

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO PRODUCTOS ORGÁNICOS Y UN QUÍMICO
COMO FERTILIZANTES FOLIARES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L; EN DOS LOCALIDADES
DEL MUNICIPIO DE IPALA, CHIQUIMULA.**

**TESIS
PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO**

POR

JURY EDGARDO SANCÉ NERIO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO DE 1998

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|--------------------------------------------|--------|
| RESUMEN i | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 2 |
| 3. OBJETIVOS | 3 |
| 4. HIPÓTESIS | 4 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 5.1 El cultivo de frijol | 5 |
| 5.2 La fijación del Nitrógeno | 6 |
| 5.3 Fertilización Foliar | 7 |
| 5.4 Fertilizantes foliares orgánicos | 9 |
| 5.5 Estudios hechos en extractos orgánicos | 12 |
| 6. MARCO REFERENCIAL | 13 |
| 6.1 Localización del área de estudio | 13 |
| 7. METODOLOGÍA | 14 |
| 7.1 Diseño experimental | 14 |
| 7.2 Parcela grande | 14 |
| 7.3 Parcela pequeña | 15 |
| 7.4 Descripción de los tratamientos | 15 |
| 7.5 Tratamientos evaluados | 16 |
| 7.6 Manejo agronómico del experimento | 17 |
| 7.6.1 Material utilizado | 17 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.6.2 Preparación del terreno | 17 |
| 7.6.3 Siembra | 17 |
| 7.6.4 Control de malezas | 17 |
| 7.6.5 Fertilización al suelo | 17 |
| 7.6.6 Fertilización foliar | 18 |
| 7.6.7 Control fitosanitario | 18 |
| 7.7 Variables evaluadas | 18 |
| 7.8 Análisis estadístico | 19 |
| 7.9 Análisis económico | 19 |
| 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 8.1 Análisis estadístico | 21 |
| 8.1.1 Análisis de varianza y prueba de medias para el rendimiento del grano de frijol | 21 |
| 8.1.2 Análisis de varianza y prueba de medias para el peso de 100 semillas de frijol | 24 |
| 8.1.3 Análisis de varianza y prueba de medias para el número de vainas por planta | 27 |
| 8.1.4 Análisis de varianza y prueba de medias para el número de granos por vaina | 29 |
| 8.1.5 Análisis de varianza y prueba de medias para días a madurez fisiológica | 31 |
| 8.2 Análisis económico | 33 |
| 9. CONCLUSIONES | 36 |
| 10. RECOMENDACIONES | 37 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA | 38 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Superficie y rendimiento del cultivo de frijol en Guatemala | 6 |
| 2. Movilidad de nutrientes en la planta de frijol | 7 |
| 3. Descripción de los tratamientos | 15 |
| 4. Análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano de frijol. Ipala, Chiquimula | 21 |
| 5. Diferencia mínima significativa combinada del rendimiento de grano de frijol para la fertilización al suelo. Ipala, Chiquimula | 22 |
| 6. Diferencia mínima significativa combinada del rendimiento de grano de frijol para los fertilizantes foliares. Ipala, Chiquimula | 22 |
| 7. Análisis de varianza combinado para el peso de 100 semillas de frijol. Ipala, Chiquimula | 24 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8. Diferencia mínima significativa combinada del peso de 100 semillas para los fertilizantes foliares. Ipala, Chiquimula | 25 |
| 9. Análisis de varianza del número de vainas por planta. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 28 |
| 10. Análisis de varianza del número de vainas por planta. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula | 28 |
| 11. Diferencia mínima significativa del número de vainas por planta para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 28 |
| 12. Diferencia mínima significativa del número de vainas por planta para los fertilizantes foliares. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula | 29 |
| 13. Análisis de varianza del número de granos por vaina. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 29 |
| 14. Análisis de varianza del número de granos por vaina. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula | 29 |
| 15. Diferencia mínima significativa del número de granos por vaina para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 30 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 16. Diferencia mínima significativa del número de granos por vaina para los fertilizantes foliares. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula | 31 |
| 17. Análisis de varianza del número de días a madurez fisiológica Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 32 |
| 18. Análisis de varianza del número de días a madurez fisiológica Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula | 32 |
| 19. Diferencia mínima significativa del número de días a madurez fisiológica para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula | 32 |
| 20. Diferencia mínima significativa del número de días a madurez fisiológica para los fertilizantes foliares. Aldea El Obraje Ipala, Chiquimula | 33 |
| 21. Presupuesto parcial de los tratamientos | 34 |
| 22. Tasa marginal de retorno | 34 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | No. Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Rendimiento promedio del grano de frijol para los fertilizantes foliares en dos localidades del municipio de Ipala, Chiquimula | 23 |
| 2. Peso promedio de 100 semillas de frijol para los fertilizantes foliares en dos localidades del municipio de Ipala, Chiquimula | 24 |
| 3. Relación entre costos variables y beneficios netos en dos localidades de Ipala, Chiquimula. | |

RESUMEN

Con el objetivo de identificar y seleccionar productos orgánicos que sirvan como fertilizantes foliares para incrementar los rendimientos en el cultivo de frijol, se evaluaron cuatro productos orgánicos en relación a un testigo químico y un absoluto como suplemento a la fertilización al suelo.

El estudio se realizó en época de primera (julio a septiembre de 1997) en dos localidades del municipio de Ipala, siendo estas: Aldea La Granja y El Obraje. Se evaluaron 3 diferentes fuentes e fertilizante al suelo cuya característica principal fue la ausencia de uno de los elementos mayores P; K) en su formulación. Se utilizó una mezcla física de Triple Superfosfato y Muriato de potasio para el tratamiento deficiente en Nitrógeno; para el deficiente en Fósforo, se utilizó Sal Urea Muriato de Potasio y para el deficiente en Potasio, se utilizó Sal Urea y Triple Superfosfato. Los productos foliares evaluados fueron madre cacao, hierba mora, neem, palo de pito, Bayfolán F y un testigo, en un diseño de Bloques al Azar en arreglo de parcelas divididas.

Los resultados obtenidos estadísticamente mostraron diferencias significativas para la variable rendimiento. Se determinó que al aplicar fertilizante al suelo sin Fósforo y sin Potasio se obtuvieron rendimientos de 900.7 y 900.4 Kg/Ha respectivamente, siendo superiores al rendimiento obtenido al aplicar fertilizante al suelo sin Nitrógeno, 832.0 Kg/Ha Mientras tanto el fertilizante foliar que obtuvo el mejor rendimiento fue Bayfolán F (1146.0 Kg/Ha), siendo superior a Neem, Madre Cacao, Palo de Pito, Hierba Mora y Testigo, con 913.8, 832.6, 820.7, 796.7 y 746.5 kg/Ha respectivamente. La variable peso de 100 semillas no mostró diferencias significativas para las fuentes de fertilizante al suelo, solamente para los fertilizantes foliares; siendo Bayfolán F y Palo le Pito los mejores tratamientos con un un peso de 20.84 y 19.90 grs./100 semillas.

Las variables vainas por planta, granos por vaina y días a madurez, mostraron la misma tendencia que las variables anteriores, es decir sólo existieron diferencias significativas entre los fertilizantes foliares, resultando como la mejor alternativa, la utilización del foliar Bayfolán F.

El análisis financiero estableció como mejor alternativa la utilización de Neem, debido a que este tratamiento obtuvo la mayor Tasa Marginal de Retorno, 0.21, seguido por el tratamiento de Bayfolán F, cuya Tasa Marginal de Retorno fue de 0.14.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) dentro del contexto nacional es de gran importancia en la dieta diaria del guatemalteco, ya que según Bassan y Bliss, citados por Chonay), proporciona el 33% de la proteína diaria consumida y se le considera como una fuente no solo esencial sino complementaria de proteínas y calorías.

En nuestro medio, este grano es cultivado en su mayor proporción por pequeños agricultores quienes cada día se les hace más difícil la adquisición de insumos, especialmente fertilizantes químicos, debido a que son por lo general de alto costo, lo cual incrementa considerablemente los costos de producción del cultivo.

En los últimos años, ha cobrado mucha importancia la búsqueda de nuevas alternativas que permitan a los agricultores obtener mejores rendimientos en sus cultivos sin incrementar considerablemente los costos de producción. Dentro las opciones que se han generado, destaca uso de compuestos de origen vegetal como abonos foliares, por lo que en la presente investigación se evaluaron productos orgánicos con propiedades fertilizantes, de bajo costo y de fácil manejo y adquisición.

