

Evaluación biológica y económica del uso de micorrizas (Mycoral[®]) en cuatro pastos.

**Pablo Antonio Avelar Lizama Meza
Joel Arturo Vásquez Guillén**

ZAMORANO

Carrera de Gestión de Agronegocios
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Noviembre, 2001

Evaluación biológica y económica del uso de micorrizas (Mycoral[®]) en cuatro pastos.

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

presentado por

Pablo Antonio Avelar Lizama Meza
Joel Arturo Vásquez Guillén

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2001

Los autores conceden a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Pablo Antonio Avelar Lizama Meza

Joel Arturo Vásquez Guillén

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2001

Evaluación biológica y económica del uso de micorrizas (Mycoral[®]) en cuatro pastos.

Presentado por
Pablo Antonio Avelar Lizama Meza
Joel Arturo Vásquez Guillén

Aprobada:

Raúl Santillán, Ph. D.
Asesor Principal

Héctor Vanegas M. Sc.
Coordinador PIA Agronegocios

Oscar Sanabria, M.B.A., M. Sc.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador de Carrera Ciencia y
Producción Agropecuaria

Gisela Godoy, M.A.E.
Asesor

Luis Fernando Velez M. Sc.
Coordinador de Carrera Agronegocios

Isidro Matamoros, Ph. D.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Jairo Hincapié, Ph. D.
Coordinador PIA Zootecnia.

Keith Andrews, Ph. D.
Director

Miguel Velez Ph. D.
Coordinador Area temática Zootecnia

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis, el trabajo que implicó, el esfuerzo y satisfacción que nos trajo a:

Dios todopoderoso.

A nuestras familias, en especial a nuestras madres: Gladys Guillén y Gloria Guadalupe Meza.

A todos los Zamoranos que se graduaron y a los que se graduarán de nuestra amada Alma Mater.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a todas las personas quienes de una u otra manera nos ayudaron en el desarrollo de esta tesis como ser:

A Dios, por cada día más de vida.

A nuestras familias por el apoyo incondicional y amor que nos han brindado, los cuales nos han fortalecido para alcanzar cualquier meta.

Nuestros asesores: Raúl Santillán, Oscar Sanabria, Isidro Matamoros y Gissela Godoy por su tiempo, paciencia y gran ayuda.

Instructores de trabajo en módulo de rumiantes: José Robles, Ramón Rodas y Ángel Suazo.

A Gibsa por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A los estudiantes de la clase 03 que laboraron en el proyecto.

Hilda Flores y Gladis de Flores por ayudarnos en los análisis de suelo y foliares.

Byron Reyes y Juan Carlos Rosas por su tiempo.

A Julio Rendón por el apoyo nutricional de los científicos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

De igual manera agradecemos a personas/instituciones que nos apoyaron económicamente durante el desarrollo de la tesis como ser:

Isidro Matamoros (AID-Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción).

Jorge Iván Restrepo (Carrera. de Ciencia y Producción).

Raúl Santillán (Carrera de Ciencia y Producción).

Standard Fruit Company

Banco Central de Reserva del Salvador y FEPADE.

Nuestras Familias.

RESUMEN

Avelar, P. y Vásquez, J.2001. Evaluación biológica y económica del uso de micorrizas (Mycoral[®]) en cuatro pastos. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 36 p.

Alrededor del 30% de la vegetación mundial está dedicada al pastoreo. Los pastos son un componente esencial en las producciones ganaderas, pero no se conoce mucho sobre la relación simbiótica de las micorrizas con los pastos. Los objetivos fueron: determinar el nivel de infección de micorrizas en dos tipos de pastos tropicales y su efecto simbiótico en el desarrollo de éstos y determinar la factibilidad económica del empleo de micorrizas en su establecimiento. El experimento se llevó a cabo en una área de 936 m², en la colección de pastos de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Cada unidad experimental contó con uno de cuatro pastos (Guineas: (*Panicum maximum*)Tobiatá y Tanzania, Bracharias: (*Bracharia brizantha*) Marandú y Mg4), uno de dos niveles de micorriza (sin y con 100 g de Mycoral[®]/m lineal) y uno de dos niveles de fósforo (sin y con 40 kg de fósforo/ha). Las variables medidas fueron: grado de infección en las raíces, conteo de esporas en el suelo, concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn en la planta, pH, materia orgánica, concentración de N, P, K, Ca, y Mg en el suelo, biomasa en materia seca (M.S.) producida, costo de establecimiento por tratamiento, retorno y tasa de retorno marginal (TRM). El grado de infección de raíces fue significativo ($P < 0.1$) en el Tobiatá, al igual que el conteo de esporas en el suelo. Las diferencias de los nutrientes en el follaje se debió al tipo de pasto utilizado y a la utilización del fósforo. En el análisis del suelo los resultados variaron según el pasto, uso de micorriza, utilización del fósforo e interacciones entre ellos. Al medir la biomasa, Tobiatá con micorriza y con fósforo rindió más (2632 kg M.S./ha/corte). La alternativa con un mayor ingreso (1479 dólares estadounidenses (USD)) y mayor retorno (529 USD) es sembrar Tobiatá utilizando micorrizas y fósforo, teniendo un costo de 890 USD. La mayor TRM (4910%) en Tobiatá resultó de pasar de Tobiatá sin micorriza y sin fósforo a Tobiatá con micorriza con fósforo. La utilización de micorrizas produce un aumento en el retorno por ha/MS/año a un costo muy bajo. Para futuras investigaciones se debería utilizar suelos deficientes en fósforo, áreas más grandes y mayor número de repeticiones. El análisis económico puede ser realizado en base al consumo voluntario de los pastos y su retorno en producto animal.

Palabras Claves: Bracharias, costo, guineas, materia seca y retorno marginal.

NOTA DE PRENSA

Aumente su producción de pastos con el uso de Micorrizas.

Según una investigación realizada en Zamorano al sembrar pastos, especialmente el Tobiata, con micorrizas (hongos del suelo) aumenta en más de 15% la producción de forraje. Al igual aumenta la concentración de nutrientes dentro de las plantas produciendo un mejor alimento para ganado bovino.

La utilización de micorrizas es una práctica complementaria en el momento del establecimiento que sólo se realiza una vez. Es altamente rentable por el bajo costo del kilogramo de MYCORAL[®] y por el aumento en producción de materia seca que la utilización de éste provoca.

Se probaron cuatro pastos (Tobiata, Tanzania, Marandú y MG4) con dos niveles de fertilización con fósforo (0 y 40 kg/ha) y 2 niveles del uso de micorriza (0 y 100 g/m lineal) antes de la siembra. Al sembrar las semillas que serían infectadas con micorrizas, se hicieron surcos y se depositó 100 g/m lineal de MYCORAL[®] (producto comercial que contiene micorrizas) y se procedió a poner las semillas sobre éste.

