

Evaluación de alternativas de fertilización foliar con macronutrientes en maíz

Marcelo Isaac Castillo Sirias

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2001

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Evaluación de alternativas de fertilización foliar
con macronutrientes en maíz

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado académico de licenciatura

Presentado por

Marcelo Isaac Castillo Sirias

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2001

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

Marcelo Isaac Castillo Sirias

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2001

Evaluación de alternativas de fertilización foliar en maíz

Presentado por

Marcelo Isaac Castillo Sirias

Aprobada:

Pablo E. Paz, Ph.D.
Asesor principal

Alfredo Rueda, Ph.D.
Coordinador Área Temática
Fitotecnia

David Moreira, M.B.A.
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador CCPA

Rommel Reconco, M.B.A.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Pablo E. Paz, Ph.D.
Coordinador PIA

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director General

DEDICATORIA

Primero quiero darle las gracias a mi Dios Todopoderoso, por haberme dado las fuerzas para nunca desfallecer en mi objetivo de llegar a Zamorano y conseguir este título con mucho esfuerzo y sacrificio.

A mis queridos padres René Castillo y Lorena Siria por todo el sacrificio para que siguiera con mis estudios, nunca podré pagarte lo que han hecho por mí.

A mis abuelo Heriberto Siria (QEPD) por ser un ejemplo digno a mi vida y a mi mamita Teresa de Siria por apoyarme y aconsejarme en toda mi vida.

A mi novia Gissela Moncayo por brindarme su amor y cariño en mi último año en Zamorano, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia que siempre me apoyo en todos los momentos cruciales de mi vida, por sus consejos, por todo gracias de verdad.

A mis asesores el Dr. Pablo Paz e Ing. David Moreira por sus enseñanzas prácticas, paciencia y sabios consejos que me brindaron a lo largo de mi cuarto año.

A todo el personal de campo y administrativo de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos por su ayuda en la realización de este proyecto.

A todos mis colegas de la clase 2000, por brindarme su amistad.

A todos con los que entablé una amistad, gracias de corazón por brindarme la oportunidad.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la Fundación KELLOG por su ayuda económica durante el programa de Agrónomo..

A la Zamoempresa de Cultivos Extensivos por su ayuda en el programa de Ingeniero Agrónomo.

Al Programa de monitores, por su ayuda en el programa de Ingeniero Agrónomo.

Al Ing. Ramón Salinas por facilitarme los insumos para la realización de este ensayo.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimientos a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Nota de prensa	viii
Contenido	ix
Índice de cuadros.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 FERTILIZACIÓN FOLIAR.....	3
2.2 IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL.....	4
2.3 NITRÓGENO APLICADO FOLIARMENTE	4
2.4 IMPORTANCIA DEL FOSFÓRO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL.....	5
2.5 FÓSFORO APLICADO FOLIAMENTE.....	6
2.6 VENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR.....	6
2.7 DESVENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR.....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	8
3.2 SUELO.....	8
3.2.1 Características químicas.....	8

3.2.2	Características físicas.....	8
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	9
3.4	MATERIALES.....	9
3.4.1	Material Genético.....	9
3.4.2	Fertilizantes usados.....	9
3.5	TRATAMIENTOS.....	10
3.6	MANEJO DEL ENSAYO.....	12
3.6.1	Preparación del terreno.....	12
3.6.2	Siembra.....	12
3.6.3	Fertilización.....	13
3.6.4	Control de malezas.....	13
3.6.5	Manejo fitosanitario.....	13
3.6.6	Riego.....	13
3.6.7	Cosecha.....	13
3.6.8	Secado.....	13
3.7	VARIABLES.....	14
3.7.1	Variables fenológicas.....	14
3.7.2	Variables de rendimiento y sus componentes.....	14
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	15
4.1	VARIABLES FENOLÓGICAS.....	15
4.2	RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....	16
4.2.1	Rendimiento.....	16
4.2.2	Peso promedio de la mazorca.....	17
4.2.3	Porcentaje de desgrane.....	18
4.2.4	Número de mazorcas por planta.....	18
4.2.5	Tamaño del grano.....	19
4.3	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	19
4.3.1	Análisis de sensibilidad.....	20
5	CONCLUSIONES.....	22
6	RECOMENDACIONES.....	23
7	BIBLIOGRAFÍA.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros:

1.	Requerimientos del cultivo de maíz según programa de fertilización de la ZECE, El Zamorano, Honduras, 2001.....	9
2.	Efecto de los tratamientos de fertilización foliar sobre la fenología del cultivo de maíz cv Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.....	16
3	Efecto de los tratamientos de fertilización foliar sobre el rendimientos y sus componentes del cultivo de maíz cv Guayape, El Zamorano, Honduras.....	17
4.	Estado de resultados de los tratamientos con aplicaciones foliares en la producción de maíz Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.....	20
5	Estado de resultados de los tratamientos de fertilización foliar sin los costos de mano en la producción de maíz Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.....	20

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es el cereal más importante en el mundo seguido del trigo y del arroz, gracias a su alto contenido nutricional de 65% de los carbohidratos y 50% de las proteínas que proporciona al hombre (FAO, 1993). En contraste el maíz que se cosecha en los Estados Unidos, el 85% es utilizado para consumo animal, mientras que un porcentaje bastante elevado en el norte de Europa es usado como forraje (Jugenheimer, 1990).

Actualmente para poder lograr obtener una producción de maíz, además de otros cultivos, se necesita de fuentes de fertilizantes que nos aporten las cantidades necesarias para nutrir adecuadamente al cultivo. El concepto de fertilización es conocido desde hace mucho tiempo atrás, desde que nuestros antepasados eran nómadas debido a la disminución de la producción después de varios ciclos continuos de cultivo. Luego se dieron los métodos de roza y quema con periodos de barbecho para recuperar la fertilidad del suelo cuando estos presentaban cosechas descendientes a medida que aumentaban los ciclos de cultivo.

Seguido a estos eventos se dio la revolución verde, donde empezó el uso de fertilizantes a partir de la introducción de híbridos que demandaban grandes cantidades de insumos.

A partir de este evento el uso de fertilizantes fue aumentando fuertemente hasta llegar al punto de trabajar con simples reglas empíricas o fórmulas aproximadas (Fernández, 1995), sin tomar en cuenta los aportes que hacía el suelo u otras características que impedían la disponibilidad de los nutrientes al cultivo, provocando así sobre o sub aplicaciones que daban como resultado rendimientos medios. Ahora podemos integrar prácticas con recomendaciones específicas que mejoren el aprovechamiento, disponibilidad y absorción de nutrientes que se reflejen así mismo en el rendimiento. Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente nos sirve como guía para encontrar paquetes tecnológicos capaces de poder alcanzar una producción que sea económicamente rentable y al mismo tiempo, que sea amigable con el ambiente evitando degradar de una manera acelerada nuestros recursos.

Una de las alternativas para aumentar la eficiencia en la nutrición de los cultivos son las aplicaciones foliares de nutrimentos en lugar de una fertilización directa al suelo, donde encontramos generalmente problemas tanto físicos como químicos. Entre los impedimentos físicos tenemos el pie de arado o alta densidad aparente que impiden un buen desarrollo del sistema radicular; afectando la absorción de nutrimentos o problemas químicos causando precipitaciones, fijaciones o lavamiento de los fertilizantes aplicados, entre otros.

Actualmente la demanda de alimentos ha aumentado a consecuencia del incremento de la población mundial en los últimos años. Por otro lado, las zonas agrícolas se hacen cada vez más escasas debido a las áreas urbanas que están creciendo lo que obliga a los productores a ser cada día más eficientes en el uso de sus recursos para poder obtener los mejores márgenes de ganancias.

La justificación del estudio se basa en buscar alternativas que permitan cambiar la metodología de fertilización de la ZECE, aprovechando las facilidades con las que se cuentan como el sistema de riego de pivote central, para aplicación de fertilizantes foliares y así aumentar el uso eficiente de nutrientes, disminuir degradación del suelo con grandes aplicaciones de fertilizantes granulados que afecten las características químicas, evitar el ingreso de maquinaria que compacte más el suelo y dañe el sistema radicular del cultivo y darle un uso más eficiente al sistema de riego.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

- Determinar la factibilidad de suplir niveles adecuados de macronutrientes vía foliar como reemplazo o complemento a la fertilización edáfica y proveyendo estos en etapas en que el cultivo más necesita y que limiten las pérdidas aumentando las eficiencias de utilización.

