, toda vez que los niveles de Mg según al análisis químico del sustrato estaban bajos.



**Figura 14.** Efecto de diferentes dosis de micorrizas ( $M_0$  a  $M_1$ ) y diferentes niveles de fósforo ( $P_0$  a  $P_1$ ) sobre la concentración de Mn en hojas de palmito, en fase de vivero. Santo Domingo.

La concentraciones bajas de Mn en el análisis foliar, hace presumir los efectos antagónicos del Fe alto sobre el Mn bajo del sustrato, sin embargo, el ADEVA efectuado permitió visualizar ligeras diferencias favorables utilizando dosis de 60 g de micorriza comercial ( $M_3$ ) y 4.5 g de fósforo ( $P_3$ ). Además no debería sorprender encontrar niveles deficientes de Mn en plantas micorrizadas, en éstas existe un bajo número de bacterias reductoras de manganeso asociadas a las raíces, resultando una disminución en la captación de este elemento (Sylvia, 1999; Nogueira *et al.*, 2004).

El nivel alto de fósforo ( $P_3$ ) permitió aumentar la disponibilidad de este nutriente en las hojas, pero este efecto no guardó relación con la presencia de micorrizas.

Con respecto a los otros nutrientes no hubo mayor efecto, los niveles encontrados en las hojas concuerdan con los detectados en el sustrato. Además es importante recalcar que el menor crecimiento exhibido por las plantas no inoculadas, pudo hacer que el contenido de nutrientes se concentre en la hoja aparentando el contrasentido de menor crecimiento a mayor concentración (Malavolta, 1994).

Los análisis de correlación muestran que hay una dependencia significativa del índice de vigor, peso fresco de raíz y altamente significativa del peso seco de raíz con la micorrización, con valores de 0.29, 0.31 y 0.39 respectivamente. Asimismo, hubo una dependencia significativa de la concentración de Cu y altamente significativa con la concentración de Mn con la micorrización con coeficientes de correlación de -0.28 y 0.39 respectivamente, si se relaciona con los análisis foliares se determina que al ir incrementando la dosis de micorriza disminuye el Cu, siendo el efecto contrario con el Mn, al parecer la micorrización favoreció (aunque no detectable en el análisis foliar) la absorción de Mn a pesar de los niveles altos de Fe y Ca encontrados en el sustrato, según el INPOFOS (1997), las deficiencias de Mn pueden resultar de un desbalance con otros nutrientes como Ca, Mg y Fe.

Para la variable independiente Niveles de Fósforo, el análisis de correlación muestra dependencia significativa para las variables altura, diámetro y número de hojas, con valores de 0.29, 0.32 y 0.32 respectivamente, determinándose la influencia del fósforo sobre el crecimiento, si bien el efecto de éste incide mayormente en el desarrollo radicular, repercute sin duda en una mayor respuesta en el área vegetativa. No se halló correlación de los niveles de P con las dosis de micorriza ni tampoco con el porcentaje de colonización, si bien el fósforo en la solución del suelo es uno de los componentes que más influye en los hongos *Glomales*, no es una norma pues algunas especies incluso requieren altos niveles de P para esporular (Toro y Sieverding 1988, Zambolim *et al.*, 1992, citados por Blanco y Salas, 2000). Además según Schwab *et al.* 1991, citado por los mismos autores, señala que la influencia inhibitoria del P se debe principalmente a alteraciones en la fisiología del hospedero más que a un efecto directo del P en el suelo sobre el hongo.

El análisis de correlación lineal simple determinó asimismo dependencia significativa positiva de la altura de planta y concentración de Mg con el porcentaje de colonización micorrízica, con valores de 0.28 y 0.26 respectivamente. Resultados que confirmarían a los obtenidos para Mg en el análisis foliar, la presencia de micorriza en las raíces de la planta mejora la absorción de Mg a pesar del desbalance con el Ca.

### CONCLUSIONES

La micorrización contribuyó a mejorar el crecimiento de las plantas de palmito, evidenciándose su efecto a partir de los 75 a 90 días después del trasplante. Demostrándose que el establecimiento de la simbiosis presenta un período de incubación variable dependiente del ambiente, el cultivo, la especie de HMA y prácticas culturales.