Se observó que el Tobiata al ser sembrado con micorrizas y fertilizado con fósforo antes de la siembra, produjo mucho más que los otros pastos y combinación entre el uso de micorrizas y fósforo. Según los resultados obtenidos por los agrónomos Pablo Avelar y Joel Vásquez.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Páginas de firma.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de Prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de Cuadros.....	xi
	Índice de Tablas.....	xiii
	Índice de Gráficos.....	xiv
	Índice de Anexos.....	xv
1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS GENERALES.....	1
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	PASTO GUINEA (<i>Panicum maximum</i>).....	3
2.2	PASTO BRACHARIA (<i>Brachiaria brizantha</i>).....	3
2.3	MICORRIZA.....	3
2.4	MYCORAL[®].....	4
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1	VARIABLES MEDIDAS.....	5
3.2	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	6
3.2.1	Preparación de suelo y división de parcelas.....	6
3.2.2	Fertilización.....	7
3.2.3	Formas de muestreo.....	7
3.2.4	Análisis realizados:	7
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4.1	GRADO DE INFECCIÓN DE MICORRIZAS.....	10
4.2	CONCENTRACIÓN DE N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn Y Zn EN LA PLANTA.....	11
4.2.1	Nitrógeno.....	11
4.2.2	Fósforo.....	11
4.2.3	Potasio.....	11
4.2.4	Calcio.....	12
4.2.5	Magnesio.....	12
4.2.6	Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc.....	12
4.2.7	Correlación.....	12

4.3	NIVELES DE pH, MO Y CONCENTRACIÓN DE N, P, K, Ca, Y Mg EN EL SUELO	13
4.3.1	pH.....	13
4.3.2	Materia orgánica.....	14
4.3.3	Nitrógeno Total.....	15
4.3.4	Fósforo.....	15
4.3.5	Potasio.....	16
4.3.6	Calcio.....	17
4.3.7	Magnesio.....	18
4.3.8	Correlación.....	20
4.4	BIOMASA EN LOS TRATAMIENTOS	21
4.4.1	Con Mycoral [®] versus sin Mycoral [®]	21
4.4.2	Con fósforo versus sin fósforo.....	21
4.5	COSTOS Y RETORNOS POR TRATAMIENTO	21
4.6	DOMINANCIA	22
4.7	TASA DE RETORNO MARGINAL	25
5.	CONCLUSIONES	27
6.	RECOMENDACIONES	28
7.	LITERATURA CITADA	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Conteo de esporas en el suelo (entre pastos).....	10
2	Infección de raíces (interacción pasto x fósforo).....	10
3	Infección de raíces (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	11
4	Concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en la planta (entre pastos).....	11
5	Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	13
6	Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	14
7	Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	14
8	Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	14
9	Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x fósforo)...	15
10	Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x Fósforo).....	15
11	Porcentaje de Nitrógeno total en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	15
12	Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	16
13	Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x fósforo).....	16
14	Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	16
15	Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	17
16	Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x fósforo).....	17
17	Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	17
18	Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	18
19	Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x fósforo).....	18
20	Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	18
21	Concentración de magnesio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®]).....	19
22	Concentración de magnesio en el suelo (interacción pasto x fósforo).....	19

23	Concentración de magnesio en el suelo (interacción Mycoral [®] x fósforo).....	19
24	Concentración de magnesio en el suelo (interacción pasto x Mycoral [®] x fósforo).....	19
25	pH y niveles de M.O., N _{total} , P, K, Ca, y Mg en el suelo (entre pastos).....	20
26	Rendimiento de materia seca promedio.....	21
27	Resultados económicos de los diferentes tratamientos.....	21
28	Análisis de dominancia en cuatro pastos y dos niveles de Mycoral [®] y fósforo en una hectárea.....	23
29	Análisis de dominancia en una hectárea del Tobiata con dos niveles de Mycoral [®] y fertilización.....	23
30	Análisis de dominancia en una hectárea de Tanzania con dos niveles de Mycoral [®] y fertilización.....	24
31	Análisis de dominancia en una hectárea de Marandú con dos niveles de Mycoral [®] y fertilización.....	24
32	Análisis de dominancia en una hectárea de MG4 con dos niveles de Mycoral [®] y fertilización.....	24
33	Análisis Marginal del Tobiata.....	25
34	Análisis Marginal del Tanzania.....	26
35	Análisis Marginal de MG4.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas		Página
1	Correlación entre cantidad de nutrientes en el follaje.....	13
2	Correlación entre pH, MO, N _(Total) , P, K, Ca, y Mg en análisis de suelo.....	20

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos		Página
1	Mapeo de Unidades Experimentales.....	6
2	Precio de una tonelada de pasto vendida en base a diferentes porcentajes de materia seca (M.S.).....	8

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

- 1 Análisis usados para conteo de esporas y tinción de raíces.
- 2 Costos de riego y maquinaria cargados a la ZELACA, unidad de lechería especializada.
- 3 Presupuestos de establecimiento proyectados a una hectárea, utilizando el generador de presupuestos GEZAM.
- 4 Presupuestos totales proyectados a una hectárea, utilizando el generador de presupuestos GEZAM.
- 5 Porcentaje de materia seca en diferentes pastos de Zamorano.
- 6 Costos unitarios de los insumos de operación y establecimiento usados en pastos.
- 7 Resultados del análisis del conteo de esporas e infección de raíces.
- 8 Resultados de análisis de suelo.
- 9 Resultado de análisis foliar de pasto.

1. INTRODUCCIÓN

Los pastos son un componente esencial en las producciones ganaderas, deben ser de buena calidad para obtener el mejor desempeño animal. Una manera de mejorar la calidad de los pastos es aumentando el contenido nutricional de estos. En la actualidad no se conoce mucho sobre la relación simbiótica de las micorrizas con los pastos, esta puede ser una alternativa rentable para mejorar la producción y calidad, en suelos infértiles como fértiles.

El término micorriza se debe al botánico alemán A. B. Frank que en 1885, lo utilizó para describir la existencia de raíces de plantas vasculares que estaban infectadas con hongos. Las micorrizas actualmente se definen como asociaciones simbióticas mutualistas entre hongos y raíces de plantas superiores (Chavarría, 1997). Dentro de los beneficios del uso de micorrizas están: producir antibióticos, mejorar la disponibilidad de fósforo y absorber exudados de la raíz, mejorando el desarrollo de la planta a bajo costo.

Las investigaciones y usos más comunes de las micorrizas están en: tomate, chile, tabaco, cebolla, crisantemos, rosales, flor de noche buena (*Euphorbia pulcherrima*) y también han sido probadas en cultivos forestales, como *Eucalyptus camaldulensis* y en especies de *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus*, entre otros. En el caso del *Eucalyptus camaldulensis*, las micorrizas tuvieron efectos significativos en la sobrevivencia.

Las micorrizas son utilizadas desde hace más de 30 años. Sin embargo existen muy pocas investigaciones de su utilización en pasturas tropicales y de zonas templadas.

La inoculación con micorrizas puede ser una práctica nueva complementaria para aumentar el retorno por hectárea de materia seca del pasto. Es importante conocer el impacto económico en las prácticas de siembra realizadas por pequeños o grandes productores.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Determinar el nivel de infección de micorrizas en pastos tropicales y su efecto simbiótico en el desarrollo de estos.
- Determinar la factibilidad económica del empleo de Mycoral[®] en el establecimiento de pastos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn foliar, por la acción de micorrizas (MYCORAL[®]) en comparación al testigo.
- Medir la producción de Materia Seca (M.S.).
- Comparar los costos y retornos por ha/tratamiento/año.
- Analizar las Tasas de Retorno Marginal de los diferentes tratamientos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PASTO GUINEA (*Panicum maximum*)

Nativa de África, donde crece en forma natural en bordes boscosos, tierras de reciente incorporación al cultivo y en las grandes sabanas donde los suelos son de mediana a alta fertilidad. Crece bien en regiones que reciben más de 900 mm de lluvia al año, preferiblemente cálido-húmedas. Es una planta que se adapta mejor de 0 – 1000 msnm, su rendimiento y persistencia se ven afectados en elevaciones mayores a 1200 msnm (Santillán, 2000).

A pesar que crece en un amplio rango de tipos de suelos, responde mejor a altas condiciones de fertilidad. No tolera suelos con pobre drenaje o períodos prolongados de inundación. Gracias a la gran variabilidad de esta especie, se encuentran tipos o variedades que se adaptan a suelos pobres, ácidos o con bajas precipitaciones (600 – 800 mm de lluvia al año) (Santillán, 2000).

El género *Panicum* se compone de gramíneas vivaces de talla elevada que crecen principalmente en terrenos fértiles. En buenas tierras dan rendimientos que sobrepasan a los de las demás gramíneas conocidas. Más robustas y resistentes que los *Pennisetum*, cubren rápidamente el suelo y requieren poca labor de mantenimiento. Resisten bien la sequía y luego retoñan más despacio sin que aparentemente les afecte (Havar, 1989).