1.1.2. Específicos

- Definir fracciones y formulaciones más apropiadas en el sistema de fertilización edáfica-foliar.
- Evaluar la respuesta de la planta a los tipos de tratamientos.
- Determinar las mejores prácticas a utilizar.
- Medir efectividad y factibilidad por medio de un estudio técnico económico de aplicaciones tardías de macronutrientes, evaluando el costo de cada tratamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar es probablemente una práctica tan antigua como cualquier otra actividad en la agricultura para mejorar la cosecha (Baligar y Duncan, 1991), esta es una técnica de fertilización instantánea que nutre al cultivo mediante aspersiones o pulverizaciones de soluciones directamente sobre las hojas del cultivo.

Según la empresa productora de fertilizantes Grupo Agrimartin (1999), los fertilizantes foliares son un eficaz instrumento para complementar la nutrición del cultivo, principalmente cuando la fertilización básica haya sido insuficiente. También son muy útiles cuando los análisis foliares indican desequilibrio o deficiencias que pueden afectar fuertemente los rendimientos.

Igualmente Primavesi (1982), menciona que la fertilización foliar debe ser tomada más que todo como impulso para la nutrición, que como un factor de nutrición, cuando las condiciones edáficas dificulten una buena absorción de nutrientes por parte del cultivo. A partir de esto el Grupo Agrimartin (1999), afirma que la fertilización foliar tiene una gran importancia en la agricultura; de ahí la necesidad de conocer la estructura de la hoja con más detalle para entender las ventajas que tiene esta técnica de fertilización.

Al fertilizar directamente al follaje se presenta un potencial para aumentar la eficiencia del uso de nutrientes, evitando así algunas pérdidas de disponibilidad al fertilizar edáficamente (Black, 1993). Hay que tomar en cuenta el potencial de riego que existe si no se manejan de forma adecuada las concentraciones que puede causar daño al follaje del cultivo, reduciéndose así la fotosíntesis y por consiguiente una reducción del rendimiento (Harder *et al.* 1982).

Neuman *et al.* (1982), concluyeron que a veces con aplicaciones foliares tardías aumentaban los rendimientos y afirmó que estas aplicaciones no inhibían la senescencia del cultivo y que tal senescencia de todos modos no es un factor primario a limitar los rendimientos. En cambio, García y Hanway (1976) mencionan que la aplicación de fósforo, potasio y azufre en la etapa de llenado de grano, retrasa la senescencia y aumenta el rendimiento del frijol sin embargo, contradictoriamente Batten y Wardlaw, (1987) encontró que la aplicación de fosfato de amonio monobásico en trigo demoró la senescencia, pero no tuvo como resultado un aumento significativo en el rendimiento de grano.

2.2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL

Es el principal elemento utilizado en la nutrición vegetal, ya que influye en el crecimiento y rendimiento de las plantas, lo que indica que debemos de cuidar que la planta lo tenga siempre suficiente para tener un mejor desarrollo. El nitrógeno en el suelo se encuentra en dos formas, orgánica o mineral. La forma orgánica esta en forma de grupos de aminos (NH_2) y la mineral se halla, a su vez, en forma amoniacal (NH^{+4}) o en forma nítrica (NO^{-3}) (Guerrero, 1996.; Moya, 1998) la cual es fácilmente lixiviada por el agua de lluvia por ser muy soluble en esta (Primavesi, 1982).

Para poder estar disponible el nitrógeno orgánico necesita ser transformado a amoniaco, por las bacterias amonificantes, y luego a nitrato por las bacterias nitrificadoras (Rodríguez, F. 1999). Esto hace de vital importancia la presencia de microorganismos que puedan realizar todas estas reacciones para hacer disponible este elemento. La eficiencia de utilización del nitrógeno en el trópico anda alrededor del 30-50% y varia con las propiedades del suelo, métodos, cantidades, tipos de fertilizantes aplicados y otras prácticas de manejo (Prasad y Datta, 1979)

La planta absorbe el nitrógeno a lo largo de todo el ciclo vegetativo y en determinados casos el consumo es más alto, principalmente cuando el cultivo esta en épocas de elongamiento del tallo y floración, que se consideran períodos críticos (Guerrero, 1996).

El nitrógeno forma parte indispensable en la molécula de clorofila, donde se llevan a cabo las reacciones fotosintéticas (Océano, 2000). En la fisiología celular, el nitrógeno es importante para la formación de proteínas (Miller, E. 1967).

La deficiencia de nitrógeno en las plantas produce plantas de tamaño pequeño con una palidez gradual que pasa del color verde profundo al amarillento, en forma de clorosis. Cuando no es tan fuerte el déficit, los síntomas se observan en las hojas más viejas y a mayor sea la deficiencia se manifiesta en las hojas más jóvenes. En cambio cuando existen excesos hay un alto grado de producción de órganos vegetativos que disminuyen los rendimientos ya que no hay una formación de órganos reproductivos, igualmente esto hace una planta más sensible al ataque plagas, enfermedades y factores climáticos como el viento, sequía, anegamientos o heladas (Océano, 2000).

2.3. NITRÓGENO APLICADO FOLIARMENTE

El nitrógeno es el nutriente más aplicado foliarmente (Black, 1993). Algunas consideraciones que se deben de tomar en cuenta al momento de fertilizar con urea foliarmente según Sanford *et al.* (1954) es el contenido de biuret, que es un compuesto nitrogenado con caracteres tóxicos a los vegetales. El porcentaje puede ser de 3% o más, el cual puede dañar el follaje del cultivo. Black (1993) menciona también la importancia del manejo de la urea al aplicarse por esta vía, el cual recomienda que esta práctica requiere más aplicaciones que la fertilización edáfica ya que el follaje puede ser dañado por aplicaciones pesadas, particularmente si la urea contiene mucho biuret. Guerrero

(1996) recomienda que la concentración de éste compuesto en la solución a aplicarse debe ser inferior al 0.25%.

Below *et al.* (1984) en estudios de campo mencionan que aplicaciones foliares de N demoran la remobilización del N de las hojas y también la senescencia de la misma, manteniendo la fotosíntesis y así aumentar los rendimientos de grano.

2.4. IMPORTANCIA DEL FÓSFORO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL

Es el segundo elemento en la nutrición de plantas. Se encuentra en el suelo en forma orgánica e inorgánica. La primera esta como compuesto constituyente de diversos materiales orgánicos y la forma inorgánica en dos fracciones, como componente estructural de partículas minerales del suelo y de forma aniónica con carga eléctrica negativa que es la forma importante para las plantas ya que esta en la solución del suelo (Océano, 2000).

El fósforo se puede encontrar como fosfatos de calcio en suelos con pH alto o como fosfatos de hierro y de aluminio en suelos ácidos. Todas estas formas son escasamente solubles y la disponibilidad de P es altamente dependiente del pH. Un suelo con pH cercano a 6.5 es donde se encuentra la mayor solubilidad de fósforo (Bohn, et. Al. 1979).

El concepto de disponibilidad no hay que limitarlo solo a las reacciones químicas o interacciones del fósforo con otros elementos, sino que se deben tomar en cuenta ciertas características físicas de la planta, por ejemplo, el desarrollo de las raíces; éstas no penetran bien en un suelo compactado por lo que no podrán absorber la mayor parte del fósforo que este contiene (Ashmead, et al 1986).

La eficiencia de utilización del fósforo presente en el suelo después de la fertilización asciende de 10 a 30% de la cantidad aplicada al suelo (Baligar y Bennett, 1986) y el otro 90-70% se le atribuye a la absorción de microbios, precipitación por cationes en la solución de suelo y absorción por las arcillas (Hemwall, 1957).

El fósforo tiene una gran influencia en la primera fase de crecimiento de las plantas. Las plántulas se nutren del fósforo acumulado en la semilla, cuando éste se agota tienen que tomarlo del suelo, he aquí la importancia de colocar el fertilizante cerca de la semilla al momento de la siembra. Favorece el desarrollo del sistema radicular al comienzo del crecimiento vegetativo, favorece fenómenos relacionados con la fase reproductiva de fecundación, fructificación y maduración, aumenta la precocidad y mejora la resistencia a plagas, enfermedades y accidentes. (Guerrero, 1996.; Océano, 2000).