Se evaluó la eficiencia de cuatro productos orgánicos, madre cacao (Gliricidia sepium), hierba mora (Solanum nigrum), neem (Azadirachta indica), palo de pito (Ervtrhina berteroana), relación al producto químico foliar Bayfolán F como suplemento a la fertilización al suelo, en cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L) en las aldeas La Granja y El Obraje, del municipio de ala, Chiquimula, esta se realizó en época de segunda - julio a septiembre de 1997.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas que ocupa un lugar importante en la alimentación básica de la población guatemalteca, por su alto contenido de proteína aminoácidos esenciales (usina y triptófano), y atendiendo a la situación nacional, en donde cada día se hace más difícil la adquisición de fertilizantes químicos debido a su alto costo y a la dificultad existente para su transporte hacia las áreas más alejadas, se planteó la presente evaluación de productos orgánicos como fertilizantes foliares.

El objetivo principal fue el de plantear nuevas alternativas de producción para los pequeños agricultores, que les permita disminuir considerablemente el uso de fertilizantes químicos y aumentar el rendimiento de sus cultivos, sin incrementar significativamente los costos de producción por unidad de área.

4. OBJETIVOS

GENERAL:

- Proponer alternativas de manejo para mejorar los rendimientos del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

ESPECÍFICOS:

- Evaluar la efectividad de los productos orgánicos madre cacao (*Gliricidia sepium*), hierba mora (*Solanum nigrum*), palo de pito (*Ervtrhina berteroana*), neem (*Azadirachta indica*) y Bayfolán F sobre el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).
- Evaluar el efecto de los fertilizantes foliares como suplemento a la fertilización al suelo, sobre el número de vainas por planta, número de granos por vaina, días a madurez y el peso de 100 semillas en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Determinar la alternativa más económica y viable para mejorar el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

4. HIPÓTESIS

Los fertilizantes foliares, orgánicos y químico, utilizados como suplemento a la fertilización al suelo tienen el mismo efecto sobre el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

5. MARCO TEÓRICO

5.1 EL CULTIVO DE FRIJOL

El frijol es una planta que pertenece a la familia de las leguminosas, es originaria de América. Las plantas tienen el tallo herbáceo, con hojas compuestas de tres folíolos enteros, ovales y terminados en punta, es una planta anual cuyas flores están reunidas en racimos cortos de color blanco, violeta o rosado, dependiendo de la variedad. De acuerdo a su desarrollo se clasifica en tipo arbustivo y trepador o enredo (10).

En Guatemala, el frijol constituye un cultivo de mucha importancia por su alto contenido de proteínas, indispensable en la alimentación de la mayor parte de los habitantes del país, se encuentra ampliamente distribuido, existiendo diferentes variedades específicas para cada altura. En general, se obtienen bajos rendimientos debido a los deficientes sistemas de cultivo así como a otros factores (10).

Buena parte del frijol sembrado en Guatemala, es cultivado por los pequeños y medianos agricultores, quienes por lo general, lo cultivan en asocio. Su cultivo ha sido desplazado en zonas marginales por otros cultivos más rentables, en donde existe un bajo nivel de tecnología en el que el uso de insumos se ve restringido debido a limitaciones económicas (14).

En el cuadro 1 se presenta el área cosechada y el rendimiento del cultivo de frijol entre los años 1982 a 1991.

Cuadro 1. Superficie y rendimiento del cultivo de frijol Guatemala. 1982 a 1991.

| AÑO | Area Cosechada (Ha) | Rendimiento (Kg/Ha.) |
|------|---------------------|----------------------|
| 1982 | 102,323.94 | 483.64 |
| 1983 | 116,126.76 | 375.45 |
| 1984 | 167,126.76 | 324.54 |
| 1985 | 171,267.60 | 334.10 |
| 1986 | 174,436.62 | 308.64 |
| 1987 | 173,098.60 | 241.82 |
| 1988 | 141,267.60 | 324.54 |
| 1989 | 97,676.05 | 451.82 |
| 1990 | 130,774.64 | 445.45 |
| 1991 | 136,126.76 | 455.00 |

Fuentes: Instituto Nacional de Comercialización Agrícola
Instituto Nacional de Estadística

5.2 LA FIJACIÓN DEL NITRÓGENO

Fassbender citado por Letona (7), indica que las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico se localizan en modulaciones provocadas al acelerar la división celular del parénquima radical. En los primeros días de la fijación del nitrógeno, la bacteria utiliza el nitrógeno en su metabolismo, y al aumentar el ritmo de fijación, ceden la mayor parte a la planta, se dice que hasta un 90% del nitrógeno fijado. Además, tratando el mecanismo de la fijación del nitrógeno, indica que este es complicado y que aun no se conoce íntegramente, por lo que se han determinado dos alternativas: una, se refiere a que las bacterias oxidan el nitrógeno y sintetizan un producto intermedio llamado hidroxilamina que se reduce en NH_3 en presencia de una enzima ferrosa; otra posibilidad es la reacción de la hidroxilamina con los ácidos catiónicos derivados del ciclo de Krebs y producción de aminoácidos.

Aparte de la simbiosis de la bacteria con su planta hospedera, existen otros factores que influyen en la fijación del nitrógeno, tales como el pH, los nutrientes, la temperatura, el régimen hídrico y la aireación (7).

Brill citado por Estrada (5), señala que la fijación del nitrógeno atmosférico a través del proceso simbiótico de leguminosas y algunas bacterias del género *Rhizobium*, se dan mediante la acción de la nitrogenasa.

5.3 FERTILIZACIÓN FOLIAR

Es de conocimiento general que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas, pero existen evidencias de la absorción de sales minerales y sustancias orgánicas a través de las hojas, tallos, frutos y otras partes de las plantas (3).

Perdomo y Hampton, citados por Ruíz García (13), indican que los nutrientes que pueden ser aplicados efectivamente en aspersiones foliares son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, molibdeno. Además señalan que los macro elementos pueden ser aplicados en aspersiones, únicamente como suplemento nutricional a los cultivos durante los períodos críticos del crecimiento. Esta técnica de aplicación de nutrientes por aspersión se recomienda cuando estos elementos están deficientes o no disponibles en el suelo (13). Las aspersiones foliares se han utilizado por muchos años para aplicar fertilizantes al follaje. Los nutrientes de estas aspersiones se mueven dentro de la planta a través de los estomas de las hojas, cutícula y hectorodermos, vía epidermis. Una dificultad para utilizar aspersiones foliares, es que la traslocación del nutriente dentro de la planta, se puede demorar (13).

La movilidad relativa de los nutrientes en plantas de frijol es un ejemplo de la variabilidad de la traslocación, el orden hacia abajo es de movilidad decreciente, en cada columna, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Movilidad de nutrientes en la planta de frijol.

| MOVIL | PARCIALMENTE MOVIL | INMOVIL |
|---------|--------------------|-----------|
| Potasio | Zinc | Manganeso |
| Fosforo | Cobre | Calcio |
| Cloro | Manganeso | |
| Azufre | olibdeno | |

Fuente: Donahue, Roy L. Miller R. W. y Shicklun J. C.
Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas.

Dos condiciones que favorecen las aspersiones son:

- 1) Cuando se necesitan en forma inmediata los micro elementos hierro, zinc, manganeso, molibdeno y cobre y,
- 2) Cuando se debe añadir nutrientes a los cultivos en suelos arenosos. En los suelos arenosos, las pérdidas por lavado pueden ser astronómicas con lluvias o riegos excesivos, pues las arenas retienen pocos nutrimentos (13).

a) Penetración del Fertilizante Foliar en la planta:

H. Tukey y colaboradores, citados por Ruiz García (13), afirmaron que la cutícula que cubre la hoja no constituye una barrera infranqueable en la absorción de nutrientes aplicados foliarmente, ya que esta presenta resquebrajaduras y su comportamiento es algo semejante al de una esponja que se mucha más o menos según su estado de hidratación (13).

Así mismo, la penetración se realiza a través de los pelos epidérmicos que abundan más en el envés de las hojas, lo que explica la penetración mucho más extensa de nutrimentos a través del envés (13).