2.2 PASTO BRACHARIA (*Brachiaria brizantha*)

Nativa de África tropical, donde crece en valles, sabanas, bosques abiertos y bancos de ríos. Actualmente se encuentra ampliamente distribuida en todo el trópico como planta cultivada. Crece bien desde el nivel del mar hasta los 1,400 msnm. Se adapta bien en suelos pobres, ácidos y responde relativamente bien a la fertilización con N, P y otros elementos nutritivos. Es muy tolerante a la sequía, razón por la que se utiliza en regiones que reciben más de 500 mm de lluvia y con largos períodos secos. Es algo tolerante a períodos cortos de inundación. En Honduras ha demostrado un buen comportamiento en suelos medianamente inclinados, superficiales y algo pedregosos (Santillán, 2000).

2.3 MICORRIZA

La micorriza es la simbiosis mutualista (no una asociación patogénica) entre el hongo del suelo y las raíces de plantas superiores. La palabra micorriza (hongo de la raíz, viene del

griego: mykes (hongos) y rhiza (raíz)). En la actualidad existen dos tipos de micorriza: ectomicorriza y endomicorriza. Las ectomicorrizas crecen intercelularmente en la corteza de las raíces, nunca intracelular, las endomicorrizas crecen inter e intracelular y forma estructuras fungosas específicas (Sieverding, 1991).

Las ectomicorrizas son características de los bosques de zonas templadas y boreales y existen más de 5,000 especies, principalmente Basidiomicetos, con especies de *Boletus*, *Cortinarius*, *Russula* y *Tricholoma* (Sieverding, 1991).

La más importante y ampliamente distribuida tanto geográficamente como dentro del reino vegetal es la micorriza vesicular – arbuscular. Este hongo es hallado en condiciones naturales en casi todos los cultivos agrícolas del trópico y subtropical (Sieverding, 1991).

Hasta donde se conoce las micorrizas no producen enfermedad, pero la ausencia de ellas en ciertos campos ocasiona achaparramiento cuando se les suministra el hongo adecuado. La fumigación de los suelos con frecuencia da como resultado la erradicación de los hongos micorrizales y hace que las plantas permanezcan más pequeñas que las plantas que crecen en suelos no fumigados (Sieverding, 1991).

2.4 Mycoral[®]

Mycoral[®] es un producto biológico, 100% natural y ecológico. Está compuesto por un sustrato de suelo de textura franca, esporas e hifas del hongo y segmentos de raicillas infectadas. Mycoral[®] no pierde su eficacia por lo menos durante 2 años, siempre que se almacene en un lugar seco y bajo sombra (Reyes, 2001).

Beneficios para la planta:

- * Aumenta crecimiento foliar y radical.
- * Mejora la absorción de fósforo y otros nutrientes.
- * Mejora la tolerancia a la falta de agua y a la presencia de sales.
- * Mejora estructura del suelo al agregar las partículas en torno a la raíz.
- * Aumenta producción de hormonas estimulantes del crecimiento.

Al sembrar semillas, esquejes o estacas, Mycoral[®] se debe colocar debajo de éstas para favorecer su contacto con las raíces al momento de emerger (Reyes, 2001). En cultivos industriales, pastos y granos, la cantidad recomendada al momento de la siembra en el campo es de 100 g/m lineal (Reyes, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en una área de 936 m², localizada en la colección de pastos de la Escuela Agrícola Panamericana. Se usaron cuatro pastos, dos niveles de Mycoral[®] y dos niveles de fósforo:

- Los pastos fueron:
 - Dos Guinea (*Panicum maximum*)
 - Tobiatá
 - Tanzania
 - Dos Brachiaria (*Brachiaria brizantha*)
 - Marandú
 - MG4

- Dos niveles de fertilización
 - Sin fertilización
 - 40 kg de fósforo/ha

- Dos niveles de aplicación de Mycoral[®]
 - Sin Mycoral[®]
 - 100 gramos de Mycoral[®]/ metro lineal.

Con tres repeticiones para un total 48 parcelas. Cada parcela tenía 4 × 4 m, para un total de 936 m² de área.

La distribución de los pastos y niveles de Mycoral[®] y fósforo se hicieron completamente al azar dentro de cada repetición.

3.1 VARIABLES MEDIDAS

Se hicieron muestreos al azar estratificado (espina de pescado) dentro de cada parcela, se midieron:

- * Grado de infección en las raíces por las micorrizas.
- * Conteo de esporas.
- * Concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn en la planta.
- * Concentración de N, P, K, Ca, y Mg en el suelo.
- * Biomasa en materia seca (M.S.) producida

Las variables económicas se analizaron por los registros por actividad y parcela utilizando el programa de desarrollo de presupuestos GEZAM, y fueron:

- * Costo de establecimiento por tratamiento.
- * Retorno por ha/tratamiento/año.
- * Tasa de retorno marginal.

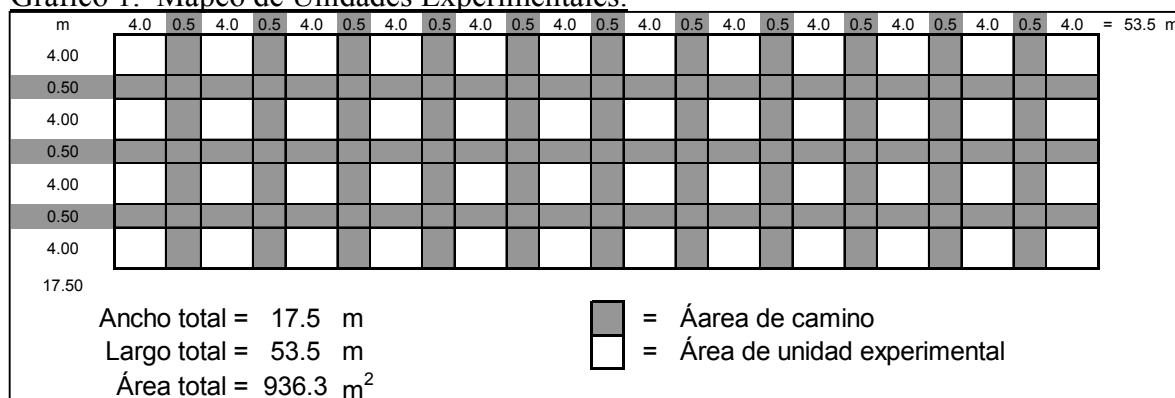
3.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.2.1 Preparación de suelo y división de parcelas

Antes de preparar el suelo se aplicó Round Up® a razón de 4 L/ha. Nueve días después se realizó una preparación convencional del suelo con un pase de arado y dos de rastra.

Las parcelas se identificaron con estacas y se dejó 0.5 m de espacio entre ellas (Gráfico 1).

Gráfico 1. Mapeo de Unidades Experimentales.



Se realizó la siembra con 6.25 kg/ha de semilla en surcos separados a 0.50 m. En las parcelas con Mycoral®, antes de la siembra se aplicó 100 g/m lineal de Mycoral® en cada surco que permitió que las raíces al brotar tengan su primer contacto con Mycoral® haciendo la infección de raíces efectiva¹.

Se deshierbó toda el área experimental manualmente a los 28 y 39 días después de la siembra (dds).

¹ Inoculación de pastos con Mycoral®. 2001 Juan Carlos Rosas, Ph. D. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Comunicación personal.

3.2.2 Fertilización

Previo a la siembra se fertilizó con 40 kg/ha de fósforo en la mitad de las parcelas (las cuales fueron tomadas al azar). Se fertilizó manualmente y al voleo dos veces con nitrógeno (urea, 46- 0- 0). La primera fue el día 41 dds utilizando 40 kg de N/ha y la segunda a los 70 dds con una dosis de 30 kg/ha.

