

Efecto del Mycoral[®] en interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en producción de caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras

Carlos Armando Morales Rivera

HONDURAS
2005

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Efecto del Mycoral[®] en interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en producción de caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras

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

Presentado por

Carlos Armando Morales Rivera

**Honduras
2005**

El autor concede 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.

Carlos Armando Morales Rivera

Honduras
2005

Efecto del Mycoral[®] en interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en producción de caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras

Presentado por:

Carlos Armando Morales Rivera

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.
Asesor principal.

Abelino Pitty, Ph. D.
Coordinador del área temática.

Isidro Matamoros, Ph. D.
Asesor.

Abelino Pitty, Ph. D.
Director interino de la Carrera
de Ciencia y Producción
Agropecuaria.

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico.

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector.

DEDICATORIA

A Dios y a mi Virgencita Del Carmen

A mis padres, hermanos y a mi bisabuela (QDDG) Mariana De Jesús Elvir Turcios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Del Carmen, por permitirme estudiar en Zamorano y apoyarme en todo momento.

A mis Padres Brenda Maritza Rivera de Morales y Jorge Alberto Morales por hacerme poner siempre los pies en la tierra y su apoyo para lograr alcanzar esta meta.

Gracias a mis hermanos Jorge, Max y Brenda por siempre apoyarme.

Gracias a Sara Andrea Moran por apoyarme en todo momento.

A mis amigos Walter, Jorge, Gerardo, Allan, Moises y Ricardo.

Al Dr. Abel Gernat, Dr. Isidro Matamoros y Dr. Pablo Emilio Paz por su ayuda incondicional.

Al Dr. Carlos Gauggel y a Doña Gloria de Gauggel por su apoyo y paciencia

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mi padre por financiarme mis estudios

A Food of Progress IV por brindarme su apoyo financiero para lograr egresar de Zamorano.

A la secretaria de Agricultura y ganadería de Honduras (SAG) por brindarme su ayuda económica durante mis cuatro años de estudio en Zamorano.

A la Compañía Azucarera Tres Valles por el apoyo en todo el transcurso de mi proyecto de graduación y mi estadía en sus instalaciones.

RESUMEN

Morales, C, 2005. Efecto del Mycoral[®] en interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en producción de caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras. Proyecto del programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano. Honduras. 30 p.

La problemática actual del cultivo de caña de azúcar a nivel centroamericano recae sobre los niveles de productividad por hectárea, lo cual se atribuye a problemas de asimilación de nutrientes, problemas de índole fitopatológicos y de salud de suelos. La necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los nutrientes impulsó la idea del uso de los hongos micorrizógenos arbusculares para reducir costos de producción. Teniendo como primera opción el uso de Mycoral[®], un producto que contiene microorganismos (hongos) que se asocian a la raíz de una planta, a través del micelio externo y así, aumentan el área de absorción de las raíces, y protegen las raíces contra algunas enfermedades. En este estudio se evaluó el efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares disminuyendo los niveles de fertilización de nitrógeno y potasio para brindar un mejor medio de crecimiento al Mycoral[®] y reducir la fertilización con fósforo en la producción de caña de azúcar variedad NCo-310 en lote 19, finca Azacualpa, Compañía Azucarera Tres Valles. Con lo anterior se realizó un diseño factorial Mycoral[®] (presente o no) × Fósforo (presente o no) × Fertilización (media (N 110 kg/ha, P₂O₅ 22.5 kg/ha, K₂O 40 kg/ha) y alta (N 220 kg/ha, P₂O₅ 45 kg/ha, K₂O 80 kg/ha)) (2 × 2 × 2) con medidas repetidas en el tiempo, en el que se contó con ocho tratamientos y ocho repeticiones. Se realizó un análisis factorial separación de medias de tratamientos con el fin de determinar diferencias estadísticas significativas (P < 0.05). Al final del proyecto no se obtuvo respuesta del Mycoral[®] en crecimiento ni producción, mientras que si se obtuvo mayor infección de raíces y número de esporas de micorrizas, cuando se aplicó Mycoral[®]. Al no aplicar el fósforo mostró que favorecen la infección de raíces con micorrizas; en crecimiento se encontró que a nivel bajo de fósforo mayor altura de tallos, mayor número de entrenudos y mayor número de hojas, y en producción mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña. Con un nivel de fertilización media (N 110 kg/ha, P₂O₅ 22.5 kg/ha, K₂O 40 kg/ha) se obtuvo mayor número de esporas de micorrizas, mayor altura, número de entrenudos y número de hojas al momento de cosecha se obtuvo mayor altura de tallos. A su vez, se obtuvo una interacción entre fósforo y fertilización lo cual pudo deberse a desbalance catiónico en el suelo; al realizar la separación de medias por tratamiento en producción presenta dos tratamientos con la mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña de 147 kg de azúcar/ ton los que son tratamiento con Mycoral[®], y sin Mycoral[®] ambos sin fósforo y con fertilización media.

Palabras clave: Asocio benéfico, *Saccharum officinarum*.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

PORTADA.	i
PORTADILLA.	ii
AUTORÍA.	iii
HOJA DE FIRMAS.	iv
DEDICATORIA.	v
AGRADECIMIENTOS.	i
AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES.	i
RESUMEN.	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.	iii
ÍNDICE DE CUADROS.	v
ÍNDICE DE ANEXOS.	vii
1. INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVOS.	2
2. MATERIALES Y MÉTODOS.	3
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.	3
2.2 MATERIALES.	3
Variedad.	3
Mycoral®.	3
Fertilización.	3
Cachaza.	3
Laboratorio de suelos de Zamorano.	3
Laboratorio de biotecnología de Zamorano.	3
2.3 MÉTODOS.	3
2.3.1 Caracterización de los suelos.	3
2.3.3 Análisis de la cachaza.	5
2.3.4 Preparación de suelos utilizados en el proyecto.	5
2.3.5 plantación.	5
2.3.6 Fertilización.	6
2.3.7 Riego.	7
2.3.8 Sanidad vegetal.	7
2.3.9 Aplicación de inhibidores de floración.	7
2.4 VARIABLES EVALUADAS.	7
2.4.1 Agronómicas.	7
2.4.2 Produccion y rendimiento.	7
2.4.3 Análisis foliar.	8
2.4.4 Biodisponibilidad de nutrientes.	8

2.5 TRATAMIENTOS.	8
2.6 DISEÑO ESTADISTICO.	9
2.7 ANÁLISIS ESTADISTICO.	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	10
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.	10
3.1.1 Caracterización física.	10
3.1.2 Caracterización química.	10
3.2 ANÁLISIS FOLIARES.	10
3.4 CACHAZA.	13
3.5 VARIABLES AGRONOMICAS.	14
3.5.1 Crecimiento.	14
3.6 INFECCIÓN DE MICORRIZAS.	19
3.6.1 Efecto en infección raíces y No. de esporas de micorrizas en el noveno mes del cultivo.	19
Infección de raíces.	19
Número de esporas.	19
3.8 VARIABLES DE PRODUCCIÓN.	20
3.8.1 Efecto de los factores en las variables de producción.	20
3.8.2 Efecto en interacciones simples.	20
3.8.3 Efecto de los tratamientos en las variables de producción.	21
4. CONCLUSIONES.	25
5. RECOMENDACIONES.	26
6. BIBLIOGRAFÍA.	27
7. ANEXOS.	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición del corrector de clorofila aplicado.....	6
2. Tratamientos y niveles de fertilización en kg / ha / ciclo.	8
3. Descripción de las calicatas realizadas en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.....	11
4. Análisis químicos promedio a dos profundidades e interpretación de los resultados (preplantación) en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.....	12
5. Análisis foliares por tratamiento al séptimo mes en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.....	12
6. Interpretación de los análisis foliares en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	12
7. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	13
8. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.	16
9. Efecto de la aplicación de aplicación de fósforo en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.....	16
10. Efecto de dos niveles de fertilización en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.	16
11. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en el número de tallos y hojas al cuarto mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	17
12. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en el número de tallos y hojas al sexto mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	17
13. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en las variables agronómicas al séptimo mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	18
14. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en las variables agronómicas en el noveno mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.....	18
15. Efecto de la aplicación de Mycoral [®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en infección de raíces y número de esporas de micorrizas, en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	20

16. Efecto del Mycoral [®] en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	22
17. Efecto de dos niveles de fertilización en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	22
18. Efecto de la aplicación de fósforo en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	22
19. Efecto de la interacción de niveles de fertilización y de fósforo en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	23
20. Producción de caña y de azúcar por tratamiento en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.	23
21. Producción de azúcar por hectárea.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Plano de la finca Azacualpa alto Compañía Azucarera Tres Valles: Ubicación del proyecto Lote 19	28
2. Ubicación del proyecto dentro del lote.....	29
3. Ubicación aproximada de las calicatas dentro del lote.....	29
4. Análisis de químicos de los suelos realizados en presiembra en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.....	30
5. Capacidad de intercambio catiónico y relaciones catiónicas promedio en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.....	30

1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es una gramínea tropical, emparentada con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. Los carbohidratos se hayan presentes en forma insoluble en agua (la fibra) y soluble (sacarosa, glucosa, fructuosa). Los contenidos de cenizas y lípidos varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos y muchos más que interactúan entre si (CENICANA 2003).