Por otro lado se indica que no existe penetración por los estomas, por cuanto que los poros estomáticos están llenos de gas y sus células internas se hallan suberizadas y cutinizadas. Además se ha comprobado experimentalmente que la absorción no guarda relación con el número de estomas (13).

Gudiel, citado por Ruiz García (13), considera que las plantas absorben nutrientes por cualquier parte de su superficie, pero por las condiciones bajo las que se desarrollan, son las raíces los órganos especializados de absorción.

b) Metas de la Fertilización Foliar

- Estimular los procesos de producción del cultivo muy intensivo mediante la aplicación a intervalos regulares y frecuentes de fertilizantes foliares (2).
- Ayudar a un cultivo de rendimiento mediano durante situaciones críticas (2).

c) Factores que afectan la absorción de nutrientes vía foliar.

Boyton, citado por Chonay (3), indica que en el proceso de absorción foliar, se deben considerar varios factores, para la máxima eficiencia de la práctica de suplementación de nutrimentos mediante aplicaciones foliares (3).

Consemans, citado por Ruiz (13), indica que existen diversos factores que influyen en la absorción de los nutrimentos vía foliar, entre los que se consideran: la especie y el estado nutricional de la planta, la naturaleza morfológica del órgano absorbente, el pH, la temperatura, la luz, el ángulo de contacto y la superficie de mojado, la humedad, edad y estado nutricional de la hoja, composición química de los nutrimentos que se aplican al follaje, pérdida de nutrimentos y concentración de nutrimentos en la solución a aplicar (13).

Boyton, citado por Chonay (3), indica que las hojas que se encuentran en la parte superior de la planta son más eficientes que las hojas inferiores.

A este respecto de absorción entre las hojas jóvenes y las adultas, la relación es de 1 a 10, atribuyendo a que las hojas jóvenes son importadoras de nutrimentos, mientras que las hojas adultas son exportadoras de nutrimentos (3).

Withee, citado por Chonay (3), indica que a bajas temperaturas y alta humedad relativa, existe una mayor eficiencia de la absorción de soluciones foliares, esto se debe a que existe una relación lineal y negativa entre la temperatura del aire y la absorción y una relación positiva entre la humedad relativa y la absorción.

Eddings, citado por Chonay (3), encontró una correlación negativa entre el área de contacto y la absorción, de tal manera que entre menor es el área de contacto de la solución con la hoja, mayor será la absorción, por el contrario, a medida que se aumenta el área de contacto, disminuye la absorción (3).

5.4 FERTILIZANTES FOLIARES ORGÁNICOS

Según Palma, citado por Estrada (5), los fertilizantes orgánicos son productos elaborados a base de materiales naturales (orgánicos), los cuales para su uso se diluyen en agua y se aplican en dosis según el material que se utilice como materia prima. Además indica que previo a su aplicación, los fertilizantes foliares orgánicos deben de someterse a un proceso de cocción o de fermentación, siendo la fermentación el proceso más adecuado de elaboración.

Solórzano (16), menciona que las especies vegetales que se están utilizando como base o materia prima para la elaboración de abonos orgánicos son: roble (*Quercus sp.*), hierba mora (*Solanum nigrum*), alfalfa (*Medicago sativa*) y apazote (*Chenopodium ambrozoidei*). Menciona además que dentro de los materiales e origen animal utilizados están, el estiércol de bovinos y aves.

A. MADRE CACAO (*Gliricidia sepium*)

El madre cacao o madero negro es una planta nativa de Guatemala, que se encuentra en laderas, matorrales secos y húmedos, bosques naturales, a menudo en pasturas y a lo largo de los caminos (12). Tiene diversos usos, entre los que se mencionan el uso como forraje para animales, repelente de plagas en cultivos y animales, cobertura del suelo, como medicina, etc.

Se utilizan diferentes partes de la planta, las hojas, flores, raquis, tronco, para diferentes actividades y una de ellas es la elaboración de fertilizantes foliares a partir de las hojas y raquis de la planta.

Como abono verde, Singh y Singha, citados por Araya (1), encontraron un efecto positivo en el uso de materia verde de *Gliricidia* en trigo, obteniendo que con la aplicación de 61 Ton/Ha el mismo produjo 2.5 Ton/Ha contrastando con las dosis de 20 y 41 Ton/Ha. que produjeron 19 Ton/Ha.

B. HIERBA MORA (*Solanum nigrum*)

Se conoce con el nombre de macuy, quilete, mora. Es una especie nativa de Guatemala, puede encontrarse en matorrales húmedos o secos, en laderas o sembrados, es muy frecuente encontrarla como maleza común de cultivos y campos sin cultivo; a menudo en los patios o jardines de las viviendas rurales (12).

La planta tiene diversos usos, entre ellos se destaca la utilización como comestible (12).

Poroj, citado por Estrada (5), menciona que el quilete además de utilizarse como alimento humano por ser rico en hierro y minerales, se puede también usar como abono foliar natural (12).

C. NEEM (*Azadirachta indica*)

Es una planta originaria de Asia Tropical, su nombre se deriva del persa y significa el árbol noble. Es un árbol de rápido crecimiento, necesita de poco cuidado, da sombra en el verano, posee un sistema de raíces profundas y primarias y tiene un tronco erecto. Puede utilizarse como abono, medicina natural, árbol proveedor de sombra y madera. El sabor ligeramente amargo es altamente eficaz en el ámbito de la agricultura. La corteza se emplea en forma pulverizada, las hojas verdes y/o secas y los residuos de las semillas para la obtención de aceite.

La corteza, las hojas, los frutos y las semillas son, por su gusto amargo y cáustico, muy provechosos, el aceite se utiliza como desinfectante, los desechos como abono, la corteza y las hojas sustituyen al jabón, etc. En general el Neem se utiliza para infinidad de usos, incluyendo por supuesto, la fertilización (16).

D. PALO DE PITO (*Ervtrhina berteroana*)

Es una especie arbórea de aproximadamente 10 m. de altura. Es un árbol de uso múltiple y muy versátil. Son muy apreciados en zonas húmedas, sobre todo en suelos pesados donde no existen problemas de plagas. Son fijadores de Nitrógeno y producen en abundancia follaje utilizándolo como abono verde (9).

En el sistema café/poró de Costa Rica, la poda produce alrededor de 20 toneladas de hojas y tallos /Ha/año, lo que representa alrededor de 450 Kg. de Nitrógeno (equivalente a 60 sacos de N-P-K al 15%) (9).

5.5 ESTUDIOS HECHOS EN EXTRACTOS ORGÁNICOS

En los últimos años, el enfoque orgánico en la agricultura ha cobrado gran importancia, debido a que ofrece a los agricultores nuevas y más económicas alternativas de producción, para aumentar sus rendimientos y reducir costos de producción.

Pérez (11), menciona que durante los últimos dos años ALTERTEC (Organización no gubernamental de Tecnología Alternativa) ha utilizado extractos vegetales para el control de algunas plagas, en trabajos experimentales en la localidad de San Miguel Chirijuyú, Tecpán, Chimaltenango.

Otras instituciones como CARE y CUERPO DE PAZ han realizado algunos trabajos de investigación sobre el uso de productos vegetales como abonos foliares, sin embargo los resultados de estas investigaciones no han sido divulgados. Otra de las instituciones que elabora productos vegetales para controlar plagas así como fertilizantes foliares es VISIÓN MUNDIAL, lo realizan con el propósito de ofrecer al productor del área rural tecnología apropiada que le ayude a mejorar el rendimiento de cada uno de sus cultivos.

Estrada Rodríguez (5), realizó investigaciones en la aldea Sacpuy, San Andrés, Petén, evaluó productos orgánicos a base de higuera, palo de pito y estiércol de caballo, sin embargo, no encontró diferencia en el rendimiento ni en la precocidad del cultivo.

Martínez Torres (9), en investigaciones similares con productos orgánicos realizados en la aldea Las Viñas, Flores, Petén, no encontró diferencia entre los tratamientos evaluados, puesto que no se incrementó el rendimiento del cultivo por efecto de los abonos foliares.