En esta investigación se descarta la influencia negativa de los niveles de fósforo utilizados sobre la acción micorrízica, más bien los resultados sugieren que la fuente de fósforo empleada (superfosfato triple), más la inoculación con HMA aportaron al mejor desarrollo de las plantas de palmito. No se evidenció diferencias estadísticas en la concentración de P entre plantas micorrizadas y no micorrizadas, es indudable que la micorriza nativa también ejerció su efecto mejorando la disponibilidad de este nutriente, acción importante sobre todo en aquellos sustratos donde existen altas tasas de fijación de P ya sea de origen coloidal o químico. La captación de Mg y Mn resultaron favorecidas con la simbiosis, hecho importante al considerar la presencia de otros nutrientes antagonicos que pudieron afectar su asimilación.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda para vivero de palmito la dosis de 60 g de micorriza comercial Fungifert y un nivel de 4.5 g de  $P_2O_5$ /planta. Es indispensable investigar sobre la obtención y multiplicación de inóculo nativo de HMA en palmito, con fines de utilización a gran escala, dada la especificidad ecológica de las micorrizas, podrían ser más efectivas que las cepas comerciales. No se requieren utilizar sustratos ricos en nutrientes, sean de origen orgánico o químico, sino que es posible utilizar sustratos con limitación nutrimental de modo que la simbiosis se establezca y favorezca el aprovechamiento de los nutrimentos por las plantas y se evite el uso de suelos de bosque o de montaña con el correspondiente deterioro que ello ocasiona. La simbiosis inducida mediante la inoculación de plantas con cepas seleccionadas de HMA, es una alternativa aplicable con mayor certeza en aquellas especies vegetales que tienen una fase de vivero, donde se utilizan sustratos estériles, en zonas donde la simbiosis está ausente o la población de micorrizas autóctonas sea baja o no sean lo suficientemente agresivas y eficaces. La micorrización temprana de las plantas también puede ser adecuada debido a la existencia de un cultivo anterior no hospedador

## BIBLIOGRAFIA

- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. 2005. Información Central-Proyecto Servicio de Información Agropecuario del MAG-Ecuador. [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec).
- Bethlenfalvay, G.J. y R.G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. Wisconsin. Publicación Nímer 54. p 45-70.
- Blanco, F. y E. Salas. 2000. Selección de plantas hospederas y efecto del fósforo para la producción de inóculo de hongos formadores de micorrizas arbusculares por el método de cultivo en macetas. *Agronomía Costarricense*. P. 26.
- Cooper, K.M. 1984. Physiology of VA mycorrhizal association. *En: VA Mycorrhiza*. C. L. Powell y D. J. Bagyaraj. (Eds.). CRC Press, Boca Ratón, Fl., USA: 155-186.
- CORPEI. 2005. El palmito en el Ecuador. [www.sniaecuador.org/internas/boletín09/palmito](http://www.sniaecuador.org/internas/boletín09/palmito).
- Gonzálezch. C. y R. Ferrera-Cerrato. 1987. Efecto del captan y la endomicorriza HMA sobre el desarrollo de plántulas de fresa provenientes del cultivo in vitro. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 29: 193-199.
- Hoeffner, E.F., B.L. Koch, y R.P. Covey. 1983. Enhancement of growth and phosphorus concentrations in apple seedlings by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 108:207-209.
- INPOFOS. 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute. U.S.A. p. 7-7,7-9.



- Junovich, A. 2002. Palmito en el Ecuador. Estudios y análisis del III CNA. [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec).
- Malavolta, E. 1994. Nutrición y fertilización del Maracuyá. Centro de Energía Nuclear en Agricultura. Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, S.P. Brasil. 52 p.
- Nogueira, M., G. Magalha, y E. Cardoso. 2004. Toxicidad del manganeso en plantas micorrizadas de Soya fósforo fertilizadas. Periódico de nutrición de la planta. Universidad de Sao Paulo. Vol. 27, No. 1, pp. 141-156. Brasil
- Otáñez, G. 2000. Ecuador: Breve análisis de los resultados de las principales variables del Censo Nacional Agropecuario. [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec).
- Reyes, J.C., R. Ferrera-Cerrato, J. Cortés, y A. Alarcón, 2000. Simbiosis micorrízica y vermicomposta en el desarrollo de portainjertos de aguacate crecidos en sustratos agrícola y forestal. Área de Microbiología y Fertilidad, Especialidad de Edafología. IRENAT-CP. Montecillo. México. pp. 68
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany. p. 371.
- Smith, S.E. y D.J. Read. 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nd. Ed. Academic Press, Inc. USA
- SUMITOMO CORPORATION DEL ECUADOR. 2007. Tachigaren 36% L.S. Boletín técnico. División Químicos. Quito-Ecuador.
- Sylvia, D.M. 1999. Fundamentals and applications of arbuscular mycorrhizae: a "biofertilizer" perspective. <http://dmsylvia.ifas.ufl.edu>