3.2.3 Formas de muestreo

A los 111, 132 y 153 dds se cosecharon las parcelas para obtener el rendimiento de forraje en materia verde. Al día 132 dds se sacó una muestra y se envió al laboratorio para obtener la humedad aparente y nutrientes foliares. De igual forma después de cada cosecha se realizó una chapia para nivelar el pasto.

En la primera (111 dds) y última cosecha (153 dds), se muestreó el suelo para analizar el grado de inoculación del Mycoral[®] y contar las esporas difundidas en el suelo. Se analizó una parcela por tratamiento, seleccionada al azar.

3.2.4 Análisis realizados:

El conteo de esporas en el suelo se realizó al finalizar la primera y última cosecha. De cada parcela se sacó una muestra de suelo (cinco submuestras) con un tubo Hoffer a una separación de 5 cm del tallo de las plantas, que fueron identificadas y enviadas al Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Agrícola Panamericana donde se analizaron por el método de “Aislamiento de Esporas” (Anexo 1).

Las mismas muestras de suelo utilizadas para el conteo de esporas sirvieron para medir el grado de infección por medio de la extracción de las raíces de las muestras de suelo. Este análisis también fue hecho en el Laboratorio de Biotecnología por el “Método para Clarificar y Teñir Muestras de Raíces” (Anexo1).

Se cosechó los cuatro surcos a una distancia de 5 cm del suelo. Una muestra se envió al Laboratorio de Bromatología de la Escuela Agrícola Panamericana para obtener la humedad aparente y calcular la materia seca.

Las muestras (foliar, M.S.) de la segunda cosecha se analizaron en el laboratorio de suelos para obtener las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn. Los minerales se analizaron por los siguientes métodos:

- * N: Kjeldahl (Mc Lean, 1982)
- * P: Digestión húmeda con ácido sulfúrico y con peróxido de hidrógeno con colorimetría.
- * K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: digestión húmeda con ácido sulfúrico y con peróxido de hidrógeno, con un espectrofotómetro de absorción atómica.

Antes de la siembra se muestreo el suelo del terreno (15 submuestras). Al finalizar el experimento se tomó una muestra (cinco submuestras) de cada parcela. Estas muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana.

Estos análisis fueron realizados por los siguientes métodos:

- * $\text{PH}_{(\text{H}_2\text{O})}$: potenciómetro, relación agua: suelo 1 : 1
- * M. O. : Walkley & Black (Mc Lean, 1982).
- * $\text{N}_{(\text{total})}$: Kjeldhal (Mc Lean, 1982).
- * P: Solución extractora Mehlich I y método calorimétrico.
- * K, Ca, Mg: Solución extractora Mehlich I, especto fotómetro de absorción atómica.

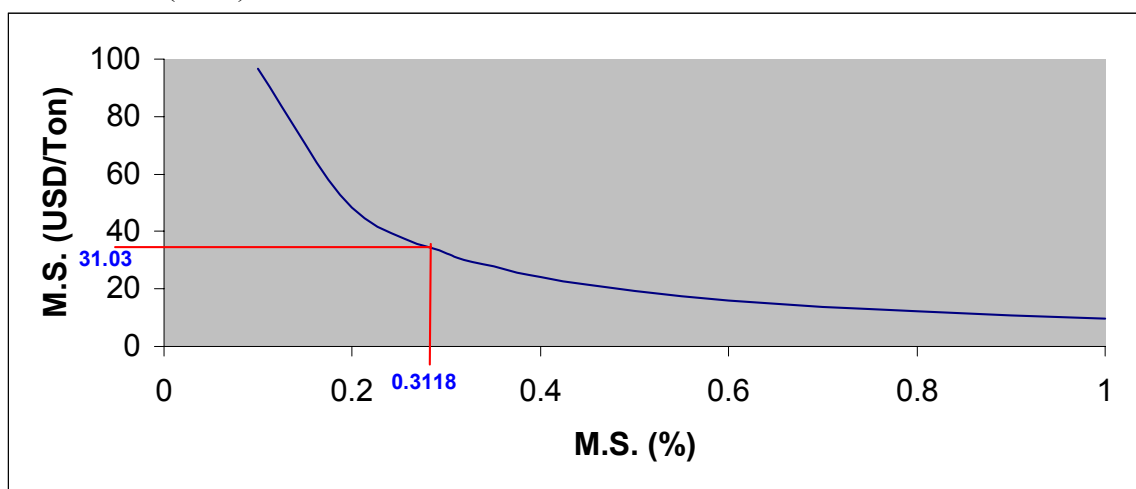
Se realizó un presupuesto de establecimiento (Anexo 3) y un presupuesto operativo total (Anexo 4) para cada tratamiento o tecnología utilizada para el establecimiento de las pasturas. Se utilizo el programa “Generador de presupuestos” GEZAM. La maquinaria y el riego fueron servicios alquilados (Anexo 2).

Los costos y rendimientos de cada tratamiento fueron proyectados a una hectárea, en base a los promedios obtenidos en los tres bloques y tres cosechas.

Para determinar el precio por tonelada de M.S. se asumieron condiciones comerciales, valorando la tonelada de pasto verde a 150 lempiras, sin tomar en consideración la M.S.

En Zamorano el pasto con un contenido de 31.03% de M.S. (Anexo 5) y precio promedio de 31.03 USD por ton. métrica de M.S. (Gráfica 2).

Gráfica 2. Precio de una tonelada de pasto vendida en base a diferentes porcentajes de materia seca (M.S.).



La amortización del costo de establecimiento se realizó a 10 años². El análisis de dominancia es el paso previo a un análisis de retorno marginal, donde se ordena de la alternativa con el mayor a la de menor beneficio. La que es dominada, se filtra o queda fuera la alternativa al tener un mayor costo que la anterior, la cual es de mayor beneficio y menor costo. El análisis de dominancia se realizó comparando los diferentes tratamientos aplicados a cada pasto y comparando todos los pastos y tratamientos en total.

Se realizó un análisis de retorno marginal a cada pasto con los diferentes tratamientos realizados y a la totalidad de tratamientos, luego de realizar un análisis de dominancia. La TRM nos indica los factores que un cambio de tecnología debe pagar, como el costo del capital, de administración y el riesgo.

Se utilizó un arreglo factorial de 4 x 2 x 2 (pasto x Mycoral[®] x fósforo) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones por bloques y tres repeticiones por cosechas a través del tiempo.

Los datos se analizaron por medio del programa estadístico SAS[®] con la prueba de “LS Means”(SAS[®] 6.12). Todas las interpretaciones se hicieron con una diferencia significativa menor o igual de 0.1, debido a las pocas investigaciones existentes de este tipo³.

² Costeo de Pasturas. 2001. Lic. Oscar Sanabria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Comunicación Personal.

³ Interpretación de Resultados del SAS[®]. 2001. Isidro Matamoros, Ph. D. Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 GRADO DE INFECCIÓN DE MICORRIZAS

El uso de Mycoral[®] no aumentó el número de esporas en el suelo. En suelos con concentraciones altas de fósforo el efecto de las micorrizas se ve reducido, disminuye su desarrollo y simbiosis con la planta (Sieverding, 1991). La alta concentración de fósforo en las parcelas (Anexo 8) pudo haber provocado que no existiera efecto del Mycoral[®].

Existió diferencia significativa del número de esporas entre los pastos (Cuadro 1) siendo el Tobiata con el conteo más alto, luego el Marandú, el Tanzania y finalmente el MG4.

Cuadro 1. Conteo de esporas en el suelo (entre pastos).

Pasto	Esporas/ml *	Clasificación [°]
Marandú	26.33 a	medio
Mg4	20.00 b	medio
Tanzania	25.67 bc	medio
Tobiata	38.33 c	medio

* Conteo con misma letra son iguales con $P > 0.1$.