Ruiz García (13), evaluó la eficiencia de fertilizantes foliares orgánicos asociados a una aplicación de fertilizante químico al suelo en el cultivo de frijol ejotero; este concluye en que las aplicaciones de fertilizantes foliares no produjeron incrementos en el rendimiento del cultivo, sino el incremento obtenido fue efecto de la aplicación de fertilizante químico al suelo, por lo que recomienda evaluar fertilizantes foliares orgánicos sin aplicar al suelo los requerimientos de fertilizantes o aplicando únicamente una parte de ellos, a efecto de dejar un margen que permita actuar al ó a los fertilizantes foliares bajo estudio.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en dos localidades del municipio de Ipala, Chiquimula:

1) Aldea La Granja, ubicada a 6 Km. de la cabecera municipal a una latitud norte de 14°38'40" y longitud oeste de 89°35' 17", a una altura de 1000 msnm. 2) Aldea El Obraje, situada a 3 Km. de la cabecera municipal de Ipala, a una latitud norte de 14°37'34" y longitud oeste de 89°38' 12" a una altura de 900 msnrn (6).

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida, el área de estudio pertenece a la zona de bosque seco subtropical (4). En esta zona se presentan los siguientes parámetros climáticos y edáficos:

A. Parámetros Climáticos:

La precipitación oscila entre 800 y 1000 mm/año, distribuyéndose el invierno de mayo a octubre, encontrándose mayor precipitación en agosto y septiembre. La temperatura promedio es de 24 °C (4).

B. Parámetros Edáficos:

De acuerdo a la clasificación de suelos FAO-UNESCO (17), los suelos del área son VERTISOLES, cuyas características principales son: suelos muy arcillosos desde la superficie hasta el interior, tienen estructuras principalmente blocosas o masivas, son por lo general poco evolucionados, pero que tienen de mediana a alta profundidad.

7. METODOLOGÍA

7.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un diseño de Bloques al Azar en arreglo de Parcelas Divididas con 18 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y=U+ R+ A1 + S + Bjk+Ek$$

Donde:

k = Rendimiento en Kg/Ha del cultivo de frijol, peso de 100 semillas en gramos, número de vainas por planta, número de granos/vaina, días a madurez.

U = Efecto de la media general.

R = Efecto de los cuatro bloques.

A1 = Efecto de las tres modalidades de la fertilización al suelo (Factor A).

S = Error experimental asociado a la parcela grande.

Bk = Efecto de las seis modalidades de los fertilizantes foliares (Factor B).

Abk= Efecto de la interacción de la fertilización al suelo y los fertilizantes foliares.

E1k= Error experimental asociado a las parcelas pequeñas.

7.2 PARCELA GRANDE

La parcela grande se trazó con 12 mts. de ancho y 5 mts. de largo con un área total de 60 m², asignando los factores siguientes:

A. Aplicación de Fertilizante al suelo a base de Fósforo y Potasio, sin Nitrógeno.

B. Aplicación de Fertilizante al suelo a base de Nitrógeno y Potasio, sin Fósforo.

C. Aplicación de Fertilizante a base de Nitrógeno y Fósforo, sin Potasio (ver anexo 2).

7.3 PARCELAS PEQUEÑAS

Estas parcelas se trazaron con 2 m. de ancho y 5 m. de largo con un área total de 10 m², es estas se ubicaron los 18 tratamientos (ver anexo 3). La parcela neta contó con un área de 4.8 m², debido a que se excluyeron las primeras 2 plantas de los extremos de cada surco y 1 surco por cada lado del tratamiento (ver anexo 3).

7.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron un total de 16 tratamientos, cuya descripción aparece en el siguiente cuadro:

| Tratamiento | Fertilizante Al suelo | | | DESCRIPTOR |
|--------------|-----------------------|-----|-----|------------|
| | N | P | K | |
| Madre Cacao | Sin | Con | Con | A1 |
| Madre Cacao | Con | Sin | Con | B1 |
| Madre Cacao | Con | Con | Sin | C1 |
| Hierba Mora | Sin | Con | Con | A2 |
| Hierba Mora | Con | Sin | Con | B2 |
| Hierba Mora | Con | Con | Sin | C2 |
| Neem | Sin | Con | Con | A3 |
| Neem | Con | Sin | Con | B3 |
| Neem | Con | Con | Sin | C3 |
| Palo de Pito | Sin | Con | Con | A4 |
| Palo de Pito | Con | Sin | Con | B4 |
| Palo de Pito | Con | Con | Sin | C4 |
| Bayfolán | Sin | Con | Con | A5 |
| Bayfolán | Con | Sin | Con | B5 |
| Bayfolán | Con | Con | Sin | C5 |
| Testigo | Sin | Con | Con | A6 |
| Testigo | Con | Sin | Con | B6 |
| Testigo | Con | Con | Sin | C6 |

7.5 TRATAMIENTOS EVALUADOS.

1. MADRE CACAO:

Este producto se preparó macerando una libra de hojas y partes tiernas de madre cacao (*Gliricidia sepium*), agregando un galón de agua, dejando fermentar durante 48 horas, se filtró y luego se aplicó en dosis de dos litros del producto por 17 litros de agua (16).

2. HIERBA MORA:

Se maceró una libra de hojas y partes tiernas de hierba mora (*Solanum nigrum*), se introdujo en un galón de agua y se fermentó durante 48 horas. La dosis utilizada para cada aplicación fue de dos litros del producto por 17 litros de agua (16).

3. NEEM:

Este producto se preparó macerando una libra de hojas de Neem (*Azadirachta indica*), en un galón-de agua, se dejó fermentar 48 horas y posteriormente se aplicó en dosis de dos litros del producto en 17 litros de agua (16).

4. PALO DE PITO:

Para la preparación de este abono foliar, se utilizó una libra de hojas del árbol de pito (*Ervtrhina berteroana*), se maceró y se agregó un galón de agua, se dejó fermentar durante 48 horas y se aplicó en dosis de dos litros del producto disuelto en 17 litros de agua (16).

5. BAYFOLÁN F:

Este producto químico aplicado es un fertilizante foliar completo en forma líquida que contiene 11% de N, 8% de P, 6% de K y 7 elementos menores en forma de quelatos. La dosis utilizada fue de 50 cc. por 17 litros de agua.

6. TESTIGO:

En este tratamiento no se aplicó ningún producto orgánico ni químico al follaje, pero si se fertilizó al suelo.

7.6.6 FERTILIZACIÓN FOLIAR:

Al follaje se aplicaron únicamente los productos bajo estudio, es decir los 4 productos orgánicos y el químico.

Las aspersiones se iniciaron 10 días después de la siembra con una frecuencia de 15 días, para tener un total de 4 aplicaciones.

7.6.7 CONTROL FITOSANITARIO:

Se llevó un estricto control de plagas y enfermedades, realizando dos aplicaciones por localidad de Metil Parathión, para controlar la tortuguilla así como una aplicación de caracolcida para el control de la babosa.

Se realizó además una aplicación por localidad de Endosulfan, para el control de la Mosca Blanca Bemisia tabaci.

7.7 VARIABLES EVALUADAS

A. RENDIMIENTO:

Se determinó el rendimiento del grano de frijol en Kg/Ha.

B. NUMERO DE VANAS POR PLANTA:

Se obtuvo una muestra de la población total de plantas y se hizo un promedio del número de vainas por planta para cada tratamiento, esta muestra se extrajo a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{TP}{(TP * GP2) + 1}$$

Donde:

TP = Tamaño de la población

GP2 = Grado de precisión (al 5%) elevado al cuadrado.

n = número de plantas a ser muestreadas.

C. NUMERO DE GRANOS POR VAINA

De la muestra anterior se obtuvo el número promedio de granos por vaina de cada una de las plantas, para determinar el promedio por cada tratamiento.

D. PESO DE 100 SEMILLAS

De la muestra extraída con anterioridad se tomaron 100 semillas de frijol, estas se tomaron para obtener el peso en gramos por cada tratamiento.

E. DÍAS A MADUREZ

Se procedió a tomar datos al momento en que el 90% de las plantas cambió de color en la vaina, de color verde a blanco, que es el color característico del material genético.

F. TASA MARGINAL DE RETORNO

Se llevó un registro económico de producción del cultivo a través del cual se determinaron los costos variables para cada tratamiento para luego realizar un análisis mediante la Tasa Marginal de Retorno.

7.8 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza por localidad y un análisis de varianza combinado de las dos localidades para las variables rendimiento y peso de 100 semillas, tomando en cuenta las plantas de la parcela neta; para las variables en las pie se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados se realizó una comparación de medias a través de la Diferencia Mínima Significativa -Adams-.