Las plantas deficientes en fósforo tienen un crecimiento lento e inclusive pueden detenerlo, llegando enanas a la madurez. Los síntomas se dan en las hojas de mayor edad volviéndose de color verde oscuro o aparecen clorosis entre los nervios foliares (Erston, 1967; Océano, 2000).

2.5. FÓSFORO APLICADO FOLIARMENTE

A partir de lo mencionado anteriormente surge la necesidad de buscar mecanismos para aumentar la eficiencia de este nutrimento siendo una alternativa la fertilización foliar. Upadhyay et al. (1988) dice que una de las alternativas para la aplicación de fósforo para los cultivos es la fertilización foliar.

Según Bukovac y Wittner, (1957) suplir el fósforo por el follaje tiene ciertas ventajas sobre la aplicación edáfica; sin embargo, no es práctico suministrar todo el requerimiento del cultivo por fertilización foliar. Por otro lado, el suministro de fósforo por las hojas llega a estar disponible a los lugares de crecimiento activo.

2.6. VENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

La implementación de esta práctica es con fines curativos al haber desequilibrios nutricionales, deficiencias o carencia de macronutrientes, como complemento de la fertilización básica, cuando se tienen problemas de suelo que provocan una baja disponibilidad de nutrientes, como son pH altos con grandes contenidos de materia orgánica, acidez, pie de arado u otros (Weir *et al.*, 1979; Horesh *et al.* 1981; Moraghan, 1979; Farley y Draycott, 1978), pero a pesar de todos estos factores, se buscan opciones para mejorar la eficiencia de los fertilizantes cuando se tienen situaciones adversas que afectan el desarrollo de los cultivos.

La principal ventaja que afirma el Grupo Agrimartin (1999), es la rapidez de actuación y asimilación, que puede efectuarse a pocas horas o varios días después de aplicarse. En el caso del nitrógeno (urea) se absorbe el 50% en un rango de una a seis horas, o puede continuar por varios días, y con el fósforo el 50% se absorbe en 15 días. Este tiempo puede ser menor si se utilizan quelatos orgánicos donde el 50% del nitrógeno y fósforo se absorbe en 12 minutos y dos horas respectivamente (Graff, 1990; Johnson, 1989).

Entre los usos que se le ha dado está la complementación de la fertilización edáfica, por ejemplo Trobisch y Schilling (1970), argumentan que las aplicaciones foliares de nutrientes en la etapa reproductiva puede compensar el decline de la actividad de las raíces al entrar en esta etapa, igualmente Garcia y Hanway (1976), mencionan que la aplicación de nitrógeno en leguminosas en la etapa reproductiva es bastante efectiva en incrementar los rendimientos de semilla en las plantas, sin embargo Neumann (1982) dice que no es posible hacer generalizaciones respecto al efecto benéfico de aplicaciones foliares con nitrógeno en leguminosas.

La calidad del grano en los cereales es muy afectada con las aspersiones foliares en etapas tardías del cultivo ya que estos nutrientes son transportados directamente de las hojas para el desarrollo del grano (Marschner, 1986). Harder *et al.* (1982) encontraron que la aplicación de fertilizantes por vía foliar aumenta el porcentaje de nitrógeno y fósforo en el grano, sin embargo, Lauer (1982) informa que por aspersión foliar de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en frijol, no afecta la concentración de estos elementos en las semillas.

En resumen podemos mencionar que la fertilización foliar aumenta el desarrollo de la planta, estimula el crecimiento de las hojas y su densidad, favorece la formación de inflorescencias, aumenta los rendimientos, mejora la calidad del contenido nutricional del grano (Grupo Agrimartin (1999), ya que según como menciona S. ANDO & Cia. (s. f.), con aplicaciones foliares podemos lograr que el periodo de estrés, como pueden ser ataque de plagas, sequía, enfermedad, inmovilizaciones de nutrientes, malas condiciones edáficas y otras, sean mas cortos y pueda seguir con su desarrollo disminuyendo el momento de detención del crecimiento debido a estos factores. Otra ventaja importante en nuestros suelos según Black (1993) es que no acidifica el suelo debido al lugar de aplicación.

2.7. DESVENTAJAS DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

El principal problema encontrado en la fertilización foliar según Black (1993), es el daño causado al follaje que reduce la actividad fotosintética momentánea del cultivo y que afecta el rendimiento final del grano, inclusive puede dañar los frutos con aplicaciones en árboles frutales. Igualmente Marschner (1986) menciona que este método de fertilización causa daño a las hojas provocando quemaduras y necrosis.

Black (1993) aporta también como desventaja la pobre penetración, que esta muy relacionado con la edad de la hoja, el ambiente y la variedad de la planta, pobre traslocación y una actividad costosa por la necesidad de hacer repetidas aplicaciones para suplir los requerimientos debido a la baja tasa de absorción, principalmente con macronutrientes, obteniendo resultados irregulares. Igualmente Marschner (1986) afirma que la baja penetración se da particularmente en hojas con cutículas gruesas y las cantidades limitadas de macronutrientes que pueden ser suministradas.

Otras desventajas que incluye este autor es que no entran o se corren en superficies hidrofóbicas haciendo difícil la penetración, tienen gran riesgo de ser lavados por la lluvia, rápido secado del rocío cuando las temperaturas son altas en el día y tasas limitadas de retraslocación donde químicos aplicados foliarmente pueden ser no traslocados a los centros de consumo para los que son aplicados, como es a las raíces o nuevo crecimiento producido después de la aplicación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el cuadrante # 3 del Pivote Central, San Nicolás, de los terrenos de producción de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, Departamento Francisco Morazán, Honduras. La altitud a la que se encuentra el sitio es aproximadamente a 800 m.s.n.m.

El terreno tiene una pendiente ligera de 2% y una precipitación media anual de 1,100 mm por año distribuidos generalmente en los meses de junio a noviembre.

3.2. SUELO

3.2.1. Características químicas

Previo al ensayo se realizó un análisis de suelo encontrándose un contenido medio de nitrógeno (0.10%) y potasio (131 ppm), un contenido bajo de fósforo (7 ppm) y un pH moderadamente ácido de 5.62. El contenido de materia orgánica fue medio con un 2.10%, lo cual se muestra en el anexo 1.

3.2.2. Características físicas

Las características físicas predominante del suelo es una textura franco con transición franco / franco arcillo arenoso. El porcentaje de arena, limo y arcilla fue de 50-28-22 respectivamente, con una densidad aparente alta de 1.33 g/cm³ y una profundidad efectiva de 45 cm y un pie de arado que fluctúa de los 20 cm hasta los 40 cm (Barahona, 2001)¹.

¹Barahona, R. 2001. Caracterización de suelos de Zamorano (entrevista). Francisco Morazán, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se realizó fue Bloques Completamente al Azar (BCA) con cuatro repeticiones y 10 tratamientos. La unidad experimental fue de seis hileras de 10 m de largo. El área útil fueron las dos hileras centrales recortadas a ocho metros para reducir o eliminar el efecto de borde.

3.4. MATERIALES

3.4.1. Material genético

El material genético que se utilizó para comparar los sistemas de fertilización, es la variedad de polinización libre Guayape que produce la Zamoempresa de Cultivos Extensivos para la venta de semilla.

Según los resultados del análisis de suelo, de los 3 macronutrientes con los que se fertiliza principalmente el cultivo, Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K), sólo suplimos el nitrógeno y el fósforo ya que el potasio se encontró en cantidades suficientes que no ameritaba la aplicación de algún fertilizante que contenga este elemento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimiento del cultivo por hectarea según programa de fertilización de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, El Zamorano, Honduras.

Requerimientos del Cultivo	-	Aporte del Suelo	=	Cantidad a Suplir
180 kg Nitrógeno	-	36 kg Nitrógeno	=	144 kg Nitrógeno
100 kg Fósforo	-	22 kg Fósforo	=	78 kg Fósforo
80 kg Potasio	-	251 kg Potasio	=	0 kg Potasio

3.4.2. Fertilizantes Utilizados

Se utilizaron 2 tipos de fertilizantes con los que se hicieron las aplicaciones:

Fertilizantes Granulados:

- Mixto (18-46-0)
- Urea (46-0-0)

Las aplicaciones edáficas se hicieron con 18-46-0 mezclado con urea donde fue necesario para aplicar los niveles deseados. Adicionalmente, la urea se utilizó como fertilizante foliar en vista de su alta solubilidad.