[°] Alto: 40 – 100, medio: 20 – 40 y bajo: 0 – 20.

Existió diferencia significativa en el grado de infección de raíces según el uso o no de Mycoral[®], al usarlo el número de esporas fue mayor (62.90%) que sin usarse (21.83). Existió diferencia en la interacción pasto x fósforo (Cuadro 2) y la interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo (Cuadro 3).

Cuadro 2. Infección de raíces (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	%	Clasificación *
Tobiata	CON	57.94	alta
Tanzania	SIN	51.85	alta
Marandú	CON	47.88	alta
MG4	SIN	47.88	alta

* 0-20% = baja, 20-40% = media y 40-100 = alta.

Cuadro 3. Infección de raíces (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	%	Clasificación *
Tobiatá	CON	CON	100.00	alta
Marandú	CON	CON	50.33	alta
MG4	CON	SIN	50.33	alta
Tanzania	CON	SIN	45.33	alto

* 0-20% = baja, 20-40% = media y 40-100 = alta.

Existió un mayor porcentaje de infección cuando se utiliza Mycoral[®] y fertilización con fósforo, seguido por solo uso de Mycoral[®].

No existió correlación entre el conteo de esporas y la tinción de raíces.

4.2 CONCENTRACIÓN DE N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn Y Zn EN LA PLANTA

4.2.1 Nitrógeno

Los porcentajes de N en la biomasa resultaron con diferencia significativa según los pastos resultando el MG4 con el mayor porcentaje, demostrando la mejor asimilación y translocación de este elemento en la planta (Cuadro 4). Siendo éste pasto muy eficiente en comparación al resto de pastos analizados en la absorción de N.

Existió diferencia entre el uso de fósforo al momento de siembra, siendo mayor el porcentaje de N cuando no se utilizó fósforo al momento de fertilizar las parcelas antes de la siembra.

4.2.2 Fósforo

Se encontró diferencia entre los diferentes pastos (Cuadro 4), resultando el Tobiatá con el mayor porcentaje. El efecto del uso de Mycoral[®] o la fertilización con P no tuvo influencia en la concentración de P en el follaje.

4.2.3 Potasio

Se encontró diferencia significativa en los diferentes pastos (Cuadro 4), en la utilización de fósforo antes de la siembra y en los porcentajes de K en el follaje. Al no utilizar fósforo previo a la siembra se encontró 3.76% de K y al usar fósforo, 3.56% de K. Hubo un incremento de 5.62% en el porcentaje de K presente en el follaje, al no fertilizar con fósforo.

4.2.4 Calcio

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje Calcio entre los pastos (Cuadro 4) y entre la utilización de o no de fósforo ($P = 0.0046$) antes de la siembra. Se obtuvieron porcentajes más altos de Ca cuando no se fertilizó con fósforo (0.37%) antes de la siembra que cuando si se fertilizó (0.33%). Al no fertilizar con fósforo se observó que hubo un incremento de 12.12% en el porcentaje de Ca en la biomasa. Teniendo un efecto antagonista el fósforo con el calcio.

4.2.5 Magnesio

Existió diferencia significativa en el porcentaje de Mg presente en el follaje, según la utilización de fósforo antes de la siembra. Resultando el uso de fósforo con 0.25% de Mg y sin utilizar fósforo con 0.21%. La fertilización con fósforo favorece la concentración de Mg en la biomasa.

4.2.6 Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc.

No existió diferencia significativa en las concentraciones (ppm) de Cu, Fe, Mn y Zn en el follaje (Cuadro 4). Siendo los pastos muy similares en el contenido de los microelementos.

Cuadro 4. Concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en la planta (entre pastos).*

Pasto	%			ppm					
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Tobiatá	0.21 a	0.47a	4.08a	0.38a	146.50b	14.42	171.42	146.50	43.83 b
Tanzania	0.40ab	0.40b	3.68b	0.39a	180.33a	14.50	220.00	180.33	45.58ab
Marandú	0.64bc	0.38bc	3.38c	0.33b	134.58b	14.75	246.92	134.58	48.83 ab
MG4	0.75cd	0.36c	3.50bc	0.30b	106.41c	14.08	196.33	106.42	57.67a

* Valores dentro de cada columna con misma letra son iguales ($P > 0.1$).

4.2.7 Correlación

El 49% de las correlaciones totales entre los diferentes elementos en el follaje fueron lineales positivas y 50% de las correlaciones totales resultaron no significativas (Tabla 1).

Tabla 1. Correlación entre cantidad de nutrientes en el follaje.

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
N	1.00	+	+	+	+	x	+	+	-
P	+	1.00	+	+	+	-	x	+	-
K	+	+	1.00	+	+	+	+	+	+
Ca	+	+	+	1.00	+	-	+	+	-
Mg	+	+	+	+	1.00	-	+	-	+
Cu	x	-	+	-	-	1.00	+	+	+
Fe	+	x	+	+	+	+	1.00	+	+
Mn	+	+	+	+	-	+	+	1.00	-
Zn	-	-	+	-	+	+	+	-	1.00
+	Correlación positiva.								
-	Correlación negativa.								
	La correlación no fue significativa con $P > 0.1$.								
x	No existió correlación.								

4.3 pH y NIVELES DE M.O., N, P, K, Ca, Y Mg EN EL SUELO

4.3.1 pH

Se encontró diferencias significativas entre pastos (Cuadro 25), el uso o no de Mycoral[®], resultando un pH más alto (pH 5.5) al utilizarlo que sin usarlo (pH 5.4). Existieron diferencias entre interacciones pasto x Mycoral[®] (Cuadro 5), el cual demuestra que puede existir una fuerte relación entre el uso de Mycoral[®] en el pH del suelo, e interacción pasto x fósforo (Cuadro 6) y pasto x Mycoral[®] x fósforo (Cuadro 7).

Cuadro 5. Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral[®]).

Pasto	Mycoral [®]	pH
Tanzania	SIN	6.0
MG4	CON	5.7
Tobiatá	CON	5.6
Marandú	CON	5.5

* No se encontró diferencia significativa entre ellos ($P > 0.1$).

Cuadro 6. Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral®).

Pasto	Fósforo	pH *
Tanzania	SIN	5.7
MG4	CON	5.5
MG4	SIN	5.5
Marandú	CON	5.5

* No se encontró diferencia significativa entre ellos ($P > 0.1$).

Cuadro 7. Nivel de pH promedio del suelo (interacción pasto x Mycoral® x fósforo).

Pasto	Mycoral®	Fósforo	pH
Tanzania	SIN	CON	6.1
Tanzania	SIN	SIN	5.9
MG4	CON	CON	5.9
Tobiatá	CON	CON	5.8
Tanzania	CON	SIN	5.6

* No se encontró diferencia significativa entre ellos ($P > 0.1$).

4.3.2 Materia Orgánica

En el contenido de materia orgánica, hubo diferencia significativa entre pastos (Cuadro 25), el uso de Mycoral®, resultando mayor al usarlo (M.O.= 3.97%) que sin usarlo (M.O.= 3.80%), debido al efecto simbiótico de las micorrizas con las raíces, promoviendo un mayor desarrollo de ambas. Existió diferencias entre las interacciones pasto x Mycoral® (Cuadro 8), pasto x fósforo (Cuadro 9) e interacción pasto x Mycoral® x fósforo (Cuadro 10).

Cuadro 8. Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x Mycoral®).

Pasto	Mycoral®	%*
MG4	CON	4.40 a
Tanzania	SIN	4.30 a
Marandú	CON	3.92 b
Tanzania	CON	3.85 b

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 9. Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	%*
MG4	SIN	4.30 a
Tanzania	SIN	4.14 b
Tanzania	CON	4.01 bc
MG4	CON	3.93 c

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 10. Porcentaje de M.O. en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	%*
MG4	CON	CON	4.46
Tanzania	SIN	CON	4.39
MG4	CON	SIN	4.33
MG4	SIN	SIN	4.27

* No existió diferencia significativa entre los valores obtenidos.