7.9 ANALISIS ECONÓMICO

Se determinaron los costos variables por cada tratamiento evaluado y se realizó un análisis económico mediante la Tasa Marginal de Retorno, el procedimiento fue el siguiente:

- Se determinó el Beneficio Bruto (BB)
- Se calculó el Beneficio Neto (BN)
- Se realizó el análisis de dominancia ordenando los tratamientos, ordenando los beneficios netos (BN) de mayor a menor con su respectivo costo variable, aceptándose aquellas alternativas con menor costo variable (no dominados, estos pasaron al análisis para calcular la Tasa Marginal de Retorno, la cual se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TMR} = \frac{\text{IBM}}{\text{ICV}}$$

EN Donde:

TMR= Tasa Marginal de Retorno

IBN= Incremento del Beneficio Neto

ICV= Incremento del Costo Variable

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1.1 ANALISIS ESTADÍSTICO:

8.1.1 Análisis de varianza y Prueba de Medias para el Rendimiento del grano de frijol.

Cuadro 4. Análisis de varianza combinado para el rendimiento en Kg/Ha. del grano de frijol. Ipala, Chiquimula

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|-----------|-----------|-------|-------------|----|
| Localidad | 1 | 1493430.7 | 1493430.7 | 179.4 | 3.95 - 6.93 | ** |
| R * L | 6 | 397970.5 | 66328.4 | 6.2 | 2.70 - 3.01 | ** |
| Fert. al Suelo | 2 | 150688.4 | 75344.2 | 7.0 | 3.10 - 4.85 | ** |
| L * A | 2 | 16673.6 | 8336.8 | 0.8 | 3.10 - 4.85 | NS |
| Error | 12 | 128555.4 | 10712.9 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 2434810.8 | 486962.2 | 43.4 | 2.32 - 3.23 | ** |
| L * B | 5 | 52791.3 | 10598.3 | 0.9 | 2.32 - 3.23 | NS |
| A * B | 10 | 140050.5 | 14005.0 | 1.2 | 1.94 - 2.52 | NS |
| L * A * B | 10 | 294236.3 | 29423.6 | 2.6 | 1.94 - 2.52 | ** |
| Error | 90 | 1010207.6 | 11224.5 | | | |
| Total | 143 | 6119415.0 | | | | |

Coefficiente de Variación = 12%

El cuadro anterior muestra que a un nivel de significancia del 0.01 existen diferencias altamente significativas entre los fertilizantes al suelo y entre los fertilizantes foliares, no así en la interacción de estas dos fuentes de variación.

Debido a las diferencias altamente significativas existentes entre las fuentes de fertilizante producto de la combinación de las dos localidades, se realizó la comparación de medias a través de la Diferencia Mínima Significativa, los resultados se muestran en el cuadro 5, en este se observa que el tratamiento con fertilizante deficiente en Fósforo obtuvo el máximo rendimiento (900.7 Kg/Ha.), seguido por el tratamiento deficiente en Potasio (900.4 Kg/Ha), sin embargo estos tratamientos son estadísticamente iguales entre sí, pero son superiores al tratamiento de fertilizante deficiente en nitrógeno.

El cuadro 6. Muestra los resultados obtenidos al realizar la Diferencia Mínima Significativa para los fertilizantes foliares evaluados, este indica que el tratamiento Bayfolán F obtuvo el máximo rendimiento de grano de frijol (1146.0 kG/Ha) en comparación al resto de tratamientos evaluados, por lo que estadísticamente es superior al resto de fertilizantes foliares evaluados (ver figura 1).

Cuadro 5. Diferencia mínima significativa combinada, del rendimiento de grano de frijol para la fertilización al suelo. Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (Kg/Ha) | Presentacion * |
|----------------------------|---------------|----------------|
| Fertilizante Sin Fósforo | 900.7 | A |
| Fertilizante Sin Potasio | 900.4 | A |
| Fertilizante Sin Nitrógeno | 832.0 | B |

* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 6. Diferencia mínima significativa combinada, del rendimiento de grano de frijol para los fertilizantes foliares. Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (Kg/Ha) | Presentacion * |
|--------------|---------------|----------------|
| Bayfolán | 1146.0 | A |
| Neem | 913.8 | B |
| Madre Cacao | 843.6 | BC |
| Palo de Pito | 820.7 | CD |
| Hierba Mora | 796.7 | CD |
| Testigo | 746.5 | D |

* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

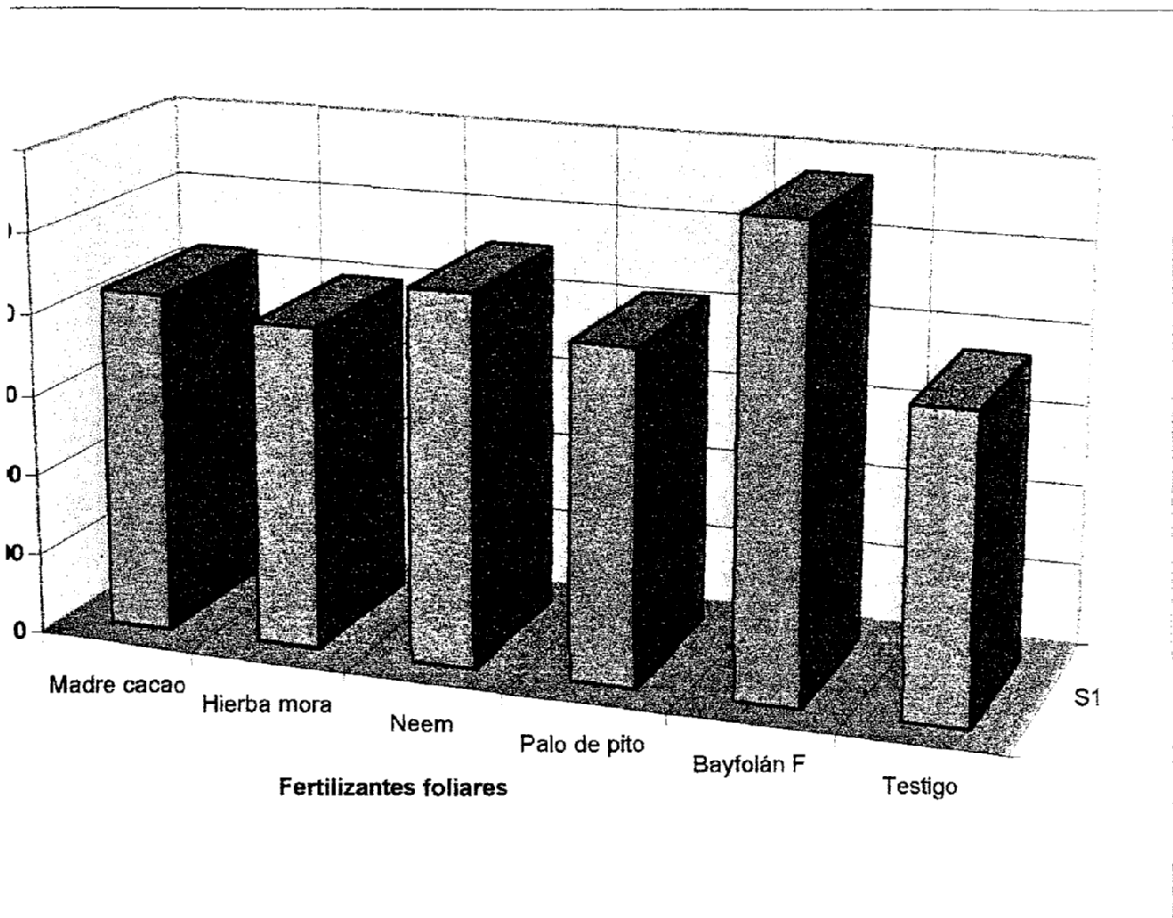


Figura 1. Rendimiento promedio del grano de frijol para los fertilizantes foliares en dos localidades del municipio de Ipala, Chiquimula.