Fertilizantes Solubles:

- Ácido fosfórico (0-61-0)
- Solución urea nitrato de amonio (32-0-0)

Ambos fertilizantes se utilizaron en aplicaciones foliares según se especifique en cada tratamiento.

Las aplicaciones se hicieron según el tipo de producto, el fertilizante mixto se aplicó cuando las plantas tenían cuatro hojas, mientras que los fertilizantes foliares se aplicaron foliar utilizando una bomba de mochila manual con boquilla 8003. Los productos se midieron antes de aplicarlos con una probeta de 1,000 ml.

3.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron formulados según los niveles estandarizados que se obtuvieron a partir del análisis de suelo, donde se encontró que el área a sembrar contiene 36 kg de nitrógeno por hectárea y faltaría de aplicar 144 kg de nitrógeno para suplir los requerimientos del cultivo. En el caso del fósforo, se encontraron 22 kg de P_2O_5 por hectárea quedando por aplicar 78 kg de P_2O_5 para suplir los requerimientos.

Las aplicaciones se hicieron según el sistema que se empleó, y las podemos subdividir así:

- ❖ Comparar la fertilización edáfica tradicional aplicando a la siembra (AS) todo el fósforo y nitrógeno según el aporte del fertilizante completo, aplicando a los 30 días después de la siembra (DDS) el resto del nitrógeno en forma de urea.
- ❖ Comparar la fertilización edáfica de urea con aplicaciones foliares con la misma.
- ❖ Aportaciones de fracciones variables de nitrógeno y fósforo foliarmente durante el ciclo del cultivo hasta la fase de llenado de grano, con fraccionamientos variables de aplicación edáfica.

Las fertilizaciones edáficas basales se hicieron cuando las plantas tenían cuatro hojas y ya no dependen de las reservas de la semilla. En el estudio consideramos esta aplicación a la siembra (AS). Se realizó así por que al momento de la siembra manual, dificultó la ubicación del sitio de colocación del fertilizante en relación al surco donde depositaba la semilla y los posibles riesgos de envenenamiento de sales. Las aplicaciones foliares se hicieron según los tratamientos diluyendo los productos en 600 litros de agua por hectárea, al igual que la urea. Se combinó fertilizante completo con urea para poder balancear las formulaciones que no se acoplaban a los tratamientos, edáficamente.

Los valores que se encuentran entre paréntesis en las aplicaciones, son porcentajes del elemento al momento que se hizo cada aplicación.

Tratamiento 1: Este es el testigo donde se fertilizó al suelo, como se practica convencionalmente con aplicaciones edáfica de:

AS = 170 kg 18-46-0/ha (21% N y 100% P)
30 DDS = 246 kg Urea/ha (79% N)

Tratamiento 2: Se aplicó del 50% de nitrógeno edáfica y 50% foliarmente en dos fraccionamientos y todo el fósforo al suelo:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 90 kg Urea/ha (50% N total y 100% P).....Al suelo
20 DDS = 78 kg Urea/ha (25% N).....Foliar
45 DDS = 78 kg Urea/ha (25% N).....Foliar

Tratamiento 3: Se aplicó del 50% de nitrógeno edáfica y 50% foliarmente en tres fraccionamientos y todo el fósforo al suelo:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 90 kg Urea/ha (50% N total y 100% P).....Al suelo
20 DDS = 52 kg Urea/ha (16.6% N).....Foliar
40 DDS = 52 kg Urea/ha (16.6% N).....Foliar
60 DDS = 52 kg Urea/ha (16.6% N).....Foliar

Tratamiento 4: Se aplicó del 50% de nitrógeno edáfica y 50% foliarmente en cuatro fraccionamientos y todo el fósforo al suelo:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 90 kg Urea/ha (50% N y 50% P).....Al suelo
20 DDS = 39 kg Urea/ha (12.5% N).....Foliar
40 DDS = 39 kg Urea/ha (12.5% N).....Foliar
60 DDS = 39 kg Urea/ha (12.5% N).....Foliar
80 DDS = 39 kg Urea/ha (12.5% N).....Foliar

Tratamiento 5: Se aplicó del 25% del nitrógeno y el 50% del fósforo al momento de la siembra complementando con aplicaciones foliares el 75% del nitrógeno y el 50% del fósforo:

AS = 85 kg 18-46-0/ha + 46 kg Urea/ha (25% N y 50% P).....Al suelo
20 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
40 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
60 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
80 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar

Tratamiento 6: Se aplicó del 25% del nitrógeno y el 100% del fósforo a la siembra, supliendo el resto del nitrógeno foliarmente:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 13 kg 0-46-0/ha (25% N y 100% P).....Al suelo
20 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N).....Foliar
40 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N).....Foliar
60 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N).....Foliar
80 DDS = 84 L 32-0-0/ha (18.75% N).....Foliar

Tratamiento 7: Se aplicó el 50% del nitrógeno y 50% del fósforo a la siembra y el resto foliarmente con 4 aplicaciones:

AS = 85 kg 18-46-0/ha + 124 kg Urea/ha (50% N y 50% P).....Al suelo
20 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
40 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
60 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar
80 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....Foliar

Tratamiento 8: Se aplicó el 50% del nitrógeno y el 100% de fósforo a la siembra, con aplicaciones foliares para suplir el nitrógeno:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 90 kg Urea/ha (50% N y 100% P).....	Al suelo
20 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N).....	Foliar
40 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N).....	Foliar
60 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N).....	Foliar
80 DDS = 56.25 L 32-0-0/ha (12.5% N).....	Foliar

Tratamiento 9: Se aplicó del 75% del nitrógeno y el 50% del fósforo a la siembra, supliendo el resto de ambos elementos foliarmente:

AS = 85 kg 18-46-0/ha + 202 kg Urea/ha (75% N y 50% P).....	Al suelo
20 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....	Foliar
40 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....	Foliar
60 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....	Foliar
80 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N) + 16.5 L 0-61-0/ha (12.5% P).....	Foliar

Tratamiento 10: Se aplicó del 75% del nitrógeno y el 100% del fósforo a la siembra, supliendo el nitrógeno foliarmente:

AS = 170 kg 18-46-0/ha + 170 kg Urea/ha (75% N y 100% P).....	Al suelo
20 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N).....	Foliar
40 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N).....	Foliar
60 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N).....	Foliar
80 DDS = 28 L 32-0-0/ha (6.25% N).....	Foliar

3.6. MANEJO DEL ENSAYO

3.6.1. Preparación del terreno

Previamente en el área experimental se hicieron dos pases con arado de cincel seguido por una rastra pesada y una liviana, las hileras se marcaron con una sembradora vacía a 0.8 m entre ellas para la siembra manual.

3.6.2. Siembra

Al momento que se sembró, se abrieron surcos en las hileras premarcadas donde se colocaron dos semillas por postura para asegurar una población del 100%, realizando un raleo a los 15 días después de la siembra (DDS) para dejar 1 planta por postura y garantizar población final. La fecha de siembra fue el 16 de julio del 2001 obteniéndose la germinación 7 DDS. La distancias de siembra fueron 0.8 m entre hileras y 0.22 m entre plantas para obtener una población de 55,000 pl/ha.

3.6.3. Fertilización

Se realizó según como se describe en cada tratamiento.

3.6.4. Control de malezas

Este comenzó con la preparación del terreno con aplicaciones de herbicidas preemergentes utilizando Lazo (*Alachlor*) mezclado con Gesaprin (*Atrazina*) con dosis de 2 lt/ha y 2.5 lb/ha respectivamente. El segundo control se realizó al mismo tiempo en que se aplicaron todos los tratamientos a los 35 DDS manualmente.

3.6.5. Manejo fitosanitario

Preventivamente la semilla estaba tratada con Marshall (*Confidor*) con dosis de 200 g/qq. El primer control se hizo para plagas de suelo (*Agrotis spp.*, *Sp sunia* y *Sp. frujiperda*) aplicando 0.7 lt/ha de Lorsban (*Clorpyrifos*) por la noche a los 11 DDS . El segundo control se hizo contra cogollero (*Sp. frujiperda*) aplicando 1 lt/ha de Pyninex (*Clorpyrifos*). El último control se hizo a los 35 DDS contra la misma plaga aplicando 38 lb/ha de Volaton 2.5% (*Fosin*) al cogollo.