4.3.3 Nitrógeno total

Existió diferencia en N_{total} entre pastos (Cuadro 25), el uso (0.19%) o no (0.18%) de Mycoral[®], obteniendo niveles más altos cuando no se utiliza, siendo lo contrario en el uso (0.18%) o no (0.19%) de fósforo y la interacción entre ellos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de Nitrógeno total del suelo (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	%*
MG4	CON	CON	0.22
MG4	CON	SIN	0.21
MG4	SIN	SIN	0.21
Tanzania	SIN	CON	0.21

* No existió diferencia significativa entre los valores obtenidos.

4.3.4 Fósforo

Se encontraron diferencias significativas entre los pastos (Cuadro 25), el uso o no de Mycoral[®], obteniéndose mayores concentraciones de P en el suelo al no usar Mycoral[®] (273 ppm) que al usar (247 ppm). Afirmando que el Mycoral[®] promueve una mayor absorción de fósforo por la planta. Existieron diferencias entre las interacciones de pasto x Mycoral[®] (Cuadro 12), pasto x fósforo (Cuadro 13) e interacción entre pasto x Mycoral[®] x fósforo (Cuadro 14).

Cuadro 12. Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®]).

Pasto	Mycoral [®]	ppm *
Marandú	SIN	314 a
Marandú	CON	300 b
Tanzania	SIN	294 b
MG4	SIN	276 c

* Valores con la misma letra son iguales (P > 0.1).

Cuadro 13. Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	ppm *
Marandú	SIN	321.5 a
Marandú	CON	292.5 b
Tanzania	SIN	285.5 b
Tobiatá	CON	282.5 c

* Valores con la misma letra son iguales (P > 0.1).

Cuadro 14. Concentración de fósforo en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	ppm *
Marandú	CON	SIN	380a
Marandú	SIN	CON	365b
MG4	SIN	SIN	365b
Tobiatá	CON	CON	309d

* Valores con la misma letra son iguales (P > 0.1).

4.3.5 Potasio

Existió diferencia significativa entre los pastos (Cuadro 25), el uso (138.88 ppm) o no (130.88 ppm) de Mycoral[®], obteniendo mayor concentración de K al no utilizarlo. El no utilizar fósforo (140.13 ppm) resultó una mayor concentración de K que al no utilizarlo (129.63 ppm). Pudiéndose deber a que hay un efecto sinérgico entre la cantidad de fósforo en el suelo y la absorción de K por la planta. Resultó significativo la interacción pasto x Mycoral[®] (Cuadro 15), pasto x fósforo (Cuadro 16) e interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo (Cuadro 17).

Cuadro 15. Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®]).

Pasto	Mycoral [®]	ppm *
MG4	SIN	163.0a
Tanzania	SIN	158.5a
MG4	CON	155.0a
Marandú	CON	146.0b

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 16. Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	ppm *
MG4	SIN	175.5a
TAN	SIN	152.5b
MAR	CON	147c
MG4	CON	142.5c

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 17. Concentración de potasio en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	ppm *
MG4	SIN	SIN	222
Tanzania	SIN	SIN	190
MG4	CON	CON	181
Marandú	CON	CON	171

* No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.1$).

4.3.6 Calcio

Se encontró diferencias significativas entre los pastos (Cuadro 25), el uso o no de Mycoral[®], obteniéndose mayores resultados usando Mycoral[®] (1253 ppm) que al no usarlo (1176 ppm). Al no usar fósforo (1236 ppm) resultó mayor la concentración de Ca que al usar fósforo (1192 ppm). Existiendo un efecto sinérgico entre el Ca y fertilización con P, ya que al utilizar P la planta absorbe mayores cantidades de Ca. Existió diferencia entre las interacciones pasto x Mycoral[®] (Cuadro 18), pasto x fósforo (Cuadro 19) y pasto x Mycoral[®] x fósforo (Cuadro 20).

Cuadro 18. Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x Mycoral®).

Pasto	Mycoral®	ppm *
TAN	SIN	1552.0A
MAR	CON	1342.5B
MG4	CON	1275.0C
TOB	CON	1245.0C

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 19. Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	ppm *
Tanzania	SIN	1406A
Marandú	SIN	1308.5B
Tanzania	CON	1293.5B
MG4	SIN	1278.5B

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 20. Concentración de calcio en el suelo (interacción pasto x Mycoral® x fósforo).

Pasto	Mycoral®	Fósforo	ppm *
Tanzania	SIN	CON	1642 a
Marandú	CON	SIN	1515 b
Tanzania	SIN	SIN	1462 bc
Tobiatá	CON	CON	1455 c

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

4.3.7 Magnesio

Se encontró diferencia significativa en la concentración de Mg entre pastos (Cuadro 25), el uso o no de Mycoral®, siendo el uso de Mycoral® mayor (87 ppm) que sin este (79 ppm). Existió diferencia en las interacciones de pasto x Mycoral® (Cuadro 21), pasto x fósforo (Cuadro 22), Mycoral® x fósforo (Cuadro 23) y la interacción de pasto x Mycoral® x fósforo (Cuadro 24).

Cuadro 21. Concentración de magnesio en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®]).

Pasto	Mycoral [®]	ppm *
Tanzania	SIN	101.0 a
Tobiatá	CON	97.5 b
Marandú	CON	89.5 c
MG4	CON	82.5 d

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 22. Concentración de magnesio en el suelo (interacción pasto x fósforo).

Pasto	Fósforo	ppm *
TOB	CON	93.5a
TAN	SIN	90.0b
TAN	CON	89.5b
MG4	SIN	86.0c

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 23. Concentración de magnesio en el suelo (interacción Mycoral[®] x fósforo).

Mycoral [®]	Fósforo	ppm *
CON	CON	89.75a
CON	SIN	84.25b
SIN	SIN	80.5c
SIN	CON	76.5d

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 24. Concentración de Magnesio en el suelo (interacción pasto x Mycoral[®] x fósforo).

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	ppm *
Tanzania	SIN	SIN	105 a
Tobiatá	CON	CON	105 a
Marandú	CON	SIN	97 b
MG4	SIN	SIN	97 b

* Valores con la misma letra son iguales ($P > 0.1$).

Cuadro 25. pH y niveles de M.O., N_{total}, P, K, Ca, y Mg en el suelo (entre pastos).*

Pasto	pH	%				ppm	
		M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg
Tobiatá	5.30c	3.64b	0.18b	221 d	116.75d	1094.00d	84b
Tanzania	5.60a	4.08a	0.20a	269 b	129.50c	1350.00a	90a
Marandú	5.50b	3.70b	0.18b	307 a	134.25b	1189.00c	775d
MG4	5.50b	4.11a	0.20a	241 c	159.00a	1224.25b	81c

* Valores dentro de cada columna con misma letra son iguales (P > 0.1).

4.3.8 Correlación

En el análisis de correlación entre el pH, MO, N, P, K, Ca, y Mg en el suelo la mayoría de las interacciones fueron positivas. Las correlaciones entre P con MO y N_{total} no resultaron significativas (Tabla 2).

Tabla 2. Correlación entre pH, MO, N_{Total}, P, K, Ca, y Mg en análisis de suelo.

	pH	MO	N _{Total}	P	K	Ca	Mg
pH	1.00	-	-	-	-	-	-
MO	-	1.00	+	+	+	+	+
N _{Total}	-	+	1.00	+	+	+	+
P	-	+	+	1.00	+	+	+
K	-	+	+	+	1.00	+	+
Ca	-	+	+	+	+	1.00	+
Mg	-	+	+	+	+	+	1.00
+	Correlación positiva.						
-	Correlación negativa.						
	La correlación no fue significativa con P > 0.1.						