La problemática actual del cultivo a nivel centroamericano recae sobre los niveles bajos de productividad por hectárea, lo cual se atribuye a problemas de asimilación de nutrientes, problemas de índole fitopatológicos y de salud de suelos.

En la actualidad se utilizan muchos tipos de fertilizantes que proporciona el comercio. Como alternativa a los fertilizantes comerciales, se presentan opciones tales como son los socios de las plantas con microorganismos los cuales se benefician obteniendo cada uno algo a cambio en un socio benéfico, un ejemplo claro de esto son las micorrizas.

Las micorrizas son microorganismos (hongos) que se asocian a la raíz de una planta, extendiendo su micelio fuera de ella. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes a la planta y protege las raíces contra enfermedades, dándole más resistencia. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis. La mayoría de las familias de plantas superiores de la Tierra se asocian con micorrizas. La cantidad de fósforo absorbido por las plantas, puede ser incrementada al establecerse micorrizas (López y Flores 1979). Estos hongos, aumentan el área de absorción de las raíces, favoreciendo principalmente la absorción de fósforo y agua por las plantas. La necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales y el auge en la implantación de tecnologías cada vez más respetuosas del ecosistema, han dado nueva vida e impulso notable a la idea del uso de los hongos micorrizógenos arbusculares (Ruiz *et al* 2002). Pocos estudios sobre micorrización en caña de azúcar han sido realizados, principalmente en virtud de su baja dependencia micotrófica (Siqueira y Franco 1988).

Las plantas micorrizadas presentan así una mayor tolerancia ante la sequía, altas temperaturas, metales pesados, salinidad, toxinas y acidez del suelo. Se han encontrado además otros tipos de socios los cuales proporcionan defensa a la raíz de enfermedades y parásitos (Mayea 1989).

Los principales campos de acción de la micorriza han sido Nutrición Vegetal y Protección Vegetal. Siempre la asociación planta-hongo tiene que adaptarse a las nuevas condiciones para su supervivencia. Dicho científicamente: La asociación tuvo que desarrollarse mediante programas genéticos adecuados para sobrevivir. Claro está que la sociedad planta-hongo que no logró adaptarse genéticamente ha sido eliminada por lo que ha existido la selección natural de los mejores adaptados. Con la mera presencia de micorriza en el suelo sin haber colonizado la raíz, se beneficia a la planta. También aproximadamente el 75% de la biomasa de los microorganismos en el suelo corresponde a micorrizas (Raddatz 2003).

El empleo de micorrizas genera los siguientes beneficios: Formación de una microflora del suelo y un rápido restablecimiento del equilibrio ecológico natural, un mayor y más rápido crecimiento de las plantas, rápida generación de una cubierta vegetal, formación de una mayor masa de raíces, mejor enraizamiento en el sustrato o material de cubierta (se requieren menores capas de sustrato en coberturas nuevas), reducción considerable de la erosión del suelo (minimiza la pérdida de suelo por efecto del viento), movilización de sustancias nutritivas que de otra forma no estarían disponibles para las plantas (ahorro de fertilizantes), mejor tolerancia de estrés ante la falta de agua mediante una mejor utilización de la humedad del suelo, mejor capacidad de resistencia frente a organismos patógenos y condiciones de estrés ambiental (contaminación con metales pesados, hidrocarburos y suelos ácidos) (Raddatz 2003).

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto de las micorrizas seleccionadas Mycoral[®] en interacción con dos niveles de fertilización y aplicación o no de fósforo durante la siembra, en la producción de caña de azúcar; como objetivos específicos se tuvieron:

Evaluar el efecto de micorrizas seleccionadas Mycoral[®] en la asimilación de nutrientes en el primer año productivo de la caña de azúcar.

Identificar el efecto de aplicación de fósforo en presencia de micorriza seleccionada Mycoral[®] en la caña de azúcar.

Evaluar el efecto en la aplicación de Mycoral[®] en la calidad y cantidad de la producción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

El experimento se llevó a cabo en el lote 19 de la finca Azacualpa de la Compañía Azucarera Tres Valles (Anexo 1 y 2). El proyecto se localiza en la cuarta terraza alta del río Choluteca en el valle de Cantarranas, departamento de Francisco Morazán a 72 km de Tegucigalpa, Honduras, Centro América. La precipitación promedio anual es de 925 mm distribuida la mayor parte en los meses de junio a octubre, está a una altitud de 630 msnm y temperatura media anual de 27 °C ^φ.

2.2 MATERIALES

Variedad: NCo-310 es un material bastante propenso a la enfermedad del carbón (*Ustilago scitaminea*), pero es muy rústico y con muy buenos rendimientos. Representa entre un tres a cuatro por ciento de la siembra de la Compañía Azucarera Tres Valles.

Mycoral[®]: biofertilizante que contiene micorrizas seleccionadas de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Entrophospora*.

Fertilización: las fuentes de fertilizante fueron 18 – 46 – 0 (DAP), 0-0-60 (KCl) y 21-0-0 (sulfato de amonio).

Cachaza: una dosis de 20 toneladas por hectárea

Laboratorio de suelos de Zamorano

Laboratorio de biotecnología de Zamorano

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Caracterización de los suelos

Caracterización física de los suelos

En el área donde se realizó el experimento se hizo una descripción física y morfológica del suelo, mediante la apertura de tres calicatas antes de plantación del proyecto. La ubicación de las calicatas se muestra en el Anexo 3. En cada una se describió: Número de horizontes, profundidad, color, textura, estructura, consistencia, porosidad, resistencia a la penetración de raíces, distribución, cantidad de raíces, y límite entre horizontes.

^φ 1. Datos proporcionados por Compañía Azucarera Tres Valles.

Caracterización química de los suelos:

En las calicatas 1 y 2 se tomaron muestras de los primeros dos horizontes para analizar su composición química al inicio del experimento; además se hicieron dos barrenaciones, tomando dos muestras de suelos de cada una de ellas, correspondientes a los primeros dos horizontes. Las características analizadas en cada horizonte fueron pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc.

Los métodos utilizados fueron: reacción del suelo (pH), método 1:1, suelo-agua, materia orgánica por Walkley and Black, nitrógeno se estimó como el 5 % de la materia orgánica; calcio, magnesio, potasio, cobre, hierro y manganeso fueron extraídos por la solución Melich 3 y determinados por absorción atómica, el fósforo fue extraído con Melich 3 y determinado por colorimetría.

2.3.2 Análisis de infección y de número de esporas de micorrizas

Se realizó un análisis de porcentaje de infección de micorrizas nativa a las raíces que se encontraban en el suelo antes de la siembra, a una profundidad de 0 – 20 cm. Para ello se realizó un conteo del número de esporas en el volumen de una muestra compuesta obtenida de seis submuestras al azar. Para determinar porcentaje de infección de raíces se observó bajo el microscopio un conjunto de raicillas al que se atribuye un porcentaje de infección de acuerdo con la proporción que ocupan las estructuras de las micorrizas en las raíces observadas (laboratorio de biotecnología de Zamorano).

Para el análisis del número de esporas se hizo una extracción de las esporas del suelo que rodea a la raíz (rizosfera) por medio de un filtrado y centrifugado de la solución de suelo, para observar y contar las esporas con un estereoscopio (laboratorio de biotecnología de Zamorano).

En el séptimo mes de establecido el cultivo, se tomó una muestra por tratamiento y en el décimo mes una muestra por unidad experimental.

