Cuadro 4. Efecto de la densidad sobre la productividad (t/ha) del frijol común.

Densidades	Grupos de Hábito		
(pl/ha)	I(Guama)	II (Tazumal)	II(CC-25-9)
100 mil			2.02 c
150 mil		1.92 b	2.21 b
200 mil	2.20 b	2.06 a	2.28 a
250 mil	2.27 a	2.09 a	2.16 b
300 mil	2.27 a	1.95 b	
	**	**	**
ES	0.02	0.02	0.02

**P<.01/abc P,.05 (dentro de grupos)

Cuadro 5. Recomendaciones para extensión agrícola

Hábito	Dist./ Hileras (cm)	Dens. de Población (pl/ha)	Marco de Siembra (cm)
Grupo 1 (Guama)	60 + 30	300 mil	7.3 X 60 + 30
Grupo II (Tazumal)	70	250 mil	5.7 X 70
Grupo III (CC-25-9)	70	200 mil	7,1 x 70
Convencional *	70	250 mil	5.7 x 70

*Parcela testigo para los tres grupos.

EFECTOS DE DIFERENTES NIVELES Y FORMAS DE APLICACION DEL FERTILIZANTE FOSFORICO EN EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD REVOLUCION 79.

Francisco Telémaco Talavera Siles*

RESUMEN

Este experimento fue realizado en la estación experimental "La Compañía" con el objetivo de determinar el efecto de tres niveles de fósforo,

* Programa de Ciencia de las Plantas, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua, Nicaragua

cuatro formas de aplicación del fertilizante y la interacción entre estos factores en el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

Los niveles estudiados fueron: 50,100 y 200 kg/ha P_2O_5 más un control (sin aplicación). El fertilizante fosfórico fue aplicado de cuatro formas diferentes: al voleo, en forma convencional, en porciones entre cada dos plantas y concentrado en el fondo del surco.

Los resultados indican que el mayor efecto del fertilizante aplicado, en términos de rendimientos, se obtiene cuando este se aplica concentrado en el fondo del surco. Al aplicar 50 kg/ha P_2O_5 el rendimiento fue significativamente mayor del control unicamente cuando esta dosis se aplicó concentrada en el fondo del surco. Con 100 y 200 kg/ha P_2O_5 las formas de aplicación no afectaron significativamente el rendimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el rendimiento alcanzado con la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 concentrados en el fondo del surco, es estadísticamente comparable con los rendimientos producidos con la aplicación de 100 o 200 kg/ha P_2O_5, de cualquier forma que estos sean aplicados.

INTRODUCCION

La deficiencia de fósforo es el problema nutricional más común para frijoles en América Latina (Guazelli, et al, 1973). En América Central el 66% de los suelos de la zona frijolera son deficientes en fósforo (Fassbender, 1967) y de acuerdo con estudios realizados por Quintana (1983) específicamente en los suelos nicaraguenses, estos tienen el mismo problema. Consecuentemente, para obtener buenos rendimientos en la producción de frijol común sería indispensable la fertilización fosfórica.

Los fertilizantes fosfóricos aplicados al suelo, tienen con frecuencia baja eficiencia debido a que la disponibilidad de los mismos es afectada por diferentes condiciones edáficas, particularmente la fijación del fósforo. En suelos ácidos el hierro, aluminio y manganeso reaccionan con los iones fosfato convirtiendo el fósforo a formas indisponibles para las plantas (Brady, 1974). En suelos alkalinos se favorece la precipitación de fosfato dicálcico relativamente insoluble (Tisdale & Nelson, 1975).

En suelos de origen volcánico (andosoles) la eficiencia de los fertilizantes fosfóricos es baja, (5 y 10%), debido al alto contenido de alófanas las cuales presentan una elevada capacidad de fijación de fósforo, (Fassbender, 1969).