4.4 BIOMASA EN LOS TRATAMIENTOS

El pasto con mayor rendimiento en M.S. fue el Tobiatá al usarlo con Mycoral[®] y fósforo, con 2632.47 kg de M.S./ha/corte (Cuadro 26). Esto resultó por una infección efectiva del Mycoral[®] promoviendo una mayor producción de biomasa. La cual fue aumentada por la fertilización con fósforo.

Cuadro 26. Rendimiento de materia seca promedio.

Pasto	Parcela		kg M.S./ha/corte *
	Mycoral [®]	Fósforo	
Tobiatá	CON	CON	2632.47 a
Tanzania	CON	CON	2480.65 ab
Tobiatá	CON	SIN	2339.80 abc
Tanzania	CON	SIN	2316.35 abc
MG4	CON	CON	2241.78 abcd
MG4	CON	SIN	2202.84 abcd
Tobiatá	SIN	CON	2185.39 abcd
Tanzania	SIN	CON	2174.15 abcde
Tobiatá	SIN	SIN	2128.79 abcde
Tanzania	SIN	SIN	2029.27 bcdef
Marandú	CON	SIN	1796.61 cdefg
MG4	SIN	SIN	1722.50 defg
MG4	SIN	CON	1712.47 defg
Marandú	SIN	CON	1614.64 efg
Marandú	CON	CON	1556.25 fg
Marandú	SIN	SIN	1433.35 g

* Valores con la misma letra son significativamente iguales con una $P > 0.1$.

4.4.1 Con Mycoral[®] versus sin Mycoral[®]

Comparando los pastos según el uso de Mycoral[®], en promedio rindieron más los pastos sembrados con éste (2195.84 kg de M.S./ha/corte) que los que no (1875.07 kg). Según Reyes (2001) la utilización de Mycoral[®] aumenta crecimiento foliar y radical, mejora la absorción de fósforo y otros nutrientes y aumenta producción de hormonas estimulantes del crecimiento. Como se observó en este experimento al usar Mycoral[®].

4.4.2 Con fósforo versus sin fósforo

Los pastos que se fertilizaron con fósforo obtuvieron mayor rendimiento (2074.72 kg de M.S./ha/corte) que los que no se fertilizaron con fósforo (1996.19 kg). Al fertilizar con fósforo, se logra aumentar el efecto del Mycoral[®], produciendo mayor biomasa, en caso de existir una alta infección de Mycoral[®] como se observó en el experimento.

4.5 COSTOS Y RETORNOS POR TRATAMIENTO

La alternativa con un mayor ingreso y mayor retorno es sembrar el Tobiatá utilizando Mycoral[®] y fósforo (Cuadro 27). Este presentó los rendimientos más altos en biomasa expresado en M.S. La práctica complementaria de utilizar Mycoral[®] y fósforo retornó 529 USD, teniendo un costo de 890 USD y un ingreso de 1479 USD.

Entre los diferentes tratamientos con el Tanzania, la alternativa con un mayor retorno fue utilizar Mycoral[®] y fósforo en el establecimiento, de igual manera para el Mg4. En Marandú la alternativa de mayor retorno fue utilizar Mycoral[®] sin el fósforo inicial, lo que nos dice que esta gramínea responde muy bien a la fertilización fosforada.

Cuadro 27. Resultados económicos de los diferentes tratamientos.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$		
			Ingreso	Costo total	Retorno
Tobiatá	CON	CON	1,419.71	890.00	529.71
Tobiatá	CON	SIN	1,261.76	884.62	377.14
Tobiatá	SIN	CON	1,178.59	882.96	295.63
Tobiatá	SIN	SIN	1,148.18	877.59	270.59
Tanzania	CON	CON	1,338.09	890.00	448.09
Tanzania	CON	SIN	1,249.34	884.62	364.72
Tanzania	SIN	CON	1,172.69	882.96	289.73
Tanzania	SIN	SIN	1,094.49	877.59	216.90
Mg4	CON	CON	1,209.00	890.81	318.19
Mg4	CON	SIN	1,187.90	885.43	302.47
Mg4	SIN	CON	923.51	884.77	38.74
Mg4	SIN	SIN	929.09	878.39	50.70
Marandú	CON	CON	893.41	890.81	2.60
Marandú	CON	SIN	969.12	885.43	83.69
Marandú	SIN	CON	870.75	884.77	-14.02
Marandú	SIN	SIN	773.00	878.39	-105.39

4.6 DOMINANCIA

En el análisis de dominancia total (todos los tratamientos) (Cuadro 28) las alternativas que pasan al siguiente análisis (tasa de retorno marginal, TRM) son el Tobiatá con Mycoral[®] y con fósforo, el Tobiatá con Mycoral[®] y sin fósforo, Tobiatá sin Mycoral[®] con fósforo y el Tobiatá sin Mycoral[®] y sin fósforo. Los demás tratamientos presentaron costos mayores y menor retorno, fueron dominadas (D), lo que no las hace elegible para un siguiente análisis.

Cuadro 28. Análisis de dominancia en cuatro pastos y dos niveles de Mycoral[®] y fósforo en una hectárea.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$			Dominancia*
			Ingreso	Costo total	Retorno	
Tobiatá	CON	CON	1,419.71	890.00	529.71	
Tanzania	CON	CON	1,338.09	890.00	448.09	D
Tobiatá	CON	SIN	1,261.76	884.62	377.14	
Tanzania	CON	SIN	1,249.34	884.62	364.72	D
Mg4	CON	CON	1,209.00	890.81	318.19	D
Mg4	CON	SIN	1,187.90	885.43	302.47	D
Tobiatá	SIN	CON	1,178.59	882.96	295.63	
Tanzania	SIN	CON	1,172.69	882.96	289.73	D
Tobiatá	SIN	SIN	1,148.18	877.59	270.59	
Tanzania	SIN	SIN	1,094.49	877.59	216.90	D
Marandú	CON	SIN	969.12	885.43	83.69	D
Mg4	SIN	SIN	929.09	878.39	50.70	D
Mg4	SIN	CON	923.51	884.77	38.74	D
Marandú	CON	CON	893.41	890.81	2.60	D
Marandú	SIN	CON	870.75	884.77	-14.02	D
Marandú	SIN	SIN	773.00	878.39	-105.39	D

* D= Dominadas.

El análisis de dominancia en el Tobiatá (Cuadro 29) y en el Tanzania (Cuadro 30) no mostraron dominancia, cualquier de las alternativas analizadas es de un costo y retorno menor que la anterior, siendo razonable la utilización de cualquiera de estas alternativas bajo ciertas restricciones presupuestarias.

Cuadro 29. Análisis de dominancia en una hectárea del Tobiatá con dos niveles de Mycoral[®] y fertilización.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$			Dominancia
			Ingreso	Costo total	Retorno	
Tobiatá	CON	CON	1,419.71	890.00	529.71	
Tobiatá	CON	SIN	1,261.76	884.62	377.14	
Tobiatá	SIN	CON	1,178.59	882.96	295.63	
Tobiatá	SIN	SIN	1,148.18	877.59	270.59	

Cuadro 30. Análisis de dominancia en una hectárea del Tanzania con dos niveles de Mycoral[®] y fertilización.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$			Dominancia
			Ingreso	Costo total	Retorno	
Tanzania	CON	CON	1,338.09	890.00	448.09	
Tanzania	CON	SIN	1,249.34	884.62	364.72	
Tanzania	SIN	CON	1,172.69	882.96	289.73	
Tanzania	SIN	SIN	1,094.49	877.59	216.90	

La única alternativa que lógicamente se usaría es la de Marandú con Mycoral[®] y sin fósforo (Cuadro 31), las otras son dominadas, las que no se usarían en producción por tener un mayor costo y menores retornos, incluso retornos negativos, por lo que para el Marandú no se realizó un análisis marginal.