3.6.6. Riego

A pesar que el ensayo se realizó en invierno, se regó una vez por semana en promedio, aplicando una lamina de 25 mm debido a irregularidades climáticas. La lamina total que se aplicó fue de 80.5 mm en cinco riegos con diferentes laminas, hasta los 31 DDS.

3.6.7. Cosecha

Se realizó manualmente el primero de noviembre cuando el grano tenía 30% de humedad. El área cosechada fueron las dos filas centrales recortadas a ocho metros.

3.6.8. Secado

Luego de cosechado se introdujeron las mazorcas (de cada tratamiento por separado) a la secadora de la planta de semilla de la ZECE, por cinco días hasta bajar la humedad a 12.41%. Seguido a esto, se desgranó y se procedió a tomar datos para analizar las variables de rendimiento y sus componentes que se mencionan a continuación.

3.7. VARIABLES

3.7.1. Variables Fenológicas:

- Días a Floración tanto masculina como femenina. Se tomaron contando el número de días a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan liberado polen y los estigmas estén emergidos.
- Días a Madurez Fisiológica, se hizo visualmente.
- Altura de la Planta, se midieron desde el suelo hasta la base de la espiga.
- Altura de la mazorca, que se tomó midiendo desde el suelo hasta la base de la primera mazorca.
- Acame de Raíz, se tomaron como acamadas las plantas con una inclinación mayor o igual a 45° con relación a la vertical.

3.7.2. Variables de Rendimiento y sus Componentes:

- Rendimiento en kg/ha
- Peso promedio de la mazorca individual.
- Porcentaje de desgrane.
- Número promedio de mazorcas por planta.
- Tamaño del grano, granos/kg.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES FENOLÓGICAS

Los resultados generales se presentan en el cuadro 2. El análisis estadístico reveló que las aplicaciones foliares no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), lo que refleja un comportamiento normal del cultivo ya que los tratamientos no alteraron ninguna característica fenológica. Esto indica que las diferencias que pudieran existir en el terreno no influyeron en los resultados del estudio, lo que es importante para aplicaciones prácticas foliares a futuro si la ZECE así lo decide.

Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre bloques y entre tratamientos (Anexo 4), lo que indica que los bloques no fueron eficientes en remover variabilidad y resultó en mayor error experimental.

Los días a madurez fisiológica no mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ya que tuvieron un comportamiento similar a la variable de días a floración masculina (57-66 DDS), dado que todos los tratamientos llegaron a alcanzar la madurez fisiológica 59-62 días después de esta floración (Cuadro 2). Posiblemente los factores ambientales y de manejo no afectaron a estas variables, ya que son controladas por el genotipo, lo que igual sucede con la altura de la planta y altura de la mazorca.

El ensayo completo reflejó un ajuste ($R^2=0.40$) de los datos bajo, pero a pesar de esto, los coeficientes de variación ($CV= 6.84$) fueron bajos lo que indica que el manejo del estudio fue confiable (Anexo).

El acame de raíz muestra una un CV (>110) bastante elevado (Anexo 1), en relación a las demás variables, con un R^2 bien pobre sin efecto significativo ($P \leq 0.05$) entre tratamientos y bloques (Cuadro 2), lo que indica que el ensayo tuvo un mal manejo con resultados erráticos respecto a esta variable. Esto se debe en parte a la irregularidad del aporque que se hizo en la deshierba, por mano de obra deficiente no calificada y por la dificultad de la manipulación del terreno con diferentes contenidos de humedad.

El efecto ambiental influyó fuertemente sobre los resultados de esta variable, como son los vientos fuertes acompañados de lluvia ocurridos después de la floración, que dificultaban aun más el anclaje de las plantas, a esto se le puede agregar la baja densidad de plantas que hace más propenso a la entrada de aire

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de fertilización foliar sobre la fenología del maíz cv Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.

Trat	Al suelo		Foliar		Días a floración masculina	Días a floración femenina	Altura de planta (m)	Altura de mazorca (m)	Acame de raíz (%)
	N%	P%	N%	P%					
1									
▲.	100	100	0	0	58	64	2.22	1.21	3.75
2 ∅	50	100	50	0	58	66	2.29	1.37	3.75
3 Δ	50	100	50	0	58	66	2.36	1.26	3.33
4•	50	100	50	0	63	70	2.41	1.37	2.50
5•	25	50	75	50	66	73	2.14	1.16	3.75
6•	25	100	75	0	60	66	2.28	1.23	5.00
7•	50	50	50	50	63	70	2.18	1.15	5.00
8•	50	100	50	0	62	69	2.28	1.25	5.00
9•	75	50	25	50	61	67	2.28	1.29	2.25
10•	75	100	25	0	57	65	2.28	1.29	6.67

∅ = 2 fraccionamientos del fertilizante foliar (FFF), Δ = 3 FFF, • = 4 FFF, ▲ = testigo de la ZECE

4.2. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

4.2.1. Rendimiento. Los tratamientos tuvieron efectos sobre el rendimiento ($P \leq 0.10$), en cambio el uso de bloques no fueron eficientes en remover variabilidad. El ensayo tuvo un coeficiente de variación muy bueno (13.97) que indica un manejo confiable del mismo (Anexo 4). Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 3. Las diferencias reflejan que el tratamientos tres donde se aplicó el 50% del N al suelo y 50% con urea foliarmente con tres fraccionamientos tiene el mayor rendimiento, sin tener diferencia estadísticamente significativa con los demás tratamientos; a excepción del tratamiento cinco donde se aplicó 75% del N con la solución de urea-nitrato de amonio y el 50% del P con ácido fosfórico y el tratamiento seis donde se aplicó el 75% del N con la solución de urea-nitrato de amonio; ambos con los cuatro fraccionamiento cada 20 DDS vía foliar.

Es de notar que el tratamiento tres, a pesar de que la mayoría de los componentes de rendimiento no son significativos, tiene los valores más altos en relación a los demás tratamientos, destacándose en un mayor número de mazorcas por planta y en peso promedio de las mazorcas que son los causales de obtener el rendimiento más alto de todo el ensayo.

El tratamiento nueve donde se aplico el 25% de N con la solución de urea-nitrato de amonio y el 50% de P con ácido fosfórico foliarmente con cuatro fraccionamientos cada 20 DDS, reflejaron los segundos mejores resultados lo que indica que el cultivo responde bien a la aplicación de P por esta vía, igualmente la aplicación con la solución de urea-nitrato de amonio refleja su efecto, ya que por el bajo porcentaje de N que se aplico utilizando este producto, no dañó el área foliar manteniendo así la actividad fotosintética

a lo largo de todo el ciclo del cultivo y aportando los nutrientes necesarios en una etapa muy crítica del desarrollo como es la floración y formación y llenado de grano.

La variabilidad de los resultados se deben seguramente a las diferentes concentraciones de las mezclas que se aplicaron foliarmente, las cuales causaron daños al área foliar del cultivo alterando la actividad fotosintética momentáneamente y por consiguiente una disminución posible en el rendimiento (Harder *et al.* 1982). Se nota una clara tendencia respecto al porcentaje de nutrimentos aplicados foliarmente y el rendimiento ya que a más fertilizante aplicado foliarmente, menor es el rendimiento debido al mismo estrés a que es sometida la planta, principalmente cuando se aplica el 75% del N con la solución de urea-nitrato de amonio.

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de covarianza por la densidad desuniforme de plantas debido a la mala emergencia de la semilla, lo cual estuvo fuertemente influenciado por la costra superficial del terreno debido a un sobre laboreo al que fue sometido el lote. Igualmente el ataque de plagas tuvo influencia sobre la densidad, ya que hubo un fuerte brote que afectó fuertemente a las plántulas en los primeros días después de la emergencia. El brote provenía de cultivos vecinos de maíz en etapas avanzadas que se encontraban en el cuadrante unos y dos, contiguo al ensayo (cuadrante 3).

El análisis con el número final de plantas resultó altamente significativas ($P \leq 0.10$), por lo que se ajustaron los rendimientos según el número de plantas cosechadas por cada tratamiento por la influencia que había de la población sobre el rendimiento (Anexo 2).