Fassbender (1967), estudiando la capacidad de fijación de 107 suelos centroamericanos encontró una variación en la capacidad de fijación entre 9.7 y 94% con una media de 37%. Para suelos derivados de cenizas volcánicas, Bravo y Gómez (1974) encontraron en la zona cafetalera de Colombia que la eficiencia del fósforo aplicado oscila apenas entre 8 y 21%.

Por lo anteriormente señalado se puede verificar que el aprovechamiento del fósforo en la producción de frijol en las condiciones de América Central es muy bajo; esto sería realmente una limitante seria.

La experiencia de los últimos años indica que en Nicaragua el uso de fertilizantes fosfóricos es necesario para obtener buenos rendimientos, razón por la cual se han hecho estudios para determinar la dosis óptima de aplicación (Tapia, 1965; Rodríguez, 1967; Sequeira, 1972 y Vanegas, 1986). Pero la experiencia también sugiere que el aprovechamiento del fósforo, o sea su eficiencia, no solo dependería de la magnitud de la dosis sino que también, y en buena medida, de la forma de aplicación del fertilizante (Cook, 1954; Neptune, 1978; Sleight, Sander & Peterson, 1984 e Izquierdo, 1988).

A la luz de los hechos se ha diseñado el presente estudio el cual aborda de forma integrada ambos aspectos: niveles y formas de aplicación del fertilizante fosfórico en la producción de frijol común.

El conocimiento del efecto de las formas de aplicación no solo permitirá determinar la forma más adecuada sino que también contribuirá a determinar la dosis óptima, para unas condiciones determinadas. Esto se considera de importancia económica dado que el frijol constituye el segundo más importante cultivo en la dieta alimenticia del pueblo nicaraguense (FAO, 1983) y lo que es más importante es que la importancia de fertilizantes fosfóricos significa un gasto de divisas para el país lo cual podría reducirse si se logra obtener un mayor aprovechamiento del fertilizante aplicado.

MATERIALES Y METODOS

Generalidades

Este experimento se realizó en la estación experimental "La Compapañía" situada a 45 km de Managua (entre Masatepe y San Marcos), durante la postrera de 1986 (Septiembre-Diciembre).

Las condiciones climáticas de esta zona se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones climáticas del área de "La Compañía"(1).*

Precipitación media anual(2)	1500 mm/año
Temperatura media anual	26 %C
Humedad relativa media anual	75 %
Altitud	450 msnm

(1): Oficina de Datos Básicos, Instituto Nicaraguense de Energía. Estación meteorológica del Jardín Botánico situada a 5 km de "La Compañía".

(2): La distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo es presentada en el anexo 12.

Los suelos de "La Compañía pertenecen a la serie Masatepe; son suelos francos con pendiente moderada. Algunas propiedades de éstos suelos se presentan en la Tabla 2

Tabla 2: Algunas propiedades edáficas del área experimental *(3)*

pH-H_2O=	6.9	Ca(meq/100 g suelo)=	38.6
pH-KCl=	5.6	K (meq/100 g suelo)=	4.9
Pérdida por ignición(%)=	21.8	Mg(meq/100 g suelo)=	11.3
Materia Orgánica(%)=	16.5	Na(meq/100 g suelo)=	0.08
Nitrógeno total=	0.6	CIC(meq/100 g suelo)=	54.4
P en la solución(mg/kg)=	0.07	Saturación de bases(%)=	100
P (mg/kg suelo)-Olsen=	16.88		

Capacidad de fijación P(%)=85

(3): Talavera & Izquierdo (1988). Una explicación más amplia sobre los métodos utilizados para el análisis del suelo es presentada en el anexo No.10.

Tratamientos

Los tratamientos estudiados fueron la combiandión de tres niveles de P_2O_5 y cuatro formas de aplicación, más un control (sin aplicación de fertilizante).

Niveles de P_2O_5

Se utilizó superfosfato triple como fuente de P_2O_5, el que fue aplicado a los niveles siguientes:

0) Po = 0 Kg/ha P_2O_5
1) P1 = 50 Kg/ha P_2O_5
2) P2 = 100 kg/ha P_2O_5
3) P3 = 200 kg/ha P_2O_5

Todas las parcelas, incluyendo el control recibieron 20 kg/ha N en forma de urea (46%N). Se hizo el cálculo y se pesó la cantidad de fertilizante correspondiente a cada surco. La aplicación se realizó en forma manual.