Cuadro 31. Análisis de dominancia en una hectárea del Marandú con dos niveles de Mycoral[®] y fertilización.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$			Dominancia*
			Ingreso	Costo total	Retorno	
Marandú	CON	SIN	969.12	885.43	83.69	
Marandú	CON	CON	893.41	890.81	2.60	D
Marandú	SIN	CON	870.75	884.77	-14.02	D
Marandú	SIN	SIN	773.00	878.39	-105.39	D

* D= Dominadas.

Para el Mg4 existe una alternativa dominada, con Mycoral[®] y con fósforo (Cuadro 32). La utilización de fósforo y sin Mycoral[®] no representó un beneficio o retorno adicional en este pasto, pudiendo deberse a la poca sensibilidad a la fertilización fosforada.

Cuadro 32. Análisis de dominancia en una hectárea del MG4 con dos niveles de Mycoral[®] y fertilización.

Pasto	Mycoral [®]	Fósforo	\$			Dominancia*
			Ingreso	Costo total	Retorno	
Mg4	CON	CON	1,209.00	890.81	318.19	
Mg4	CON	SIN	1,187.90	885.43	302.47	
Mg4	SIN	SIN	929.09	878.39	50.70	
Mg4	SIN	CON	923.51	884.77	38.74	D

* D= Dominadas.

4.7 TASA DE RETORNO MARGINAL

Las diferentes TRM en el Tobiata indican el aumento en beneficio por cada dólar adicional de costo. La mayor TRM en Tobiata fue de pasar de Tobiata sin Mycoral® y sin fósforo a Tobiata con Mycoral® con fósforo que tiene una TRM de 4910% (Cuadro 33), que demuestra que por un dólar invertido en cambiar de tecnología obtendremos 49.1 USD por ha/año. Pasando de cualquier tecnología a Tobiata con Mycoral® con fósforo se obtuvo TRM mayores de 2.000%.

Cuadro 33. Análisis Marginal del Tobiata.

+ B	+C						
TRM	TRM	Tobiata con M con P		Tobiata con M sin P		Tobiata sin M con P	
%+B	%+C	529.7	890.0	377.1	884.6	295.6	881.0
		259.1	12.4	106.6	7.0	25.0	612.4
Tobiata sin M sin P	2088%				1516%		4%
270.6	877.59	95.8	1.4	39.4	0.8	9.3	325.8
		234.1	7.0	81.5	1.7		
Tobiata sin M con P	3325%				4910%		
295.6	882.96	79.2	0.8	27.6	0.2		
		152.6	5.4				
Tobiata con M sin P	2836%						
377.1	884.62	40.5	0.6				

En el análisis marginal del Tanzania (Cuadro 34) la mayor TRM es de pasar del Tanzania sin Mycoral® con fósforo al Tanzania con Mycoral® con fósforo. Cada dólar invertido en este cambio será más productivo que en los otros cambios de tecnologías.

La menor TRM (11%) resultó en pasar Tanzania sin Mycoral® sin fósforo a Tanzania sin Mycoral® con fósforo.

Cuadro 34. Análisis Marginal del Tanzania.

+ B	+C						
TRM		Tanzania con M con P		Tanzania con M sin P		Tanzania sin M con P	
%+B	%+C	448.09	890.00	364.72	884.62	289.73	882.96
		231.19	12.41	147.82	7.03	72.83	5.37
Tanzania sin M sin P		1863%		2103%		1356%	
216.90	877.59	106.59	1.41	68.15	0.80	33.58	0.61
		158.36	7.04	74.99	1.66		
Tanzania sin M con P		2249%		4517%			
289.73	882.96	54.66	0.80	25.88	0.19		
		83.37	5.38				
Tanzania con M sin P		1550%					
364.72	884.62	22.86	0.61				

La mayor TRM del análisis marginal del Mg4 (Cuadro 35) fue pasar del MG4 sin Mycoral® y sin fósforo al MG4 con Mycoral® sin fósforo. Que confirma el análisis de dominancia, donde el MG4 no responde bien a la fertilización fosforada. La TRM es tan alta debido a que los costos son muy bajos, especialmente el de las Mycoral® (Anexo 7) y una alta productividad de la utilización de las mismas.

Cuadro 35. Análisis Marginal del MG4.

+ B	+C				
TRM		MG4 con M con p		Mg4 con M sin P	
%+B	%+C	318.19	890.81	302.47	885.43
		267.49	12.42	251.77	7.04
MG4 sin M sin P		2154%		3576%	
50.70	878.39	527.59	1.41	496.59	0.80
		15.72	5.38		
MG4 con M sin P		292%			
302.47	885.43	5.20	0.61		

5. CONCLUSIONES

El *Panicum maximum* (cultivar (cv) Tobiata) obtuvo los rendimientos más altos de follaje y el *Brachiaria brizantha* (cv Marandú) los más bajos.

Panicum maximum (cultivar (cv) Tobiata) obtuvo la mayor cantidad de nutrientes en el follaje. El *Panicum maximum* cv Tobiata también resultó favorable.

El *Brachiaria brizantha* cv MG4 fue el pasto que obtuvo los resultados más altos en el análisis de conteo de esporas y tinción de raíces.

El uso de Mycoral[®] tuvo una relación moderada en los nutrientes en el suelo y follaje y una relación alta en la producción de biomasa.

La fertilización de fósforo, resultó significativa en 44.4% de los análisis foliares y esto favoreció el uso de este fertilizante en el 25%.

No fue muy efectiva la interacción pastos x Mycoral[®] x fósforo ya que solo se encontró diferencia significativa en un 36.84% de los análisis totales hechos.

El tratamiento con mayor retorno (529.71 USD) fue el Tobiata con Mycoral[®] y fósforo, que tiene una TRM de 2,088% de Tobiata sin Mycoral[®] y sin fósforo a Tobiata con Mycoral[®] y fósforo.

6. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se debería de usar suelos deficientes en fósforo, para poder obtener mejores resultados en cuanto el uso de Mycoral[®] y la fertilización de fósforo.

Fertilizar con fósforo después de que la infección de las micorrizas en las raíces se haya establecido

El área de investigación debería ser más grande.

Hacer todos los análisis cada corte y aumentar el número de cortes realizados y analizados.

Se debería de recopilar datos en la época seca y de lluvia.

El análisis económico puede ser realizado en base al consumo voluntario de los pastos y su retorno en producto animal.

Se debe realizar un estudio con mayor número de repeticiones analizando solamente los pastos que dieron mejores resultados en condiciones de Zamorano, Tobiata y Tanzania (ambos cv de *Panicum maximum*).

Medir rendimientos de pastos en desempeño animal.

7. LITERATURA CITADA

Agrios, G. 1989. Fitopatología. Micorrizas y crecimiento de las plantas. Universidad de Massachussets. EEUU. Editorial Limusa. México D F. 475 – 477 p.

Bolaños, F. 1992. Pasto Guinea, *Panicum maximum*. Manual Agrícola. Guatemala, Guatemala. Productos Superb Agrícola, S. A. Guatemala.

Chavarría, M. 1997. Mycorrhiza: Uso de las Mycorrhizas en la Agricultura. Capítulo 4. Agro Pro. San José, Costa Rica.

Havar, B. 1989. Las plantas forrajeras tropicales. Barcelona, España. Editorial Blume 96 – 99 p.

Mc Lean, E. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Second ed. Madison, Wisconsin. U.S.A.

Reyes, B. 2001. MYCORAL[®]. Biofertilizante que favorece el desarrollo de las plantas. Programa de Biotecnología Aplicada. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

Santillán, R. 2000. Principales gramíneas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

SAS (SAS Institute Inc, US). 1994. SAS[®] User's Guide Statistics. Version 6.12 Edition. SAS Institute Inc, Cary, NC.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation, República Federal de Alemania, Eschborn. [Engl. rev. by Kathryn Mulhern]. GTZ. 371 p.