La muestra consistió en una fracción de la raíz de caña con el volumen de suelo que la rodea (rizosfera) a una profundidad entre 10 y 20 cm con un volumen entre 800 y 1000 g. Luego se procesó en el laboratorio de la Unidad de Biotecnología de Zamorano determinando las siguientes variables: porcentaje de infección de micorrizas en raíces y número de esporas en el volumen de suelo. El porcentaje de infección de micorrizas en raíces utilizando el método de tinción de raíces. Los rangos de interpretación del número de esporas de micorrizas e infección de raíces con micorrizas utilizados fueron: Alto (>30 esporas/ml; >30% infección de raíces) Medio (21-29 esporas/ml; >21-29% infección de raíces) y Bajo (\leq 20 esporas/ml; \leq 20% infección de raíces).

2.3.3 Análisis de la cachaza

La cachaza está considerada como el subproducto más importante de los ingenios azucareros, con algún valor como fertilizante, producida a una tasa de dos a tres toneladas húmedas, por cada cien toneladas de caña molida^φ. Es un material marrón oscuro, constituido por una mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides, fosfato de calcio y partículas de suelo.

El material utilizado pasó por un proceso de descomposición previo a su uso en el proyecto, se realizó análisis de densidad aparente, humedad y composición química determinando el contenido de nutrientes por el método de digestión húmeda con H₂SO₄ y H₂O₂ y expresado en porcentajes de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en base seca (Laboratorio de suelos Zamorano).

2.3.4 Preparación de suelos utilizados en el proyecto

Los suelos fueron preparados dando un pase inicial con subsolador parabólico en una dirección Suroeste-Noreste a una profundidad aproximada de 70 cm, el cual no tuvo el resultado esperado dado que se encontró después del pase una capa compacta (pie de arado) a una profundidad de 20 a 25 cm. Se realizó otro pase correctivo en 90° respecto al anterior con el mismo implemento. Posteriormente se pasó una rastra pesada seguido de una rastra liviana. Se marcó el terreno con una cultivadora para crear las hileras de siembra distanciadas a 1.5 m.

2.3.5 plantación

Raddatz, (2003^φ) sugiere que para mejorar la inoculación de Mycoral[®] y aislar e inhibir el efecto de micorrizas nativas, en caña es preferible colocar un aislante entre el Mycoral[®] y el suelo, por lo que se aplicó al fondo del surco cachaza descompuesta a razón de tres kilogramos por metro en un volumen de 12 litros por metro. Sobre este colchón de cachaza se aplicaron los tratamientos. El cultivo se considera sembrado cuando recibe el primer riego por lo cual la fecha de siembra fue 18 de marzo de 2004.

El Mycoral[®] se aplicó siguiendo la recomendación comercial a razón de 100 g por metro lineal en cada surco de siembra de caña de azúcar, sobre cachaza descompuesta, luego se colocó la semilla; el fertilizante se aplicó a un lado de la semilla para evitar daños por contacto directo, posteriormente se cubrió el material con suelo (Figura 1).

^φ 2. Datos proporcionados por Laboratorio de Control de calidad de Compañía Azucarera Tres Valles

^φ 3. Raddatz, 2003 referencia personal.



Figura 1. Forma de aplicación del Cachaza y Mycoral®

2.3.6 Fertilización

Se utilizó la recomendada por el laboratorio de suelos de Zamorano en el 2003 para esa área de: N-220, P₂O₅-45, K₂O-80 kg/ha. Para medir la cantidad de fertilizante se utilizó una balanza con la cual se obtuvo una medida o tara con la que se aplicaron los fertilizantes en la cantidad adecuada.

La primera aplicación se realizó en la siembra, se aplicó todo el fósforo (P) utilizando fosfato diamónico (DAP); con este fertilizante se cubrió además 18% del nitrógeno total. La segunda aplicación de nitrógeno y de potasio se realizó al segundo mes de siembra con 49% del nitrógeno con sulfato de amonio y 60% del potasio (K) como fuente con cloruro de potasio. La tercera aplicación se realizó a tercer mes de establecido el cultivo colocando el 33% del nitrógeno (N) y el 40% de potasio (K).

La densidad aparente de la cachaza fue de 0.25 g/ml y la dosis por hectárea fue de 20 toneladas, con un aporte de N 203 kg/ha, P 185.1 kg/ha, K 71.4 kg/ha, Ca 308.9 kg/ha y Mg 22.3 kg/ha.

Aplicación de micronutrientes: El corrector de clorofila se aplicó con el fin de corregir deficiencias nutricionales de micronutrientes en el cultivo, diluido en 500 litros de agua por hectárea al cuarto mes del cultivo. Su composición se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición del corrector de clorofila aplicado

Elemento	g/ha
Fe	922
Mg	63
Mn	170
Cu	158
Zn	145
B	69
K	174
N	2950
S	715

2.3.7 Riego

Se realizaron dos riegos de germinación y tres riegos de mantenimiento, con una duración de dos horas por turno y una lámina de 26.1 mm/hora. El total de riego fue de 261 mm durante el período seco (marzo a mayo del 2004).

2.3.8 Sanidad vegetal

El manejo sanitario consistió en el control de malezas en el cultivo, utilizando el programa establecido por la Compañía Azucarera Tres Valles. En lo que se utilizaron los siguientes productos.

Dorac[®], 2.85 litros por hectárea para control de hoja ancha en 500 litros de agua.

Prowl[®], 7.1 litros por hectárea para control de gramíneas en 500 litros de agua.

2-4 D, 7.1 litros por hectárea para control de hoja ancha en 500 litros de agua.

2.3.9 Aplicación de inhibidores de floración

Ethrel[®] (i.a. Ethepon): Se aplicó 1.4 litros por hectárea en 500 litros de agua. En caña de azúcar inhibe la floración el cultivo se absorbe por las hojas y actúa liberando etileno dentro de las células evitando la diferenciación del meristemo floral.

2.4 VARIABLES EVALUADAS

2.4.1 Agronómicas

Los muestreos se realizaron en el cuarto, sexto, séptimo y noveno mes de establecido el cultivo. La muestra consistió en evaluar los brotes en 1.5 metros cuadrados equivalente a un metro de siembra. Se tomó una muestra por cada parcela. En el cuarto y sexto mes se midió densidad de población y número de hojas por tallo. En el séptimo y noveno mes se tomaron densidad de población, altura por tallo con entrenudos ya formados, número de hojas por tallo, número de entrenudos formados por tallo, longitud y diámetro de los entrenudos inferior, medio y superior. El diámetro del entrenudo se tomó en centro del entrenudo.

2.4.2 Produccion y rendimiento

Se realizaron al noveno y doceavo (Cosecha) mes de establecido el cultivo. En el noveno mes se tomó una muestra de ocho tallos por tratamiento (muestra aleatoria), en el doceavo mes se extrajeron todos los tallos en seis metros cuadrados y se tomó número y peso de los mismos por cada unidad experimental.

Las cañas se cortaron a nivel de suelo eliminando las hojas y el cogollo. La muestra se trasladó al laboratorio de control de calidad de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV), donde se midieron: humedad, fibra, Brix, Pol, pureza, azúcares reductores (Expresados en porcentaje) y azúcar por tonelada de caña de azúcar. Se siguió la metodología descrita en el manual de procedimientos del laboratorio de Control de Calidad de CATV.

2.4.3 Análisis foliar

En el séptimo mes de establecido el cultivo se tomó una muestra compuesta de 16 hojas/muestra, según recomendación de la Unidad de Suelos de Zamorano. Se tomó como muestra la tercera o cuarta hoja a partir del crecimiento apical (la hoja más joven adulta) en la cual se determinaron los siguientes elementos: nitrógeno, potasio, magnesio, calcio, cobre, hierro, manganeso y zinc mediante el método de digestión húmeda con H_2SO_4 y H_2O_2 y determinación por absorción atómica, el fósforo midió por colorimetría.

2.4.4 Biodisponibilidad de nutrientes

Con los análisis de suelos y foliares se comparó el nivel de cada uno de los nutrientes tanto en suelo como en la planta, con lo cual se determinó la biodisponibilidad de los elementos en el cultivo, por el método descrito por Gauggel (2004).

2.5 TRATAMIENTOS

Se establecieron ocho tratamientos (Cuadro 2) evaluando tres factores: la presencia o no de Mycoral[®], dos niveles de fertilización y aplicación o no de fósforo. Se aplicó la dosis completa de fertilizante en la mitad de los tratamientos y la mitad de ella en los restantes, a la completa se le llamó dosis alta y a la dosis a la mitad se llamó dosis media (100 y 50% respectivamente).

Diseño de parcelas: el sistema de siembra fue en hilera sencilla, de cinco hileras por parcela con un largo de 6 m cada hilera.

Cuadro 2. Tratamientos y niveles de fertilización en kg / ha / ciclo.