8.1.2 Análisis de Varianza y Prueba de Medias para el peso de 100 semillas de frijol.

Cuadro 7. Análisis de varianza combinado para el peso de 100 semillas de frijol. Ipala, Chiquimula

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|---------|-------|-------|-------------|----|
| Localidad | 1 | 8.890 | 8.890 | 3.906 | 3.45 - 6.93 | * |
| R * L | 6 | 16.559 | 2.760 | 1.212 | 2.70 - 3.01 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 5.089 | 2.545 | 1.118 | 3.10 - 4.85 | NS |
| L * A | 2 | 2.462 | 1.231 | 0.540 | 3.10 - 4.85 | NS |
| Error | 12 | 27.312 | 2.276 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 43.225 | 8.645 | 5.076 | 2.32 - 3.23 | ** |
| L * B | 5 | 5.459 | 1.092 | 0.641 | 2.32 - 3.23 | NS |
| A * B | 10 | 20.353 | 2.035 | 1.195 | 1.94 - 2.52 | NS |
| L * A * B | 10 | 11.427 | 1.143 | 0.671 | 1.94 - 2.52 | NS |
| Error | 90 | 153.289 | 1.703 | | | |
| Total | 143 | 294.066 | | | | |

Coefficiente de Variación = 7%

El análisis de varianza combinado de las dos localidades para el peso de 100 semillas descrito en el cuadro 7, indica que la única fuente de variación que presenta diferencias altamente significativas al 0.01 de significancia es la que corresponde a los fertilizantes foliares, coincidiendo con los resultados del análisis realizado por cada localidad (anexo 7). Debido a las diferencias altamente significativas existentes entre los fertilizantes foliares producto de la combinación de las dos localidades se realizó la Diferencia Mínima Significativa, cuyos resultados se presentan en el cuadro 8, estos indican que los tratamientos de Bayfolán F (20.84 grs.) y palo de pito (19.90 grs.) son

estadísticamente iguales al 0.05 de significancia, pero superiores al resto de productos evaluados, por lo que resulta indiferente el uso de cualquiera de los dos productos mencionados (ver figura 2).

Cuadro 8. Diferencia mínima significativa combinada, del peso de 100 semillas de frijol para los fertilizantes foliares. Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (grs.) | Presentacion * |
|--------------|--------------|----------------|
| Bayfolán | 20.84 | A |
| Palo de Pito | 19.90 | A |
| Neem | 19.75 | B |
| Madre Cacao | 19.46 | B |
| Hierba Mora | 19.35 | B |
| Testigo | 19.16 | B |

* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

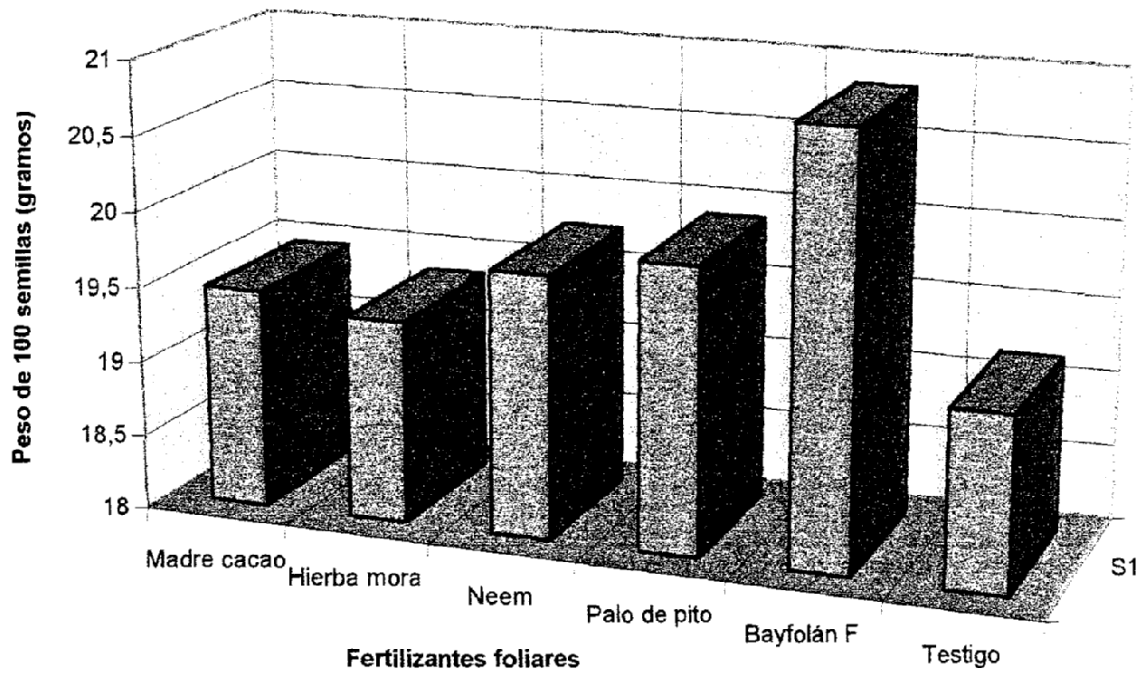


Figura 2. Peso promedio de 100 semillas de frijol para los fertilizantes foliares en dos localidades de Ipala, Chiquimula.

8.1.3 Análisis de Varianza y Prueba de Medias para el número de vainas por planta.

El cuadro 9. muestra el análisis de varianza para el número de vainas por planta en la aldea La Granja, en este se observa que existen diferencias altamente significativas al 0.01 de significancia entre los fertilizantes foliares, por lo que se hace necesario realizar la comparación de medias a través de la diferencia mínima significativa.

El análisis de varianza para la localidad de El Obraje se presenta en el cuadro 10, en este se observa que existen diferencias significativas entre los fertilizantes foliares evaluados al 0.01 de significancia.

Debido a las diferencias encontradas entre los fertilizantes foliares en cada localidad se realizó la diferencia mínima significativa para cada una de estas, por ello, el cuadro 11 muestra este análisis para la aldea La Granja, observando que el mayor número de vainas por planta se obtuvieron al aplicar el fertilizante foliar Bayfolán F (11.6 vainas/planta), seguido por palo de pito (10.4 vainas/planta), neem (10.3 vainas/planta) y madre cacao (10 vainas/planta), lo que demuestra que estadísticamente no existen diferencias significativas entre estos 4 tratamientos, por lo que en cuanto al número de vainas por planta, es indiferente el uso de cualquiera de estos.

El cuadro 12 muestra los resultados de la diferencia mínima significativa para la aldea El Obraje, en él se determinó que el producto Bayfolán F es estadísticamente superior al resto de tratamientos evaluados, al 0.05 de significancia, ya que fué el que obtuvo el promedio más alto de vainas por planta (10.5 vainas/planta).

Cuadro 9. Análisis de varianza del número de vainas por planta. Aldea La Granja. Ipala, Chiquimula

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|-------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 5.500 | 1.8333 | 2.315 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 0.583 | 0.2915 | 0.368 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 4.750 | 0.7917 | | | |
| Fert. Foliare | 5 | 33.833 | 6.7666 | 6.584 | 2.43 - 3.47 | * |
| Interacción | 10 | 8.583 | 1.6836 | 0.858 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 45.367 | 1.9363 | | | |
| Total | 71 | 99.500 | | | | |

Coefficiente de Variación = 9%

Cuadro 10. Análisis de varianza del número de vainas por planta. Aldea El Obraje. Ipala, Chiquimula

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|-------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 1.819 | 0.6064 | 1.297 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 0.528 | 0.2639 | 0.564 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 2.805 | 0.4675 | | | |
| Fert. Foliare | 5 | 7.736 | 1.5473 | 4.929 | 2.43 - 3.47 | * |
| Interacción | 10 | 6.305 | 0.6305 | 2.009 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 14.125 | 0.3139 | | | |
| Total | 71 | 33.319 | | | | |

Coefficiente de Variación = 11%

Cuadro 11. Diferencia mínima significativa del número de vainas por planta para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (vainas/planta) | Presentacion * |
|--------------|-----------------------|----------------|
| Bayfolán F | 11.58 | A |
| Palo de Pito | 10.42 | A |
| Neem | 10.25 | A |
| Madre Cacao | 10.00 | AB |
| Testigo | 9.92 | B |
| Hierba Mora | 9.32 | B |

* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 12. Diferencia mínima significativa del número de vainas por planta para los fertilizantes foliares. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (vainas/planta) | Presentacion * |
|--------------|-----------------------|----------------|
| Bayfolán F | 10.50 | A |
| Palo de Pito | 10.00 | B |
| Neem | 9.75 | B |
| Madre Cacao | 9.67 | B |
| Testigo | 9.67 | BC |
| Hierba Mora | 9.50 | C |

* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

8.1.4 Análisis de Varianza y Prueba de Medias para el número de granos por vaina.

Cuadro 13. Análisis de varianza del número de granos por vaina. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|-------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 2.232 | 0.7407 | 2.623 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 0.083 | 0.0416 | 0.147 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 1.695 | 0.2824 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 9.833 | 1.9667 | 7.324 | 2.43 - 3.47 | ** |
| Interacción | 10 | 2.083 | 0.2083 | 0.775 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 12.083 | 0.2085 | | | |
| Total | 71 | 28.000 | | | | |

Coefficiente de Variación : 10%

Cuadro 14. Análisis de varianza del número de granos por vaina. Aldea El Obaje, Ipala, Chiquimula.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|-------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 2.232 | 0.7407 | 2.623 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 0.083 | 0.0416 | 0.147 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 1.695 | 0.2824 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 9.833 | 1.9667 | 7.324 | 2.43 - 3.47 | ** |
| Interacción | 10 | 2.083 | 0.2083 | 0.775 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 12.083 | 0.2085 | | | |
| Total | 71 | 28.000 | | | | |

Coefficiente de Variación: 11%

El cuadro 13. Corresponde al análisis de varianza para el número de granos por vaina en la aldea La Granja, este muestra que la única fuente de variación con diferencias altamente significativas es la que corresponde a los fertilizantes foliares por lo que se realizó la diferencia mínima significativa, los resultados se presentan en el cuadro 15, observándose que el máximo de granos por vaina se obtuvo al aplicar el fertilizante foliar Bayfolán F (5.9 granos/vaina), seguido por Neem (5.7 granos/vaina), siendo estos dos tratamientos estadísticamente superiores al resto de productos evaluados al 0.05 de significancia.

Los resultados del análisis de varianza para la misma variable en la aldea El Obraje se muestran en el cuadro 14, y al igual que en la localidad anterior, únicamente existen diferencias altamente significativas al 0.01 de significancia entre los fertilizantes foliares evaluados; los resultados de la diferencia mínima significativa para esta variable y localidad se presentan en el cuadro 16, se observa que el comportamiento fué el mismo que en la localidad anterior, es decir que los productos Bayfolán F (5.2 granos/vaina) y Neem (4.9 granos/vaina) son iguales entre sí, pero estadísticamente superiores al resto de tratamientos evaluados, por lo que es indiferente el uso de cualquiera de estos dos productos.

Cuadro 15. Diferencia mínima significativa del número de granos por vaina para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (granos/vaina) | Presentacion * |
|--------------|----------------------|----------------|
| Bayfolán F | 5.92 | A |
| Neem | 5.67 | A B |
| Palo de Pito | 5.33 | B C |
| Madre Cacao | 5.25 | C D |
| Testigo | 5.00 | C D E |
| Hierba Mora | 4.83 | E |

* = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 16. Diferencia mínima significativa del número de granos por vaina para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (granos/vaina) | Presentacion * |
|--------------|----------------------|----------------|
| Bayfolán F | 5.17 | A |
| Neem | 4.92 | A B |
| Madre Cacao | 4.67 | B |
| Palo de Pito | 4.58 | B |
| Hierba Mora | 4.58 | B C |
| Testigo | 4.42 | C |

* = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

8.1.5 Análisis de varianza y prueba de medias para días a madurez fisiológica.

El cuadro 17. Muestra el análisis de varianza para la variable días a madurez fisiológica en la aldea La Granja, indicando que existen diferencias altamente significativas entre los fertilizantes evaluados, por esta razón se realizó la diferencia mínima significativa para esta fuente de variación, los resultados se presentan en el cuadro 19 mostrando que el tratamiento a base de Bayfolán F (59.1 días) es estadísticamente superior al resto de tratamientos al 0.05 de significancia, por lo que se infiere que la aplicación de este producto ayudé a la precocidad del cultivo.

El análisis de varianza para los días a madurez en la aldea El Obraje se presenta en el cuadro 18, en este se observa que la única fuente de variación que presenta diferencias significativas al 0.05 de significancia es el efecto de los fertilizantes foliares; para determinar cual tratamiento es el mejor se realizó la diferencia mínima significativa (cuadro 20). Los resultados indican que estadísticamente no existen diferencias en el número de días a madurez fisiológica entre los tratamientos Madre cacao (60.1 días), Bayfolán F (60.1 días) y palo de pito (60.4 días) pero sí mostraron diferencias al resto de tratamientos evaluados, por lo que el uso de cualquiera de estos tres productos incide en la precocidad del cultivo.

Cuadro 17. Análisis de varianza para días a madurez fisiológica. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|--------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 0.516 | 0.1718 | 0.377 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 1.031 | 0.5156 | 1.134 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 2.734 | 0.4557 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 29.438 | 5.8875 | 12.768 | 2.43 - 3.47 | ** |
| Interacción | 10 | 2.813 | 0.2813 | 0.609 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 20.750 | 0.4611 | | | |
| Total | 71 | 57.281 | | | | |

Coefficiente de Variación: 11%

Cuadro 18. Análisis de varianza para días a madurez fisiológica. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula.

| F.V | G.L | S.C | C.M | Fc. | Ft. | S |
|----------------|-----|--------|--------|-------|-------------|----|
| Repeticiones | 3 | 0.594 | 0.1979 | 1.117 | 4.76 - 9.78 | NS |
| Fert. al Suelo | 2 | 0.531 | 0.2666 | 1.500 | 5.14 - 4.76 | NS |
| Error A | 6 | 1.062 | 0.1771 | | | |
| Fert. Foliares | 5 | 2.562 | 0.5125 | 2.894 | 2.43 - 3.47 | ** |
| Interacción | 10 | 3.468 | 0.3469 | 1.929 | 2.06 - 2.75 | NS |
| Error | 45 | 8.094 | 0.1799 | | | |
| Total | 71 | 16.312 | | | | |

Coefficiente de variación : 14%

Cuadro 19. Diferencia mínima significativa de días a madurez fisiológica para los fertilizantes foliares. Aldea La Granja, Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (días) | Presentacion * |
|--------------|--------------|----------------|
| Palo de pito | 61.0 | A |
| Testigo | 60.7 | A B |
| Hierba mora | 60.4 | B |
| Madre cacao | 60.3 | BC |
| Neem | 59.7 | C |
| Bayfolán F | 59.1 | D |

* = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 20. Diferencia mínima significativa de días a madurez fisiológica para los fertilizantes foliares. Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula.

| Tratamiento | Media (días) | Presentacion * |
|--------------|--------------|----------------|
| Hierba mora | 60.5 | A |
| Neem | 60.5 | A |
| Testigo | 60.5 | A |
| Palo de pito | 60.4 | A B |
| Bayfolán F | 60.1 | B |
| Madre cacao | 60.1 | B |

* = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

8.2 ANALISIS ECONÓMICO

En el cuadro 21 se presenta el presupuesto parcial de los 6 tratamientos evaluados, resultando que los fertilizantes foliares Bayfolán F, Neem y el Testigo resultaron con los mayores beneficios netos, mientras que Madre cacao, Palo de pito y Hierba mora en cuanto beneficios netos ocuparon cuarto, quinto y sexto lugar respectivamente (ver figura 3).

A partir del presupuesto parcial se realizó el análisis de dominancia y se calculo la asa Marginal de Retomo -TMR- con los tratamientos que resultaron no dominados. En el cuadro 22 se presenta la TMR de los 3 mejores tratamientos; en este cuadro puede observarse que el tratamiento de Neem presenta la mayor Tasa Marginal de Retorno (0.21), lo que indica que por cada quetzal invertido se obtiene una recuperación adicional de Q 0.2 1, seguido por el tratamiento de Bayfolán F con una Tasa Marginal de Retomo de 0.14 adicionales por cada quetzal invertido.