Formas de aplicación

Cada nivel de P_2O_5 se aplicó en el suelo de cuatro formas diferentes:

1) Al voleo: El fertilizante fue distribuido homogeneamente en toda la parcela inmediatamente antes de sembrar.

2) Convencional: El fertilizante fue distribuido en el surco, pero no concentrado.

3) Concentrado: El fertilizante fue aplicado, concentrado, en el fondo del surco.

4) En porciones: Las dosis correspondientes de P_2O_5 fueron puestas en bolsas de tela (gasa). Cada una de estas bolsas

fue colocada en el fondo del surco entre cada dos semillas.

La urea fue aplicada en forma convencional.

La variedad utilizada en este experimento fue Revolución 79. Se trata de una variedad del tipo 2b de acuerdo con la clasificación del CIAT (Mendoza, 1983), de ciclo vegetativo medio (70 días) y de tiempo normal a primera flor a los 32 días.

Diseño Experimental

El diseño utilizado fue de parcelas divididas en bloques completos al azar. Las parcelas principales estuvieron representadas por los niveles de P_2O_5 y las sub-parcelas por las formas de aplicación.

La sub-parcela consistió en 8 surcos de 6 m de largo espaciados 40 cm. La distancia entre plantas fue de 10 cm para una población de 250,000 plantas/ ha. La parcela útil la constituyeron los 6 surcos centrales, dejando en cada extremo un metro de borde. La distancia entre parcelas fue de 40 cm y entre bloques de 1 m.

Al realizar los análisis estadísticos, los niveles fueron comparados con respecto al control (sin aplicación de fertilizante) para saber si había o no respuesta la fertilización fosfórica en las condiciones en que se realizó el estudio. Las formas de aplicación se compararon con respecto a la aplicación convencional debido a que ésta es la forma que tradicionalmente usan en Nicaragua los productores e investigadores para aplicar los fertilizantes.

Manejo del Cultivo

La preparación del suelo se realizó con dos pases de arado y dos pases de grada (segunda y tercera semana de Septiembre). Al momento de la siembra (30 de Septiembre) fueron aplicados 20 kg/ha de carbofurán (Furadán 5G) para el control de plagas del suelo.

Control de Malezas

Un día después de la siembra (DDS) se aplicó pendimetalin (Prowl) en dosis de 1.5 l/ha; 30 días después de la siembra se realizó el primer control de malezas del cultivo: con azadón entre surcos y manual en los surcos. De igual forma se realizó un segundo control, a los 50 días después de la siembra.

Control de Plagas

22 días después de la siembra se aplicó chlorpyrifo (Lorsban) en dosis de 1/ha para el control de crysomélidos y *Estigmenea acrea*; 40 días después de la siembra el cultivo fue atacado por *Leptoglossus zonatus*, Empoasca krameri, *Pseudoplusia includens*, *Urbanus proteus*, *Estigmanea acrea* y *Spodoptera sunia* las cuales fueron controladas con la aplicación de una mezcla de chlorpyrifo y decametrina (Decis), en dosis de 2.0 y 0.8 l/ha respectivamente.

Control de Enfermedades

El cultivo fue atacado por *Thanatephorus cucumeris* (Mustia hilachosa), *Colletotrichum lindemutianum* (Antracnosis) y *C. dematium*. Estas enfermedades fueron identificadas en el Laboratorio de Fitopatología del MIDINRA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria).

Debido a que fue observado efecto de los tratamientos en la incidencia principalmente de Mustia hilachosa se hizo una valoración de este efecto y luego se aplicó benomyl (Benlate), en dosis de 0.8 kg/ha.

Observaciones

Crecimiento de las plantas

Al momento de la floración se midió la altura de las plantas en cada parcela.