Mycoral [®]	Tratamientos		Cantidades de Elementos kg/ha/ciclo		
	Fertilización	Fósforo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Sí	Media	No	110.0	0.0	40.0
Sí	Media	Sí	110.0	22.5	40.0
Sí	Alta	No	220.0	0.0	80.0
Sí	Alta	Sí	220.0	45.0	80.0
No	Media	No	110.0	0.0	40.0
No	Media	Sí	110.0	22.5	40.0
No	Alta	No	220.0	0.0	80.0
No	Alta	Sí	220.0	45.0	80.0

2.6 DISEÑO ESTADISTICO

El diseño experimental utilizado fue un factorial con medidas repetidas en el tiempo para analizar los tres factores, con ocho repeticiones y cuatro muestreos.

2.7 ANÁLISIS ESTADISTICO

Se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS[®]), con el cual se realizó una separación de medias por factores y tratamientos. Para determinar diferencias significativas, se correlacionaron los factores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

3.1.1 Caracterización física

Los suelos del lote 19 de la finca Azacualpa de la Compañía Azucarera Tres Valles, son alfisoles que se caracterizan por poseer texturas medias hasta los 50 cm de profundidad sobre texturas pesadas (Cuadro 3). En el área del proyecto se encontró homogeneidad de los horizontes en textura, profundidad, color y estructura, con un cambio en la resistencia de penetración de raíces en la primera calicata ya que proporciona una profundidad efectiva de 20 cm (calicata 1) en comparación a los dos perfiles restantes (calicata 2 y 3).

3.1.2 Caracterización química

Los suelos poseen niveles bajos de nitrógeno y zinc, adecuados de magnesio y cobre y altos de fósforo, potasio, hierro y manganeso (Cuadro 4 y Anexo 4). La capacidad de intercambio catiónico (CIC)(Anexo 5) de 0 a 27 cm es de 14 cmolc/kg y de 27 a 45 cm de 15.3 cmolc/kg en relaciones catiónicas Ca/Mg y Mg/K Ca+Mg/K que muestran un desbalance con el magnesio por el alto contenido de calcio y potasio. La saturación de magnesio es baja mientras que el potasio es alto, y el de calcio es adecuado (Anexo 5).

3.2 ANÁLISIS FOLIARES

La concentración de nutrientes en la hoja se muestra en el Cuadro 5. Los niveles encontrados indican una tendencia a tener niveles altos a óptimos de nitrógeno en los tratamientos en que se utilizó Mycoral[®] (Cuadro 6). Particularmente el tratamiento con Mycoral[®], fertilización media y fósforo tiene niveles óptimos de la mayoría de elementos exceptuando el Calcio y el Magnesio.

Cuadro 3. Descripción de las calicatas realizadas en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.

Calicata #	Hori- zonte	Profundidad (cm)	Color	Motas %	Textura	Estructura	Consis- tencia	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Límite
1	Ap	0-20	10YR ^{3/2}		F	bsa tt f	fr	p c	p mf	0	pc
	Bt1	20-58	7,5YR ^{3/4}		FL	ba g mf	fi	p d	p mf	4.25	pc
	Bt2	58-76	7,5YR ^{3/4}	10YR ^{3/2} , 2	Ar	ba mg mg	m fi	p c	p fmf	4.15	pc
	Bt3	76-90	7,5YR ^{3/4}	10YR ^{3/2} , 5	Ar A	ba m d	m fi	p d	p f	4.3	pc
	2C	90-110	7,5YR ^{3/4}	5YR ^{8/2} , 10	AF	ba tt d	fi	p c	p f	> 4.5	pc
	3C2	110-160	7,5YR ^{4/4}		Ag	ba m m	fr	p c	p m	2.9	no
2	Ap	0 – 27	10YR ^{3/3}		F	bsa tt f	fr	m c	m m	0	pc
	Bt1	27-53	10YR ^{3/3}	10YR ^{4/3} , 2	FL	bsa tt m	fr	m c	p g	2.6	pc
	Bt2	53-78	10YR ^{3/3}	10YR ^{3/2} , 5	Ar	ba m f	fi	p c	p g	3.6	pc
	Bt3	78-103	7,5YR ^{3/4}	10YR ^{3/2} , 5	ArA	ba mg f	fr	p c	a	3.6	pc
	2C	103-130	7,5YR ^{3/4}		A	ba m d	fr	p c	a	4.25	no
3	Ap	0-28	10YR ^{3/3}		F	bsa m tt	fr	m c	a	0	pc
	Bt1	28-43	10YR ^{4/3}		F A	bsa m m	fr	m c	a	1.5	pc
	Bt2	43-70	10YR ^{3/2}	10YR ^{4/3} , 2	Ar	ba mf g	mfi	p d	a	3.5	pc
	Bt3	70-90	7,5YR ^{3/3}	7,5YR ^{3/3} , 10	Ar A	ba mf mg	mfi	p d	a	> 4.5	pc
	2C	90-105	7,5YR ^{4/4}	7,5YR ^{5/4} , 5	F Ar A	m mf	mfi	p c	a	> 4.5	no

Textura: F: franco, Ar: arcilla, A: arena, Ar A arcillo Arenoso, F A: franco arenoso, F Ar: franco arcilloso, F Ar A: franco arcillo arenoso, FL: franco limoso, G: grueso

Estructura: 1) Tipo: g: granular, ba: bloques angulares, bsa: bloques subangulares, p: prismas, m: masivo. 2) Clase: tt: todo tamaño, m: medianos, g: grueso, mg: muy gruesos. 3) Grado: d: débil, m: moderados, f: fuerte, mf: muy fuerte.

Consistencia: fr: friable, fi: firme, mfi: muy firme, mp: muy plástico.

Poros: 1) Cantidad: a; ausentes, p: pocos, f: frecuentes, m: muchos. 2) Forma: c: continuos, d: discontinuos.

Raíces: 1) Cantidad: a: ausentes, p: pocas, f: frecuentes, m: muchas. 2) Grosor: g: gruesa m: medias, f: finas, mf: muy finas, fmf: finas y muy finas, de: deformadas.

Cuadro 4. Análisis químicos promedio a dos profundidades e interpretación de los resultados (preplantación) en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	%		ppm (extractable)							
		M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
00-27	7.10	1.96	0.09	99	478	2212	200	2.26	218	230	0.96
27-50	7.00	1.65	0.08	115	468	2450	217	2.27	209	268	1.13
Rango		2.00	0.20	13	150	1000	180	1.70	56	28	1.70
		4.00	0.50	30	280	2500	250	3.40	112	112	3.40
Interpretacion	A	B	B	A	A	O	O	O	A	A	B

Leyenda: A = Alto, O = Optimo y B = Bajo.

Cuadro 5. Análisis foliares por tratamiento al séptimo mes en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Mycoral [®]	Tratamientos		%						ppm			
	Fertilización	Fósforo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
Sí	Media	No	2.8	0.17	1.9	0.09	0.08	5	42	142	14	
Sí	Media	Sí	4.2	0.18	1.8	0.12	0.08	6	93	102	21	
Sí	Alta	No	2.5	0.13	1.5	0.09	0.08	4	38	55	20	
Sí	Alta	Sí	3.7	0.14	1.6	0.08	0.08	5	40	49	12	
No	Media	No	1.5	0.16	1.7	0.10	0.08	5	52	206	15	
No	Media	Sí	1.4	0.14	1.5	0.08	0.07	5	37	102	12	
No	Alta	No	5.3	0.13	1.6	0.07	0.07	4	39	57	12	
No	Alta	Sí	1.2	0.14	1.5	0.08	0.08	4	40	71	11	
Rangos óptimos			2.0	0.18	1.1	0.20	0.10	5	40	25	20	
Rangos óptimos			2.6	0.30	1.2	0.50	0.35	15	250	400	100	

Cuadro 6. Interpretación de los análisis foliares en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Mycoral [®]	Tratamientos		Interpretación								
	Fertilización	Fósforo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
No	Media	No	B	B	O	B	B	O	O	O	B
No	Media	Sí	B	B	O	B	B	O	B	O	B
Sí	Media	No	A	B	A	B	B	O	O	O	B
Sí	Media	Sí	A	O	O	B	B	O	O	O	O
No	Alta	No	A	B	O	B	B	B	B	O	B
No	Alta	Sí	B	B	O	B	B	B	O	O	B
Sí	Alta	No	O	B	O	B	B	B	B	O	O
Sí	Alta	Sí	A	B	O	B	B	O	O	O	B

Leyenda: A = Alto, O = Optimo y B = Bajo.