4.2.2. Peso promedio de mazorcas. Esta variable reflejó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.10$) entre los tratamientos, encontrándose un mayor peso de la mazorca en el tratamiento número tres donde se aplicó el 50% nitrógeno foliarmente con tres fraccionamientos de urea y un menor peso en el tratamiento seis cuando se aplicó el 75% del N con la solución urea-nitrato de amonio con cuatro fraccionamientos (Cuadro 3). El CV fue bajo (13.85) a pesar de obtener un R^2 (0.54) medio (Anexo 1).

Esto se debe posiblemente a las diferentes concentraciones que tuvieron las aplicaciones, siendo más altas cuando se aplicó el 75% del nitrógeno en relación al tratamiento donde se aplicó el 50% del nitrógeno. Esto se puede explicar según lo que menciona Black (1993), por el daño causado al follaje que reduce la actividad fotosintética momentánea del cultivo que afecta el rendimiento final del grano y pudo haber afectado este a través de este componente de rendimiento.

Las concentraciones altas de las aplicaciones tardía afectan negativamente los rendimientos ya que afectamos a las hojas jóvenes, que están arriba de la mazorca, que son las que traslocan los nutrientes a la mazorca en la etapa del llenado de grano, en cambio las aplicaciones previo a la floración no afectan la actividad fotosintética de estas hojas al momento de nutrir al grano.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de fertilización sobre el rendimiento y los componentes de rendimiento en Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.

Trat	Al suelo		Foliar		Rendimiento (kg/ha)	No. De mazorcas por planta	Peso de mazorca (g)	Número de granos/kg	Porcentaje de desgrane
	N%	P%	N%	P%					
1♣	100	100	0	0	4247abc	1.15ab	177ab	3,187	82
2ó	50	100	50	0	4362ab	1.15ab	190ab	3,045	82
3Δ	50	100	50	0	4697a*	1.20a*	217a*	3,125	82
4•	50	100	50	0	4386ab	1.15ab	215a	3,015	80
5•	25	50	75	50	3601 bcd	1.06 bc	160 b	3,135	81
6•	25	100	75	0	3222 d	1.00 c	152 b	3,347	81
7•	50	50	50	50	3765abcd	1.07 bc	165ab	3,252	82
8•	50	100	50	0	4178abc	1.10abc	187ab	3,215	82
9•	75	50	25	50	4486ab	1.20a	185ab	3,127	82
10•	75	100	25	0	4219abc	1.18ab	177ab	3,071	82

ó = 2 fraccionamientos del fertilizante foliar (FFF), Δ= 3 FFF, • = 4 FFF. * = Promedios seguidos con letras iguales en la columna no tienen diferencia significativa con $\alpha \leq 0.10$, ♣ = testigo de la ZECE

4.2.3. Porcentaje de desgrane. El uso de bloques y el efecto de los tratamientos no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.10$) (Anexo 1). En el porcentaje de desgrane esto se debe a que los datos obtenidos fueron muy similares e iguales en ciertos tratamientos (Cuadro 3), en cambio, los datos obtenidos en el número de mazorcas por planta varían un poco pero no lo suficiente para ser estadísticamente diferentes.

El porcentaje de desgrane muestra un manejo excelente del ensayo con un coeficiente de variación bastante bajo (2.64), en cambio el número de mazorcas por planta tiene un CV (13.85) lo suficientemente bueno para la complejidad del ensayo. El R^2 (0.28) indica que el ajuste de los datos al modelo de ambas variables fueron bajos (Anexo 1).

4.2.4. Número de mazorcas por planta. El uso de bloques no fue lo suficientemente eficiente para remover variabilidad, lo que indica que la diferencia significativa ($P \leq 0.10$) se debe al efecto de los tratamientos y no por efectos del terreno (Anexo 2). A esto, se le atribuye también el efecto de la población sobre el número de mazorcas por planta ya que al haber menos población, las plantas tienden a volverse más prolíficas que se podría traducir en una mayor producción de mazorcas por planta.

El ajuste de los datos al modelo es medio (0.62) en cambio el coeficiente de variación (5.45) indica que se llevo un manejo del ensayo confiable.

4.2.5. Tamaño del grano. El efecto de los tratamientos sobre el tamaño del grano o número de granos por kilogramo, no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.10$) (Anexo 1), a pesar de ser numéricamente diferentes (Cuadro 3).

Los datos obtenidos reflejan un ajuste relativamente bajo al modelo (0.51), en cambio el manejo del ensayo fue muy bueno por los coeficientes de variación (5.58) bastante bajo (Anexo 4).

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cuadro 4 se muestran las rentabilidades obtenidas a partir del análisis costo beneficio. El tratamiento tres obtuvo la mayor rentabilidad (52.21%) por tener el mayor rendimiento y un 13% más de ingreso neto con un 9% de más de costo (Cuadro 5).

La segunda mayor rentabilidad (50.57%) la obtuvo el testigo a pesar de tener un menor rendimiento en relación al tratamiento dos y cuatro donde se aplicó el 50% del N en dos y tres fraccionamientos respectivamente y el tratamiento nueve donde se aplicó el 25% del N con la solución de urea-nitrato de amonio y el 50% de P con ácido fosfórico, que obtuvieron rendimientos más altos. Esto se debe a que en el testigo hubo un menor costo de mano de obra ya que no se le realizaron aplicaciones foliares.

Los tratamientos cinco, seis y siete obtuvieron las rentabilidades más bajas (negativas) del estudio, esto se debe a que estos tratamientos obtuvieron los costos por insumos más altos en relación a los demás tratamientos. La variación de la rentabilidad se ve fuertemente influenciada por los costos diferenciales que existen en los insumos, la mano de obra, procesamiento y por la maquinaria y equipo, seguido por los ingresos según el rendimiento de cada tratamiento (Cuadro 4).

La variabilidad de los costos en los insumos se da principalmente por el precio y por las diferentes cantidades de fertilizantes que se usaron en las aplicaciones. En los tratamientos dos, tres y cuatro, donde se aplicó el 50% del N con urea, muestran una mínima diferencia en relación al testigo, ya que se utilizó la misma cantidad de fertilizante para cada uno y el causante de la variación es el costo del adherente en las aplicaciones foliares (Anexo 3), igualmente la variación que hay en el costo de la maquinaria y equipo es mínima, ya que lo único que varió fue el acarreo de agua siendo el mismo costo en los tratamientos cuatro hasta el diez, donde se hicieron cuatro fraccionamientos de las aplicaciones foliares.

Con la mano de obra la variabilidad se da igualmente como se da en el costo de maquinaria y equipo, ya que depende del número de aplicaciones en cada tratamiento siendo el mismo costo en los tratamientos cuatro hasta el diez (Anexo 3), en cambio los costos de procesamientos y los ingresos dependen de los rendimientos de cada tratamiento.

Cuadro 4. Estado de resultados de los tratamientos con aplicaciones foliares en la producción de maíz Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.

CONCEPTO	TESTIGO	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10
INSUMOS	2,767	2,868	2,918	2,968	19,816	14,108	16,142	10,428	12,395	6,686
MAQ Y EQUIPO	6,600	6,713	6,826	6,939	6,939	6,939	6,939	6,939	6,939	6,939
MANO DE OBRA	9,330	10,232	11,148	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057	12,057
ADMINISTRATIV	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496	4,496
OTROS	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193
PROCESAMIENT	8,324	8,550	9,206	8,597	7,058	6,315	7,377	6,315	8,793	8,269
TOTAL	32,711	34,051	35,787	36,249	51,559	45,108	48,205	41,428	45,872	39,640
INGRESO BRUT	49,253	50,586	54,471	50,865	41,761	37,366	43,651	48,453	52,024	48,928
INGRESO NETO	16,542	16,536	18,684	14,615	-9,798	-7,743	-4,553	7,024	6,152	9,288
RENTABILIDAD (%)	50.57	48.56	52.21	40.32	-19.00	-17.16	-9.44	16.95	13.41	23.43

Área sombreada: Costos diferenciales.

En los resultados obtenidos (Cuadro 4), demuestran que no hay un cambio sustancial en la rentabilidad de pasar del testigo a los tratamientos tres, donde se aplicó el 50% del N con urea en tres fraccionamientos, por el aumento de los costos de mano de obra, pero hay que tomar en cuenta que estos costos pueden ser reducidos ya que se pretende hacer las futuras aplicaciones por el sistema de riego de pivote central.