Cuadro 21. Presupuesto parcial de los tratamientos.

| <i>Tratamiento</i> | <i>Rendimiento Ajustado (5%)</i> | <i>Precio (Q)</i> | <i>Beneficio Bruto</i> | <i>Costo Variable</i> | <i>Beneficio Neto</i> |
|--------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Madre Cacao | 17.61 | 250 | 4402.50 | 700 | 3702.50 |
| Hierba Mora | 16.65 | 250 | 4162.50 | 825 | 3337.50 |
| Neem | 19.08 | 250 | 4770.00 | 720 | 4050.00 |
| Palo de pito | 17.16 | 250 | 4290.00 | 735 | 3555.00 |
| Bayfolán F | 23.86 | 250 | 5965.00 | 1765 | 4200.00 |
| Testigo | 15.60 | 250 | 3900.00 | -- | 3900.00 |

Cuadro 22. Tasa Marginal de Retorno.

| <i>Tratamientos</i> | <i>Costo Variable</i> | <i>Beneficio Neto</i> | <i>Incremento Cost. varia.</i> | <i>Incremento Ben. Neto</i> | <i>Tasa Marg. Ret.</i> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Bayfolán F | 1765.00 | 4200.00 | 1045.00 | 150.00 | 0.14 |
| Neem | 720.00 | 4050.00 | 720.00 | 150.00 | 0.21 |
| Testigo | ---- | 3900.00 | | | |

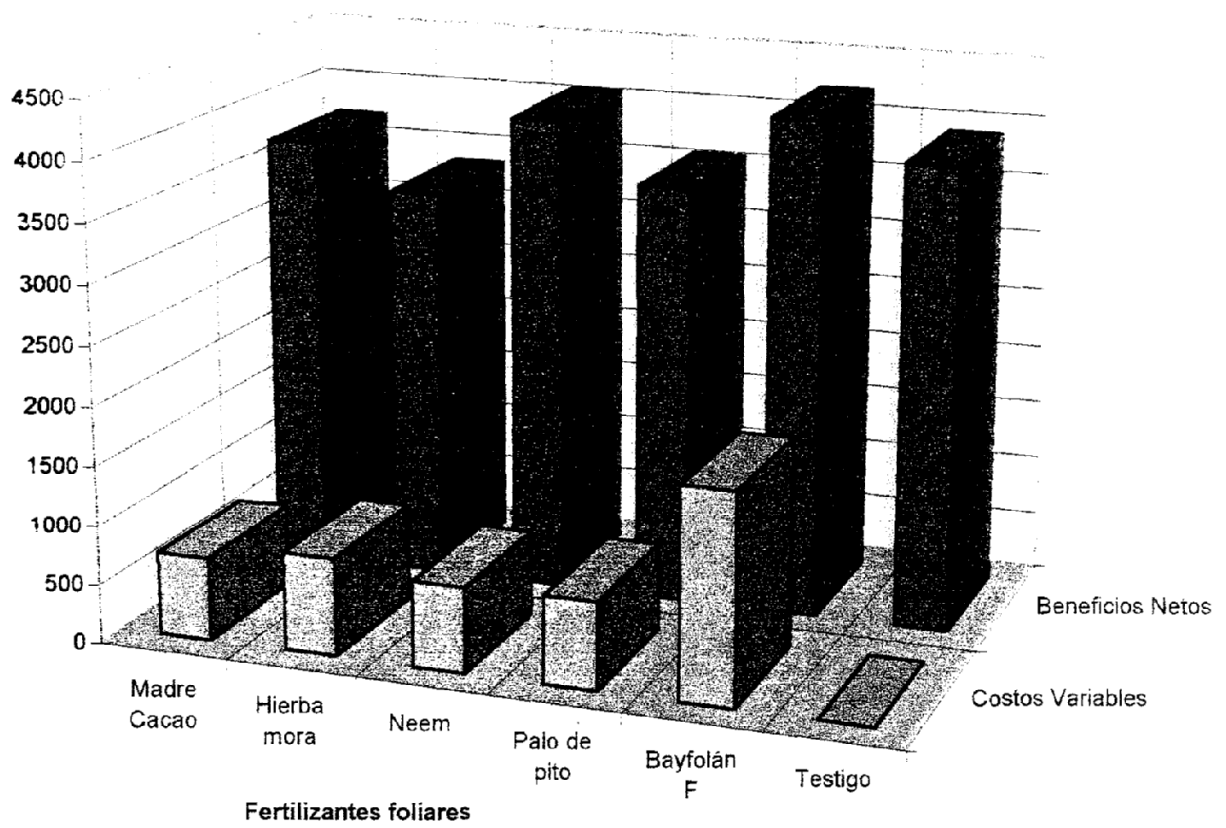


Figura 3. Relación entre costos variables y beneficios netos en dos localidades de Ipala, Chiquimula.

9. CONCLUSIONES

1. Estadísticamente no existen diferencias significativas entre dos de las fuentes de fertilizante aplicadas al suelo (Fertilizante sin P y sin K), por lo que es indiferente el uso de cualquiera de estas dos fuentes utilizadas.
2. El Nitrógeno se constituyó como el elemento limitante para el cultivo, puesto que la no presencia de este en una de las fuentes de fertilizante evaluadas redujo considerablemente el rendimiento del cultivo.
3. Todos los tratamientos evaluados fueron estadísticamente superiores al testigo en cuanto al rendimiento de grano de frijol.
4. Los mejores rendimientos se obtuvieron mediante la aplicación del fertilizante foliar Bayfolán F (1146 Kg/Ha) y Neem (913.8 Kg/Ha), siendo el primero de estos estadísticamente superior al resto de tratamientos.
5. Estadísticamente no existen diferencias significativas entre los fertilizantes foliares en relación al peso de 100 semillas, número de vainas por planta, número de granos por vaina y días a madurez.
6. Estadísticamente, el producto Bayfolán F mejoró la precocidad del cultivo en las dos Localidades evaluadas, observándose igual comportamiento los productos Madre cacao y Palo de pito en la aldea El Obraje.
7. De acuerdo al análisis Marginal, el tratamiento de Neem presentó la mayor Tasa Marginal de Retorno, siendo de 0.21, lo que indica que por cada quetzal invertido, se obtuvo una recuperación adicional de Q 0.21/Ha. de cultivo, seguido por el tratamiento Bayfolán F, con una Tasa Marginal de Retorno de 0.14.

10. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la investigación de productos orgánicos como fertilizantes foliares, debido a que los evaluados en el presente trabajo aunque no alcanzaron el máximo de rendimiento, fueron superiores al testigo.
2. Realizar un estudio de dosis mayores a las evaluadas en el presente trabajo para los tratamientos orgánicos con el propósito de determinar si a mayor dosis de aplicación, el efecto sobre el cultivo se incrementa positivamente.
3. Utilizar el producto orgánico Neem, puesto que a pesar de que no alcanzó el máximo rendimiento en relación al resto de tratamientos, económicamente es el más adecuado, debido a que se obtiene la mayor Tasa Marginal de Retomo, siendo de 21%.
4. Utilizar la fuente de fertilizante al suelo que menor costo represente al agricultor, siempre cuando se incluya en el fertilizante el Nitrógeno, puesto que la no presencia de este representa una limitante para el cultivo.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. ARAYA SÁNCHEZ, J.F. 1986. Efecto del madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq. Steud), como un abono verde en un sistema de maíz (*mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relevo en Acosta Puriscal, San José, Costa Rica. Tesis Mag. Se. México, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 6 - 12.
2. BASF (ALEMANIA). s.f Fertilización de hortalizas. República Federal de Alemania. 22 p.
3. CHONAY PANTZAY, J.J. 1990. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Se. México. Universidad de Chapingo. 107 p.
4. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 42 p.
5. ESTRADA RODRÍGUEZ, B.A. 1993. Evaluación del efecto de tres fertilizantes foliares orgánicos en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la aldea Macanché, Flores, Petén. Investigación EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 41 p.
6. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. 1987. Mapa cartográfico de Chiquimula; hoja 2260-II, serie E754, 2 ed. Ese. 1:50000. Color.
7. LETONA PAREDES, C.F. 1979. Relación de N, S y Mo en el contenido de proteína y componentes primarios del rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p.

8. LITTLE, T.M.; JACKSON HILLS, F. 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. Por Anatolio de Paula Crespo. 2 ed. México, Trillas. 270 p.
9. MARTÍNEZ TORRES, A.I. 1993. Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos foliares palo pito (*Ervtrhina berteroana*), liguerillo (*Ricinus comunis*) y estiércol de caballo, en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la aldea Las Viñas, Flores, Petén. Investigación EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 42 p.
10. MASSAYA, P. 1984. La situación del cultivo de frijol en Guatemala In Curso Internacional sobre investigación y producción de frijol)1., 1984. Jutiapa, Gua). Investigación y producción de frijol. Guatemala, Instituto de ciencia y Tecnología Agrícolas. P. 11 – 31.