Contenido de fósforo en el follaje

Para determinar el contenido de fósforo en el follaje fueron tomadas plantas de cada parcela 40 días después de la siembra. Las muestras fueron secadas en horno eléctrico a 105°C por 48 horas y analizado por el método de ignición húmeda (ver anexo 7).

Desarrollo de raíces

De plantas utilizadas para determinar el contenido de fósforo en el follaje fueron separadas las raíces, lavadas y secadas en horno eléctrico por 48 horas a 105°C. En estas se observó el desarrollo y morfología de las mismas.

Madrurez fisiológica

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la madurez del frijol, se estableció una escala arbitraria de 1 a 5. Uno fue dado a las parcelas menos madurez y 5 fue dada a aquellas que presentaban más avanzada la madurez.

Incidencia de enfermedades

En el experimento se observó la incidencia de mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*). Se usó también una escala arbitraria de 1 a 5; correspondiendo 1 a las parcelas que presentaban menor ataque de la enfermedad y 5 a las parcelas que presentaban mayor ataque.

Cosecha

La oosecha (10 de Diciembre), lo consistió el arranque manual de las plantas. Luego se dejaron secar al sol y se procedió a determinar los siguientes componentes del rendimiento.

Número de vainas por planta: Fueron escogidas 20 plantas al azar por parcela y a esas plantas se les contó el número de vianas.

Número de granos por vaina: Las 20 plantas usadas para contar el número de vainas por planta fueron usadas también para contar el número de granos por vaina.

Contenido de humedad del grano: En el laboratorio de Recursos Géneticos de Nicaragua (REGEN) se determinó el contenido de humedad del grano.

Rendimiento en grano: La producción en grano de cada area de cosecha (9.6 m") fue pesado y ajustado el rendimiento a un 14% de humedad.

RESULTADOS

Observaciones visuales

La germinación fue homogenea en toda las parcelas. Durante el desarrollo del cultivo la diferencia entre tratamiento fue clara y fácilmente observable.

El desarrollo de las raíces fue afectado por las diferentes formas de aplicación del fertilizante. Cuando el fertilizante fue aplicado concentrado en el fondo del surco, las raíces se concentraron alrededor del fertilizante; igual sucedió cuando el fertilizante fue aplicado en porciones, en este caso las raíces, principalmente las raíces secundarias y fibrosas se concentraron alrededor y dentro de las bolsas de gasa que contenían el fertiizante fosfórico. Cuando el fertilizante fue aplicado al voleo el desarrollo de las raíces fue pobre. Por otro lado se observó un mayor desarrollo de las raíces en los tratamientos en que se aplicaron 100 y 200 kg/ha P_2O_5 con respecto de aquellos que recibieron solo 50 kg/ha.

El tiempo a madurez fisiológica disminuyó con el incremento de la dosis de fósforo aplicado. Cuando el fertilizante se aplicó concentrado en el fondo del surco el tiempo a madurez fisiológica fue menor que en los demás tratamientos. Los resultados son presentados en los anexos 4,5 y 6.

Igual tendencia que se observó con la incidencia de Mustia hilachosa, su incidencia fue mayor en los tratamientos con más altos niveles de fósforo y mayor cuando el fertilizante se aplicó cocentrado en el fondo del surco (Anexos 7,8 y 9).

Rendimiento en grano

Efecto de los niveles de P_2O_5

De los tres niveles de P_2O_5 solo los niveles de 100 y 200 kg/ha incrementaron el rendimiento medio del cultivo con relación al control, pero la diferencia entre estos dos niveles no fue significativa según se muestra el la tabla 3.

Tabla 3. Efecto de los niveles de P_2O_5 sobre el rendimiento en grano de frijol común. Rendimientos medios para todas las formas de aplicación.

Tratamiento (Kg/ha P_2O_5)	Rendimiento en grano (kg/ha)	Incremento del del rendimiento (% del control)	Incremento en rendimiento por unidad de P_2O_5 aplicado (%del control)
0	1665 a	-	-
50	2041 ab	23	0.46
100	2520 bc	51	0.51
200	2587 c	55	0.28

Número seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a la tabla de rangos múltiples de Duncan.