3.3 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

A partir de la interpretación de los análisis de suelos y foliares se determinó la biodisponibilidad de los nutrientes que se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Biodisponibilidad de nutrientes en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos			Biodisponibilidad de nutrientes			
Mycoral [®]	Fertilización	Fósforo	Deficiencia	Baja	Adecuado	Alta
Sí	Media	No	Zn	P, Ca, Mg	N, Cu, Fe, Mn	K
Sí	Media	Sí		Ca, Mg	N, P, K, Cu, Fe, Mn, Zn	
Sí	Alta	No		P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn	N, K, Mn	
Sí	Alta	Sí	Zn	P, Ca, Mg	N, K, Cu, Fe, Mn	
No	Media	No	N, Zn	P, Ca, Mg, Cu	K, Cu, Fe, Mn	
No	Media	Sí	N, Zn	P, Ca, Mg	N, K, Cu, Fe, Mn	
No	Alta	No	Zn	P, Ca, Mg, Cu, Fe	N, K, Mn	
No	Alta	Sí	N, Zn	P, Ca, Mg, Cu	K, Fe, Mn	

Se observó una relación directa entre la absorción de fósforo y de magnesio ya que en todos los tratamientos hay limitaciones de estos elementos a nivel foliar a pesar que en el suelo se encuentran a niveles adecuados a altos. Solamente con Mycoral[®], fertilización media y fósforo, es que el fósforo llega a un nivel adecuado, ya que se ha determinado que el magnesio contribuye a la absorción de fósforo (Subirós 1975).

Además hubo una absorción adecuada de nitrógeno en los tratamientos con Mycoral[®] ya que donde no hubo Mycoral[®] el nitrógeno tuvo un comportamiento variable. Cobre, Hierro y Manganeso, se encontraron siempre en nivel adecuado al igual que potasio que incluso llegó a estar alto con el tratamiento con Mycoral[®], fertilización media y sin fósforo. No hubo ningún efecto sobre calcio, ya que en todos los casos estuvo a un nivel bajo.

3.4 CACHAZA

La composición química de la cachaza descompuesta utilizada en la siembra fue de 1.64% N, 1.49% P, 0.58% K, 2.49% Ca y 0.18% Mg, la cual representó una fuente más de nutriente que se aportó al cultivo.

3.5 VARIABLES AGRONOMICAS

3.5.1 Crecimiento

Conforme los datos obtenidos en número de entrenudos y de hojas en los tratamientos se puede estimar la formación de entrenudos total ya que una hoja es equivalente a un entrenudo real (Subiros 1975); ésto permitió obtener el crecimiento porcentual en el mes cuando se muestreó. Así se determinó que la planta creció en 6.9 entrenudos el cuarto mes, 10.1 entrenudos al sexto mes, 12.6 entrenudos al séptimo mes y 20.3 entrenudos al noveno.. Con ellos se hizo una curva de aumento en el número de entrenudos y se proyectó hasta el doceavo mes con la que se encontró una ecuación para proyectar el crecimiento en esta variedad en el número de entrenudos.

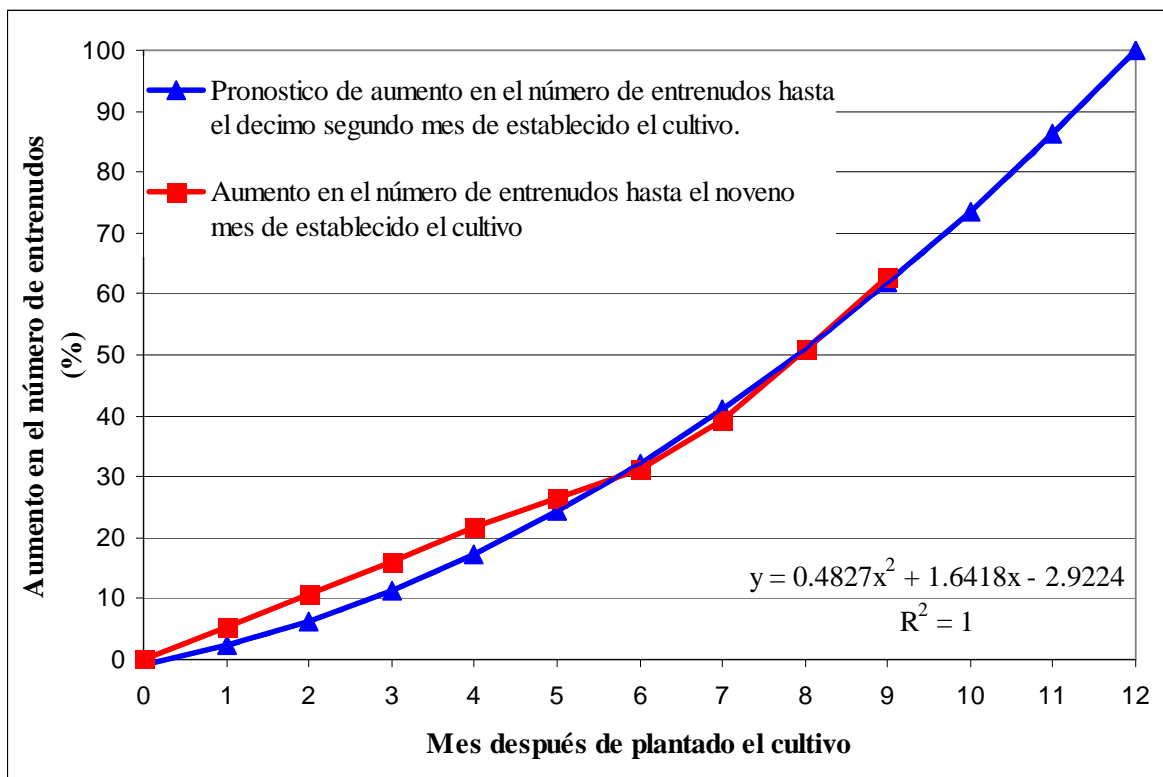


Gráfico 1. Aumento porcentual en el número de entrenudos hasta el noveno mes de establecido el cultivo y pronóstico de aumento porcentual hasta el doceavo mes de establecido el cultivo de caña de azúcar variedad NCo-310 en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

3.5.2 Efectos por factor en variables agronómicas:

Mycoral[®]

Al no utilizar Mycoral[®] se obtuvo mayor altura en tallos y mayor número de hojas ($P < 0.05$) (Cuadro 8). Ésto pudo estar asociado a limitantes en la absorción de nutrientes por las plantas a las que se aplicó Mycoral[®] ya que el alto contenido de fósforo en el suelo, limita la asociación con las micorrizas.

Fósforo

Al utilizar fósforo se obtuvo mayor altura, mayor número de entrenudos y mayor número de hojas ($P < 0.05$) (Cuadro 9).

Fertilización

Al utilizar el nivel de fertilización medio se obtuvo mayor altura, mayor número de entrenudos y mayor número de hojas ($P < 0.05$) (Cuadro 10). Este resultado puede estar relacionado con el desbalance catiónico encontrado en suelo ya que dichos suelos son ricos fósforo y potasio y este último pudo estar inhibiendo la absorción de magnesio y por lo tanto al aplicar una fertilización alta aumentó aun más el desbalance, que con una fertilización media.

Efecto por tratamiento en las variables agronómicas

No existe diferencia ($P > 0.05$) en el número de tallos y hojas al cuarto y sexto mes de edad del cultivo (Cuadros 11 y 12).

Al séptimo y noveno mes tampoco se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos en variables agronómicas (Cuadros 13 y 14) lo que puede resultar de una alta variabilidad en los datos.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de Mycoral® en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.

Mycoral®	No. tallos/m	Altura (m)	Entrenudo superior (cm)		Entrenudo medio (cm)		Entrenudo inferior (cm)		No. de entrenudos	No. de hojas
			Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
Sí	17.56	1.00 b	8.83	2.23	9.61	2.38	5.81	2.49	11.64	7.35 b
No	15.94	1.07 a	9.00	2.28	9.70	2.38	6.26	2.49	12.12	7.89 a

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la variable, **a** > **b**.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de aplicación de fósforo en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.

Fósforo	No. tallos/m	Altura (m)	Entrenudo superior (cm)		Entrenudo medio (cm)		Entrenudo inferior (cm)		No. de entrenudos	No. de hojas
			Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
Sí	16.59	1.08 b	8.90	2.26	9.85	2.38	6.07	2.46	12.15 a	7.71 a
No	16.91	1.00 a	8.94	2.26	9.47	2.38	6.00	2.52	11.62 b	7.53 b

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la variable, **a** > **b**.