4.3.1. Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad para ver la influencia que tiene el costo de mano de obra en las aplicaciones foliares sobre la rentabilidad en cada tratamiento simulando que las aplicaciones se harán a través del sistema de riego con pivote central (Cuadro 6).

Cuadro 5. Estado de resultados de los tratamientos de fertilización foliar sin los costos de mano de obra en la producción de maíz Guayape, El Zamorano, Honduras, 2001.

CONCEPTO	Testigo	trt 2	trat 3	trt 4	trt 5	trt 6	trt 7	trt 8	trt 9	trt 10
INSUMOS	2767	2868	2918	2968	19816	14108	16142	10428	12395	6686
MAQ Y EQUIPO	6771	6713	6826	6939	6939	6939	6939	6939	6939	6939
MANO DE OBRA	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513	7513
ADMINISTRATIVOS	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496
OTROS	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193
PROCESAMIENTO	8324	8550	9206	8597	7058	6315	7377	6315	8793	8269
TOTAL	31065	31324	32152	31706	47015	40564	42599	36884	41328	35096
INGRESO B.	49253	50586	54471	50865	41761	37366	43651	48453	52024	48928
INGRESO N.	18187	19262	22319	19159	-5254	-3199	1053	11568	10696	13832
RENTABILIDAD %	58.55	61.49	69.42	60.43	-11.18	-7.89	2.47	31.36	25.88	39.41

5. CONCLUSIONES

Aplicaciones foliares de macronutrientes no afectaron el comportamiento fenológico del cultivo, a pesar de los daños causados por las altas concentraciones, tampoco influyeron en la senescencia del mismo teniendo un comportamiento normal en su desarrollo.

Las concentraciones de las mezclas aplicadas foliarmente dañaron el área foliar del cultivo provocando una disminución momentánea de la actividad fotosintética que afectó negativamente el rendimiento, principalmente cinco donde se aplicó 75% del N con la solución de urea-nitrato de amonio y el 50% del P con ácido fosfórico y con aplicaciones del 75% del N con la solución de urea-nitrato de amonio; ambos con cuatro fraccionamientos cada 20 DDS.

Las aplicaciones foliares con urea muestran buen potencial al aumentar el peso de la mazorca en relación a los demás tratamientos con nitrato de amonio y ácido fosfórico, donde se ve más reducido el rendimiento y posiblemente reduciendo los costos de aplicación y mejorando la eficiencia de utilización del N.

Son factibles las aplicaciones foliares con urea si se aplican por medio del pivote ya que el costo de mano de obra se disminuiría, logrando un aumento en la rentabilidad.

Las aplicaciones foliares de P no dieron resultados significativamente diferentes en relación a los mejores rendimientos alcanzados donde se aplicó el 50% del N en tres fraccionamientos con urea, pero sí muestra rendimientos numéricamente más altos (240 kg/ha) en relación al testigo.

Las aplicaciones foliares ácido fosfórico y la solución de urea-nitrato de amonio son menos rentables que las aplicaciones de urea por el elevado costo de los fertilizantes.

6. RECOMENDACIONES

Monitorear concentración de las soluciones de futuras aplicaciones para evitar daño al follaje del cultivo que afecten la actividad fotosintética de la planta.

Utilizar urea como fuente de fertilizante para la nutrición foliar ya que es mas económicamente rentable que las aplicaciones de la solución de urea-nitrato de amonio, sobre todo si se requieren aplicaciones tardías.

Hacer más fraccionamientos con concentraciones más bajas con la solución de urea-nitrato de amonio.

Realizar otro estudio para medir el efecto del número de fraccionamientos con urea sobre el rendimiento; por el efecto positivo que tuvo sobre esta variable, el cual se ve afectado por el número de mazorcas por plantas.

Hacer monitoreos de absorción foliar de N por medio de análisis para medir la eficiencia de utilización de este elemento.

Repetir el ensayo con aplicaciones con diferentes fraccionamientos de urea con la densidad de plantas deseada, utilizando el fertirriego con el pivote.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ashmead, M. K.; Gowing, D. P.; Schilling, G. 1986. "Organic Matter Management and Utilization of Soil and Fertilizer Nutrients, " Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems, (Madison, WI: Soil Science Society of America).

Baligar, V. C.; Duncan, R. R. (ed). 1991. Crops as enhancers of nutrients use. Academic Press, Inc. San Diego. 574 p.

Baligar, V. C.; Bennett, O. L. 1986. NPK-fertilizer efficiency_a situation analysis for the tropic. Fert. Res. 10: 147-164.

Batten, G. D.; Wardlaw, I. F. 1987. Senescence of the flag leaf and grain yield following late foliar and root applications of phosphate on plants of differing phosphorus status. Journal of plant nutrition 10: 735-748.

Below, P.; Mengel, K.; Staples, C. 1984. Foliar applications of nutrients on maize. I Yield and N content of grain and stover. Journal Agronomy. 76:773-776.

Black, C. A. 1993. Soil fertility evaluation and control: Soil testing and lime requirement. Iowa. USA. Lewis Publishers. 731 p.

Bohn, H. L.; McNeal, B. L.; O'Connor, G. A. 1979. Soil Chemistry, (New York: Wiley-Interscience)

Bukovac, M. J.; Wittwer, S. H. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiol. 32:428-435.

Erston, M. 1967. An introduction to soil and plant growth. 5 ed. New Jersey, Estados Unidos.

FAO, 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición, # 25. Roma, Italia s.n.t. 167 p.

Farley, R. F.; Draycott, A. P. 1978. Manganese deficiency in sugar beet and the incorporation of manganese in the coating of pelleted seed. Plant Soil 49:71-83.

Fernandez, A. 1995. Fertilizantes y fertilización. Trad. D. Valentín. Barcelona, ES. Reberté, S. A. 439p.

Graff, D. 1990. Stability constant of bivalent metal chelated into HVP and absorption there from. Sin publicar.

GRUPO AGRIMARTIN. 1999. Productos: Fertilizantes Foliare. (en Linea). Consultado el 5 jul 2001. Disponible en <http://www.agrimartin.com/3.htm>

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Multi-Prensa. Madrid. España. p. 43-44

Harder, H. J.; Carlson R. E.; Shaw, R. H. 1982. Leaf photosynthetic response to foliar fertilizer applied to corn plants during grain fill. *Agronomy Journal* 74:759-761.

Hemwall, J. B. 1957. The fixation of phosphorus by soil. *Adv. Afron.* 9:95-112.

Johnson, B. 1989. Physical characteristics of albin chelates vs other chelates. Sin publicar.

Jugenheimer, R. 1990. Maíz variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Ed. LIMUSA. México. 812 p.

Lauer, D. A. 1982. Foliar fertilization on dry beans with Zn and N, P, K, S. *Journal Agronomy.* 74(2):338-344.

Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants, Second edition. Academic Press. London. 889 p.

Miller, E. 1967. Fisiología vegetal: Funciones de los elementos minerales en las plantas. Trad. F Latorre. 1 ed. México. UTEHA. P. 135

Moraghan, J. T. 1979. Manganese toxicity in flax growing on certain calcareous soils low in available iron. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 1177-1180.

Moya, J. A. 1998. Riego localizado y fertirrigación. fertilización. 2 ed. Ed. Multi-Prensa. Madrid. España. 309 p.

Neuman, P. M. 1982. Late-season foliar fertilization with macronutrients—Is there a theoretical basis for increase seed yields. *Agronomy of Plant Nutrition* 5:1209-1215.

Océano, 2000. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España. 1028 p.

Prasad, R.; De Datta, S. R. 1979. Increasing fertilizer nitrogen efficiency in we hand rice. In IRRI (ed). Nitrogen and rice. Los Banos, Philippines. p 465-483.

Primavesi, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. 5 ed. Sao Pablo, BR. El Ateneo. 499 p.

Rodríguez, F. 1999. Fertilizantes: Nutrición vegetal. México. Ed. AGT. C5:53-77.

Trobisch, S.; Schilling, G. 1970. Beitrag zur Klärung der physiologischen Grundlage der Samenbildung bei einjährigen Pflanzen und zur Wirkung spatter zusätzlicher N-Gaben auf Prozess am Beispiel von *Sinapsis alba* L. *Albrecht-Thaer-Arch.* 14, 253-265.