* La forma en que se realizaron los cálculos se presenta en el anexo N.11

Cuando los rendimientos fueron expresados en porcentaje del control, los incrementos debido a cada nivel fueron: 23, 51 y 55% para 50, 100 y 200 Kg/ha P_2O_5 aplicado los incrementos fueron: 0.46, 0.51 y 0.28% para 50, 100 y 200 Kg/ha P_2O_5 respectivamente. La figura 1 muestra estos resultados gráficamete.

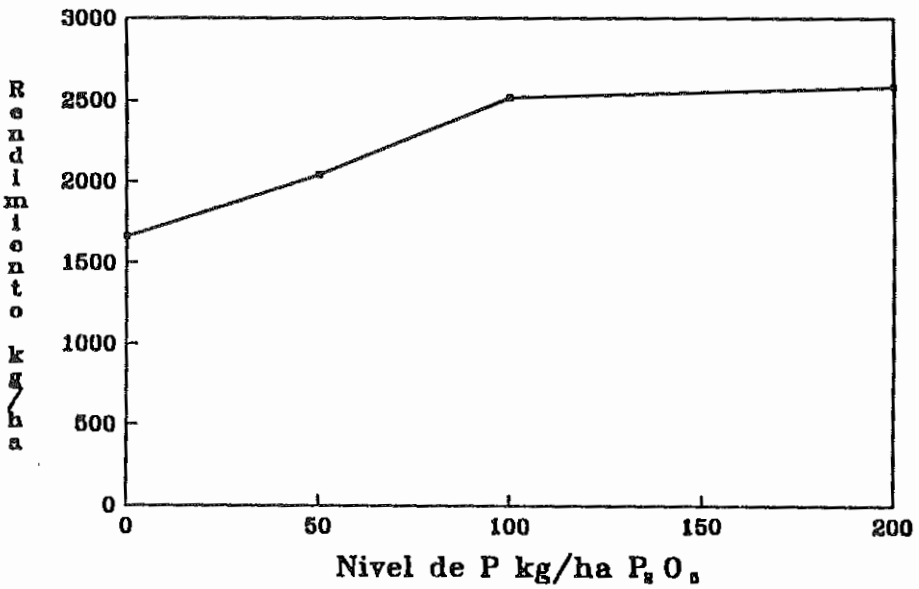

Fig 1. Efecto de niveles de fosforo en el rendimiento

Efecto de las formas de aplicación del fertilizante.
Comparando las medias de las diferentes formas de aplicación para los tres niveles de P_2O_5 (Tabla 4), el rendimiento del frijol no fue significativamente diferente para la aplicación del fertilizante al voleo, convencional y en porciones.

Tabla 4. Efecto de las formas de aplicación del fertilizante fosfórico sobre el rendimieto en grano de frijol común. Media para todos los niveles de P_2O_5.

Forma de Aplicación	Rendimiento Kg/ha		Rendimiento % de convencional
convencional			
Al voleo	2289	a	96
Convencional	2387	ab	100
Concentrado	2563	b	107
En porciones	2293	a	96

Número seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan.

La aplicación concentrada produjo rendimiento significativamente mayor que las aplicaciones al voleo y en porciones. Los efectos de las aplicaciones en forma convencional y concentradas, sobre el rendimiento de grano no fueron diferentes entre si.