Cuadro 10. Efecto de dos niveles de fertilización en las variables agronómicas al noveno mes en el cultivo de la caña de azúcar de la variedad NCo-310, lote 19, finca Azacualpa, CATV, 2005.

Fertilización	No. tallos/m	Altura (m)	Entrenudo superior (cm)		Entrenudo medio (cm)		Entrenudo inferior (cm)		No. de entrenudos	No. de hojas
			Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
Media	16.56	1.14 a	9.07	2.27	9.31	2.39	5.96	2.49	12.63 a	7.91 a
Alta	16.94	0.99 b	8.77	2.24	10.01	2.37	6.10	2.49	11.13 b	7.33 b

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la variable, **a** > **b**.

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de Mycoral[®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en el número de tallos y hojas al cuarto mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos				
Mycoral[®]	Fertilización	Fósforo	No. tallos/m	No. de hojas/tallo
Sí	Media	No	17.3	6.9
Sí	Media	Sí	15.1	6.6
Sí	Alta	No	25.0	6.8
Sí	Alta	Sí	20.6	7.3
No	Media	No	14.9	6.5
No	Media	Sí	17.3	6.9
No	Alta	No	27.9	6.8
No	Alta	Sí	14.8	7.1

Cuadro 12. Efecto de la aplicación de Mycoral[®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en el número de tallos y hojas al sexto mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos				
Mycoral[®]	Fertilización	Fósforo	No. tallos/m	No. De hojas/tallo
Sí	Media	No	23.6	7.2
Sí	Media	Sí	25.0	8.1
Sí	Alta	No	17.8	11.2
Sí	Alta	Sí	16.9	10.8
No	Media	No	14.8	10.6
No	Media	Sí	17.3	9.7
No	Alta	No	15.5	11.5
No	Alta	Sí	15.3	11.5

Cuadro 13. Efecto de la aplicación de Mycoral[®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en las variables agronómicas al séptimo mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos			No. tallos/m	Altura (m)	Entrenado superior (cm)		Entrenado medio (cm)		Entrenado inferior (cm)		No. de entrenudos	No. de hojas
Mycoral [®]	Fertilización	Fósforo			Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
Sí	Alta	No	14.9	0.82	8.6	1.9	9.1	2.0	5.3	2.3	10.4	6.9
Sí	Alta	Sí	20.4	0.94	8.1	2.0	9.6	2.1	6.3	2.2	11.0	6.5
Sí	Media	No	14.6	0.70	7.4	2.0	7.4	2.1	4.9	2.2	9.8	6.0
Sí	Media	Sí	17.6	0.83	9.1	2.1	8.2	2.2	5.4	2.2	10.3	6.8
No	Alta	No	17.8	0.84	9.1	2.3	9.8	2.4	6.7	2.5	10.6	6.7
No	Alta	Sí	16.3	0.84	7.6	2.0	9.5	2.1	5.9	2.1	10.7	6.8
No	Media	No	18.3	0.74	9.0	2.1	8.2	2.1	5.2	2.2	9.3	6.7
No	Media	Sí	17.9	0.87	8.5	2.1	8.8	2.2	6.0	2.4	10.6	7.0

Cuadro 14. Efecto de la aplicación de Mycoral[®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en las variables agronómicas en el noveno mes del cultivo de la caña de azúcar en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos			No. tallos/m	Altura (m)	Entrenado superior (cm)		Entrenado medio (cm)		Entrenado inferior (cm)		No. de entrenudos	No. de hojas
Mycoral [®]	Fertilización	Fósforo			Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
Sí	Alta	No	13.0	1.3	9.0	2.4	10.4	2.6	6.0	2.7	14.1	6.5
Sí	Alta	Sí	13.4	1.4	9.2	2.5	10.5	2.7	6.4	2.8	14.8	6.7
Sí	Media	No	11.9	1.0	9.7	2.5	10.6	2.7	6.3	2.8	11.5	6.6
Sí	Media	Sí	14.0	1.1	9.6	2.5	11.2	2.6	6.0	2.8	11.3	6.7
No	Alta	No	10.6	1.5	9.0	2.4	10.4	2.6	6.3	2.7	14.6	7.1
No	Alta	Sí	11.1	1.4	9.6	2.4	10.8	2.5	5.9	2.7	14.8	6.6
No	Media	No	13.0	1.1	9.7	2.4	9.9	2.5	7.3	2.7	12.6	7.6
No	Media	Sí	12.6	1.3	9.7	2.5	10.2	2.7	6.7	2.7	13.7	7.2

3.6 INFECCIÓN DE MICORRIZAS

Al inicio se obtuvo un valor de referencia con el fin de determinar la presencia de posibles micorrizas nativas en el suelo dentro del área del proyecto. Se encontró 0% de infección de micorrizas y 5 esporas por cada 100 g de solución de suelo.

3.6.1 Efecto en infección raíces y No. de esporas de micorrizas en el noveno mes del cultivo.

Infección de raíces:

Mycoral®

Se encontró una mayor infección de micorrizas con la aplicación de Mycoral® fue de 49.3% y de 48.7% cuando no se aplicó ($P < 0.05$) con lo que se puede asumir una infección de micorrizas benéficas.

Fósforo

Se encontró una mayor infección con micorrizas al no aplicar fósforo (49.4%) y al aplicarlo (48.6%) ($P < 0.05$) lo cual se explica dada la necesidad de niveles bajos de fósforo para lograr una mejor infección de Mycoral®

Número de esporas:

Fertilización

El mayor número de esporas de micorriza se dió con fertilización media: N 110, P_2O_5 0, K_2O 40 y N 110, P_2O_5 22.5, K_2O 40 kg /ha ($P < 0.05$). Los resultados fueron de 15.75 esporas/ml con fertilización media y con fertilización alta de 9.59 esporas/ml ($P < 0.05$). Lo que indica que al bajar la fertilización el número de esporas aumenta independiente a la presencia o no de Mycoral®.

3.6.2 Efecto de los tratamientos en infección de raíces y número de esporas de micorrizas:

No existe diferencia en porcentaje de infección de micorrizas y número de esporas de las mismas entre tratamientos (Cuadro 15), teniendo un número bajo de esporas y alta infección en todos los tratamientos.

Cuadro 15. Efecto de la aplicación de Mycoral[®] en la interacción con dos niveles de fertilización y de fósforo en infección de raíces y número de esporas de micorrizas, en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos			No. esporas	Int*	% infección	Int
Mycoral [®]	Fertilización	Fósforo				
No	Media	No	19.8	B	64.0	A
No	Media	Sí	15.0	B	56.1	A
Sí	Media	No	13.3	B	64.1	A
Sí	Media	Sí	15.0	B	52.8	A
No	Alta	No	8.9	B	34.2	A
No	Alta	Sí	9.6	B	41.5	A
Sí	Alta	No	9.1	B	34.1	A
Sí	Alta	Sí	10.8	B	41.9	A

* int: interpretación de niveles: A = alto, M = medio y B = bajo.

3.8 VARIABLES DE PRODUCCIÓN

3.8.1 Efecto de los factores en las variables de producción:

Mycoral[®]

El utilizar Mycoral[®] no tuvo efecto ($P > 0.05$) sobre las variables de producción (Cuadro 16).

Niveles de fertilización

Al utilizar el nivel de fertilización media se obtuvo un aumento en la altura promedio de los tallos ($P < 0.05$) con o sin fósforo (Cuadro 17). Esto pudo estar influenciado por el desbalance catiónico existente en el suelo, ya que la baja absorción de magnesio limita la síntesis de clorofila por tanto a menor contenido del elemento en la planta menor biomasa.

Presencia de fósforo

Al no aplicar fósforo se encontró mayor producción de azúcar por tonelada de caña procesada y mayor cantidad de grados Brix (Sólidos totales) ($P < 0.05$) (Cuadro 18). Hay que recordar que estos suelos tienen niveles altos en fósforo.

3.8.2 Efecto en interacciones simples

Fósforo-Nivel de fertilización

Se encontró interacción entre el uso de fósforo y nivel de fertilización ($P < 0.05$). La producción de azúcar por tonelada de caña está directamente relacionada con una fertilización media y bajo nivel de fósforo (N 110, P₂O₅ 0, K₂O 40 kg/ha) (Cuadro 19).