S. ANDO & CIA. S.A. s. f. Fertilización foliar: Consideraciones generales. (en línea). Consultado el 29 agosto del 2001. Disponible en http://www.usuarios.arnet.com.ar/bimar/_private/consngen.htm

Sanford, W. G.; Gowing, D. P.; Young, H. Y.; Leeper, R. W. 1954. Toxicity to pineapple plants of biuret found in urea fertilizers from different sources. *Science* 120:349-350.
Upadhyay, H.; Deshmukh, R. P.; Rajput, R. P.; Deshmukh, S. C. 1988. Effect of sources, levels and methods of phosphorus application on plant productivity and yield of soybean. *Indian Journal of Agronomy.* 33:14-18.

Upadhyay, H. ; Deshmukh, R. P.; Rajput, R. P.; Deshmukh, S. C. 1988. Effect of sources, levels and methods of phosphorus application on plant productivity and yield of soybean. *Indian Journal of Agronomy.* 33:14-18.

Weir, R. G; Nagle, R. K.; Noonan, J. B.; Towner, A. G. W. 1979. Effect of foliar and soil applied molybdenum treatments on molybdenum concentration of maize grain. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16: 761-764

ANEXO 1. Significancias de los resultados estadísticos.

Niveles de significancia para las variables fenológicas con coeficientes de variación y determinación.

Fuentes de variación	Días a floración masculina	Días a floración femenina	Altura de planta (m)	Altura de mazorca (m)	Acame de raíz (%)
Bloque	0.7738	0.9949	0.8568	0.289	0.1748
Tratamiento	0.1007	0.0627	0.3518	0.1571	0.9824
CV%	6.5598	5.1841	6.4285	9.2083	110.73
R ²	0.4173	0.4388	0.3075	0.4233	0.2554

Se realizó prueba SNK para buscar diferencias.

Niveles de significancia para las variables fenológicas con coeficientes de variación y determinación.

Fuentes de variación	Rendimiento (kg/ha)	No. De mazorcas por planta	Peso de mazorca (g)	Número de granos/kg	Porcentaje de desgrane
Bloque		(0.8675)	(0.15503)	0.0056	0.1067
Tratamiento		0.0010	0.0190	(0.3219)	0.9295
CV%		5.45	13.85	5.58	2.64
R ²		0.62	0.54	0.51	0.2836

Nota: Valores entre paréntesis no son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). Se realizó prueba SNK para buscar diferencias.

Anexo 2. Ajuste de rendimiento por covarianza según densidad de plantas. El Zamorano, Honduras, 2001.

Tratamiento	Bloque	Densidad poblacional cultivada por ha	Rendimiento de la densidad poblacional cultivada por ha	Rendimiento promedio ajustado por la covariable en kg/ha
1	1	34,375	4,875	4,247
1	2	44,531	5,154	
1	3	34,375	5,058	
1	4	50,781	4,614	
2	1	30,729	5,548	4,362
2	2	33,594	3,982	
2	3	21,094	3,712	
2	4	37,500	4,939	
3	1	20,313	3,277	4,697
3	2	28,906	4,850	
3	3	29,688	4,480	
3	4	27,344	4,647	
4	1	25,000	3,688	4,386
4	2	33,594	4,708	
4	3	30,469	4,370	
4	4	33,594	4,449	
5	1	40,625	4,882	3,601
5	2	25,781	3,677	
5	3	31,250	2,351	
5	4	32,031	3,682	
6	1	30,469	3,627	3,222
6	2	27,344	2,894	
6	3	33,594	2,816	
6	4	46,875	4,370	
7	1	18,750	2,919	3,765
7	2	34,375	4,495	
7	3	28,125	2,955	
7	4	28,906	3,441	
8	1	33,594	4,968	4,178
8	2	30,469	3,790	
8	3	23,438	3,641	
8	4	25,000	3,236	
9	1	35,938	4,335	4,486
9	2	32,031	4,504	
9	3	33,594	4,388	
9	4	34,375	5,366	
10	1	33,594	5,233	4,219
10	2	36,719	4,765	
10	3	25,781	2,762	
10	4	-	-	

Anexo 3. Costos de producción por tratamientos por ha, El Zamorano, Honduras, 2001.

DESCRIPCIÓN	COSTO POR HECTAREA EN LEMPIRAS									
	TESTIGO	TRT 2	TRT 3	TRT 4	TRT 5	TRT 6	TRT 7	TRT 8	TRT 9	TRT 10
	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72	258.72
Tratador de semilla	382.31	382.31	382.31	382.313	382.313	382.3134	382.313	382.313	382.313	382.313
Herbicida Preemergente	138.37	138.37	138.37	138.371	138.371	138.3707	138.371	138.371	138.371	138.371
	42.99	42.994	42.994	42.9936	42.9936	42.9936	42.9936	42.9936	42.9936	42.9936
Fertilizantes (diferenciales)										
Fertilizante Básico	632.40	632.4	632.4	632.4	312.48	632.4	316.2	632.4	316.2	632.4
Fertilizante Nitrogenado	654.36	654.36	654.36	654.36	122.36	34.58	329.84	239.4	537.32	452.2
Nitrato de amonio	0	0	0	0	11760	11760	7875	7875	3920	3920
Ácido fosfórico	0	0	0	0	5940	0	5940	0	5940	0
Insecticida Químico	161.76	161.76	161.76	161.762	161.762	161.7616	161.762	161.762	161.762	161.762
	152.18	152.18	152.18	152.177	152.177	152.1772	152.177	152.177	152.177	152.177
	331.83	331.83	331.83	331.829	331.829	331.829	331.829	331.829	331.829	331.829
Adherente	12.52	112.7	162.79	212.874	212.874	212.874	212.874	212.874	212.874	212.874
Subtotal	2767.45	2867.6	2917.7	2967.8	19815.9	14108.02	16142.1	110427.8	12394.6	6685.64
MAQUINARIA Y EQUIPO										
Arado Cincel	1301.30	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3	1301.3
Rastra pesada	374.40	374.4	374.4	374.4	374.4	374.4	374.4	374.4	374.4	374.4
Rastra liviana	105.55	105.55	105.55	105.551	105.551	105.5513	105.551	105.551	105.551	105.551
Sembradora (vacía)	460.44	460.44	460.44	460.435	460.435	460.4354	460.435	460.435	460.435	460.435
Aplicación de herbicida Preemer.	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35	148.35
Aplicación de insecticida	380.70	380.7	380.7	380.7	380.7	380.7	380.7	380.7	380.7	380.7
Acarreo de agua	113.11	226.22	339.34	452.448	452.448	452.448	452.448	452.448	452.448	452.448
Acarreo de cosecha	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76	225.76
Riego (Pivote)	3490.00	3490	3490	3490	3490	3490	3490	3490	3490	3490
Subtotal	6599.61	6712.7	6825.8	6938.94	6938.94	6938.945	6938.94	6938.94	6938.94	6938.94
MANO DE OBRA										
Siembra	3031.59	3031.6	3031.6	3031.59	3031.59	3031.59	3031.59	3031.59	3031.59	3031.59
Aplicación de herbicida										
Mecánica	7.85		7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516
Aplicación de insecticida										
Mecánica	7.85	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516	7.8516
Manual	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75	908.75
Aplicación de fertilizantes	1817.00	2726.3	3635	4543.75	4543.75	4543.75	4543.75	4543.75	4543.75	4543.75
Aporque	1613.94	1613.9	1613.9	1613.94	1613.94	1613.94	1613.94	1613.94	1613.94	1613.94
Cosecha	1943.42	1943.4	1943.4	1943.42	1943.42	1943.416	1943.42	1943.42	1943.42	1943.42
Subtotal	9330.40	10232	11148	12057.1	12057.1	12057.15	12057.1	12057.1	12057.1	12057.1
OTROS (Co. Indirectos)	1193.00	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193	1193
ADMINISTRACIÓN	4496.00	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496	4496
PROCESAMIENTO	8324.12	8549.5	9206.1	8596.56	7057.96	6315.12	6315.12	6315.12	8792.56	8269.24
TOTAL	32710	34051	35787	36249	51558	45108	47142	41428	37133	39640