3.8.3 Efecto de los tratamientos en las variables de producción

Los dos tratamientos con la mayor producción de azúcar por tonelada de caña fueron: Sin Mycoral[®], sin presencia de fósforo y nivel de fertilización medio y Con Mycoral[®], sin presencia de fósforo y nivel de fertilización medio, sin diferencia ($P>0.05$) entre ellos (Cuadro 20).

No se encontró diferencia ($P<0.05$) entre tratamiento en la producción por hectárea (Cuadro 21).

Sin embargo dada la magnitud los resultados confirman que los dos tratamientos mencionados anteriormente produjeron más azúcar.

Cuadro 16. Efecto del Mycoral® en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Mycoral®	No. tallos/m	Peso kg/tallo	Azúcar kg/ton	Altura (m)	%					
					Humedad	Fibra	Brix	Pol	Pureza aparente	Azucar reductores
Sí	8.4	0.81	114.19	1.77	69.61	12.89	18.50	15.86	85.75	0.45
No	8.8	0.82	143.71	1.72	69.48	13.25	18.46	15.81	85.66	0.44

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la columna, **a > b**

Cuadro 17. Efecto de dos niveles de fertilización en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Fertilización	No. tallos/m	Peso kg/tallo	Azúcar kg/ton	Altura (m)	%					
					Humedad	Fibra	Brix	Pol	Pureza aparente	Azucar reductores
Media	8.5	0.86	143.77	1.81 a	69.41	13.12	18.42	15.81	85.91	0.46
Alta	8.7	0.77	144.14	1.69 b	69.71	13.02	18.55	15.85	85.50	0.44

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la columna, **a > b**

Cuadro 18. Efecto de la aplicación de fósforo en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Fósforo	No. tallos/m	Peso kg/tallo	Azúcar kg/ton	Altura (m)	%					
					Humedad	Fibra	Brix	Pol	Pureza aparente	Azucar reductores
Sí	8.4	0.83	141.74 b	1.73	69.72	13.02	18.22	15.59	85.58	0.45
No	8.8	0.80	146.17 a	1.76	69.37	13.11	18.74	16.08	85.83	0.44

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la columna, **a > b**

Cuadro 19. Efecto de la interacción de niveles de fertilización y de fósforo en las variables de producción en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Fertilización	Fósforo	No. tallos/m	Peso kg/tallo	Azúcar kg/ton	Altura (m)	%					
						Humedad	Fibra	Brix	Pol	Pureza aparente	Azucar reductores
Media	Sí	7.99	0.89	140.04 b	1.75	69.26	13.12	18.05	15.40	85.39	0.45
Media	No	9.02	0.84	147.51 a	1.86	69.57	13.12	18.78	16.23	86.44	0.46
Alta	Sí	8.89	0.77	143.44 b	1.71	70.17	12.93	18.40	15.78	85.77	0.45
Alta	No	8.58	0.77	144.84 b	1.66	69.17	13.11	18.70	15.93	85.23	0.43

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la columna, **a > b**

Cuadro 20. Producción de caña y de azúcar por tratamiento en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Tratamientos			No. tallos/m	Peso kg/tallo	Azúcar kg/ton	Altura (m)	%					
Mycoral [®]	Fertilización	Fósforo					Humedad	Fibra	Brix	Pol	Pureza aparente	Azucar reductores
No	Media	No	13.08	0.92	147.69 a	1.76	69.30	13.36	18.91	16.25	86.02	0.46
Sí	Media	No	14.00	0.76	147.32 a	1.96	69.84	12.89	18.66	16.21	86.85	0.47
Sí	Alta	No	12.48	0.75	144.94 ab	1.63	69.04	12.99	18.75	15.94	85.03	0.44
No	Alta	No	13.28	0.78	144.73 ab	1.70	69.30	13.22	18.65	15.92	85.43	0.41
No	Alta	Sí	13.40	0.78	144.38 ab	1.64	69.95	13.13	18.52	15.88	85.76	0.44
Sí	Alta	Sí	13.25	0.77	142.50 ab	1.79	70.40	12.72	18.27	15.67	85.78	0.47
Sí	Media	Sí	10.98	0.98	142.01 b	1.71	69.16	12.95	18.33	15.62	85.35	0.44
No	Media	Sí	13.00	0.80	138.06 b	1.79	69.36	13.29	17.78	15.19	85.43	0.45

a y b: existe diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos dentro de la columna, **a > b**

Cuadro 21. Producción de azúcar por hectárea.

Mycoral[®]	Tratamientos		Caña de azúcar ton/ha/ciclo	Azúcar kg/ha
	Fertilización	Fósforo		
No	Media	No	79.20	11697
No	Alta	Sí	70.00	10107
No	Alta	No	69.70	10088
Sí	Media	No	68.10	10032
Sí	Media	Sí	70.50	10012
Sí	Alta	Sí	69.90	9961
No	Media	Sí	66.80	9222
Sí	Alta	No	63.30	9175

4. CONCLUSIONES

No hubo efecto de las micorrizas en la producción de azúcar con dos niveles de fertilización y de fósforo.

Hay una interacción entre los factores nivel de fertilización y fósforo que a niveles medios y sin fósforo, aumenta significativamente la producción de azúcar por tonelada de caña de azúcar.

Hay una tendencia de aumentar la biodisponibilidad de nitrógeno como efecto de las micorrizas.

La Micorriza se establece mejor a niveles bajos de fósforo.

En los suelos donde se realizó el experimento, las dosis más bajas de fertilización tuvieron un efecto mejor en la producción de azúcar.

La aplicación de fósforo en presencia de micorriza seleccionada Mycoral[®] en caña de azúcar reduce la infección radicular y el número de esporas.

5. RECOMENDACIONES

Bajar el nivel de fertilización con fósforo y potasio en la finca Azacualpa dada la fertilidad de estos suelos.

Aplicar magnesio en la finca Azacualpa.

Hacer un ensayo semicomercial de campo con los dos mejores tratamientos:

Sin Mycoral[®], sin fósforo a la siembra y fertilización media

Con Mycoral[®], sin fósforo a la siembra y fertilización media

Tener en cuenta las relaciones catiónicas antes de establecer cualquier tipo de ensayo ya que estas pueden modificar la absorción de nutrientes.

6. BIBLIOGRAFÍA

Compañía azucarera tres valles, 2004. Manual de procedimientos, laboratorio de Control de Calidad de Compañía Azucarera Tres Valles.

CENICAÑA, 2003. Caña de azúcar. Disponible en: <http://www.cenicaña.org> (En Línea).

Gauggel, C. 2004. Disponibilidad de nutrientes. Clase de manejo de suelos y nutrición vegetal. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. No publicado.

López, D. y Flores, D. 1979. La de absorción de los fosfatos en suelos. Implicaciones fisiocológicas en el proceso. Influencia de los hongos micorrízicos arbusculares sobre la producción de materia seca y absorción de fósforo por plantas de maíz fertilizadas con roca fosfórica. XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de la Ciencia del suelo.

Mayea, S. 1989. Microbiología Agrícola. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. p 157.

Raddatz, E. 2003. VAM y la resistencia de las plantas contra causantes de daño. Folleto 29p.

Ruiz, L. Rivera, R. Carvajal, D. y Milián O. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en las raíces y tubérculos en suelos pardos con carbonatos y ferralíticos rojos. XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de la Ciencia del suelo

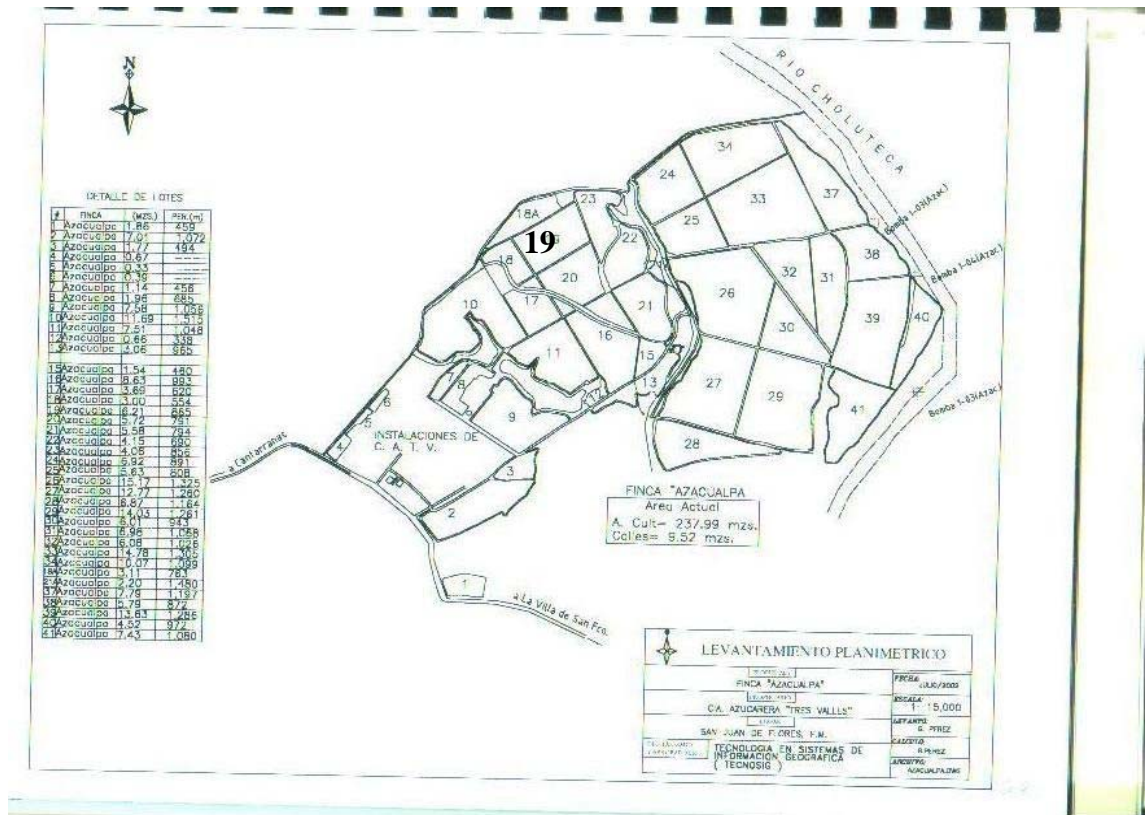
Siqueira, J. y Franco, A. 1988. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. R. Brazil. p 207.

Subirós, F. 1975. El cultivo de la caña de azúcar. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. p 285.

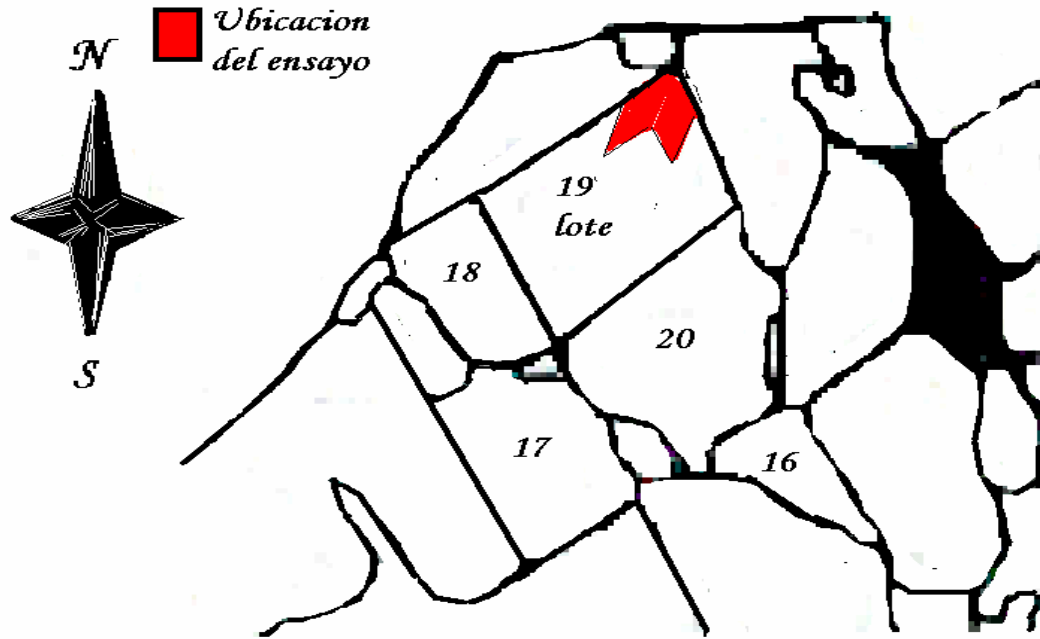
Ware, G. 2000. Introducción a lo herbicidas. Universidad de Minnesota. Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/Wareherb%20SP.htm> (En línea)

7. ANEXOS

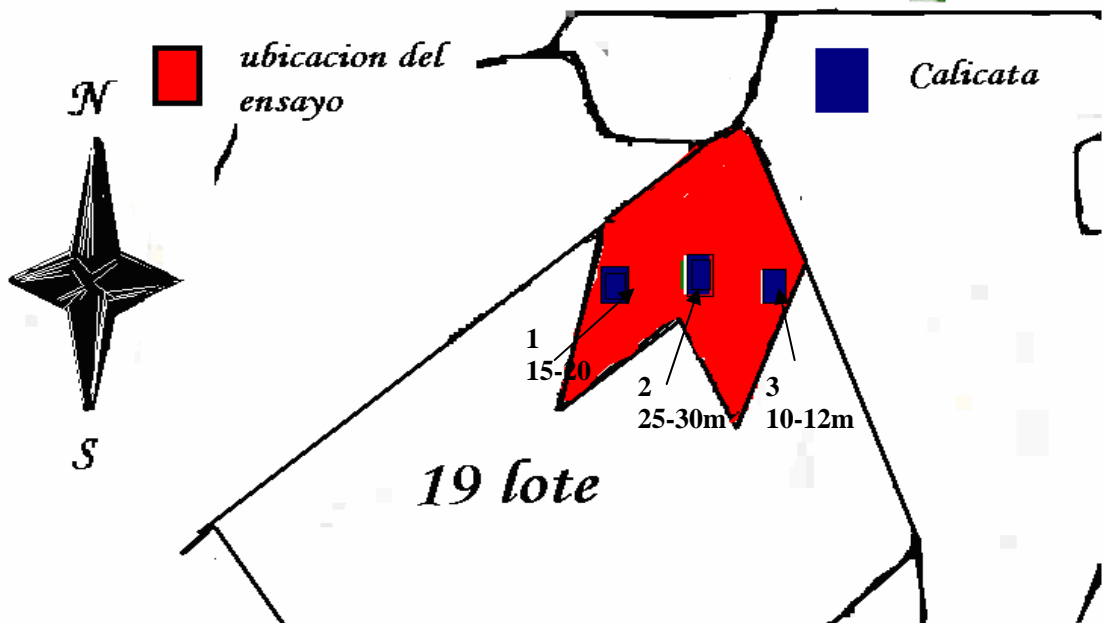
Anexo 1. Plano de la finca Azacualpa alto Compañía Azucarera Tres Valles: Ubicación del proyecto Lote 19



Anexo 2. Ubicación del proyecto dentro del lote.



Anexo 3. Ubicación aproximada de las calicatas dentro del lote.



Anexo 4. Análisis de químicos de los suelos realizados en presiembra en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Ubicación	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	%			ppm (extractable)						
			M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Calicata 1 Horizonte 1	0-27	6.89	2.03	0.10	136	550	2130	200	2	213	247	1.3
Calicata 1 Horizonte 2	27-53	6.90	1.46	0.07	92	400	2030	170	2	201	265	0.9
Calicata 2 Horizonte 1	0-28	7.00	3.03	0.10	87	506	2260	200	3	200	238	1.0
Calicata 2 Horizonte 2	28-43	6.87	2.28	0.11	224	682	2440	230	3	236	252	2.1
Barrenación 1.1	0-20	6.95	1.85	0.09	128	574	2270	210	2	202	238	1.0
Barrenación 1.2	20-40	7.23	1.21	0.06	28	322	2880	250	2	189	288	0.4
Barrenación 2.1	0-15	7.16	2.21	0.11	122	566	2480	230	3	223	265	1.1
Barrenación 2.2	15-25	7.61	0.70	0.03	20	194	1920	160	2	252	160	0.4

Anexo 5. Capacidad de intercambio catiónico y relaciones catiónicas promedio en el lote 19, finca Azacualpa, CATV, Honduras, 2005.

Profundidad	(cmolc/kg)				Relaciones Cationicas			% Saturacion de bases (SB)			
	K	Ca	Mg	CIC	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	K	Ca	Mg	SB total
00-27	1.2	11	1.67	14.0	6.6	1.4	10.4	8.8	79.3	11.9	100.0
27-50	1.2	12	1.81	15.3	6.8	1.5	11.7	7.9	80.3	11.9	100.0
Rango Adecuado					3-5	3-5	13	3-5	50-80	15-20	