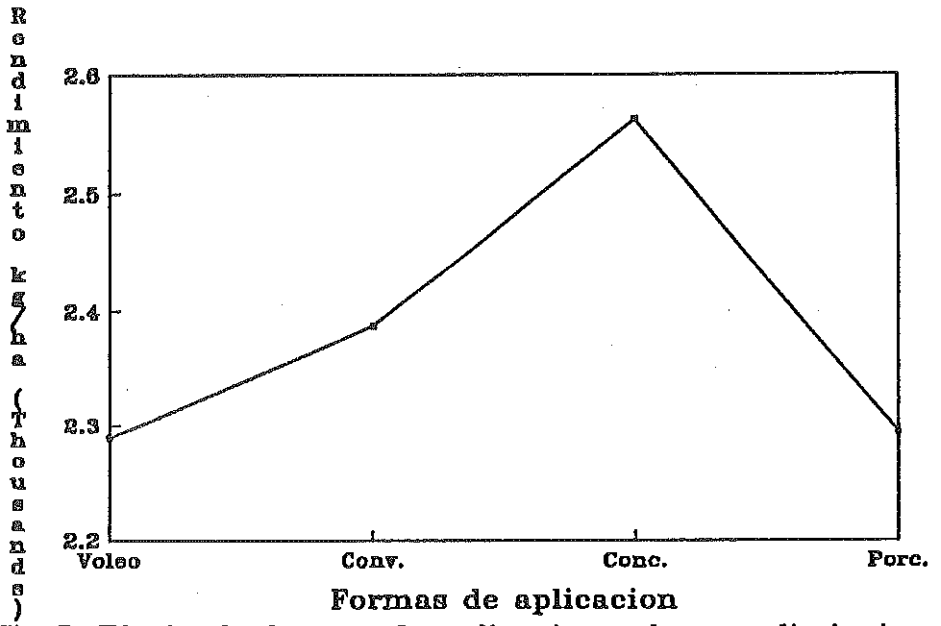

Fig 2. Efecto de formas de aplicacion sobre rendimiento

La figura 2 muestra gráficamente el efecto de las formas de aplicación en el rendimiento. Como puede observarse, el rendimiento se incrementó a medida que la aplicación se hizo más concentrada, obteniéndose el mejor efecto con la aplicación concentrada en el fondo del surco, sin embargo de acuerdo al mismo gráfico, cuando la aplicación se hizo extremadamente concentrada, o sea en porciones, el rendimiento decreció nuevamente.

Interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5

Comprando las diferentes formas de aplicación para cada uno de los niveles de P_2O_5 estudiados, se encontró que para el nivel de 50 kg/ha P_2O_5 el rendimiento producido cuando el fertilizante se aplicó concentrado en el fondo del surco fue significativamente mayor que el rendimiento producido por las otras formas de aplicación y mayor que el rendimiento alcanzado por el control (Tabla 5). El rendimieto obtenido al aplicar el fertilizante al voleo, convencional y en porciones no fue significativamente diferente entre si y a su vez no fue significativamente diferente del control.

En la misma tabla se puede constatar que el rendimiento producido por la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 concentrado en el fondo del surco, no difiere significativamente al rendimiento obtenido por la aplicación de 100 y 200 kg/ha P_2O_5 de cualquier forma que estos niveles sean aplicados.

Tabla 5. Efecto de las interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5 aplicados en el rendimiento del frijol común.

Tratamiento (kg/ha P_2O_5)		Rendimiento (kg/ha)		Incremento (%del control)	Increcmento por unidad de P_2O_5 (% del control)
0	-	1665	a	-	-
	Voleo	1701	a	2	0.04
	Convenc.	1963	a	18	0.36
50	Concent.	2509	b	51	1.01
	Porciones	1913	a	15	0.30
	Voleo	2536	b	52	0.52
	Convenc.	2612	b	57	0.57
100	Concenc.	2545	b	53	0.53
	Porciones	2385	b	43	0.43
	Voleo	2628	b	58	0.29
	Convenc.	2585	b	55	0.28
200	Concenc.	2554	b	53	0.27
	Porciones	2581	b	55	0.28

Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P=0.05) de acuerdo a Duncan.

Para 100 y 200 kg/ha P_2O_5 el rendimiento producido por cada una de las formas de aplicación difiere significativamente del alcanzado por el control y por la aplicación de 50 kg/ha al voleo, en forma convencional o en porciones pero no al obtenido por este nivel cuando se aplicó concentrado en el fondo del surco. La figura 3 muestra el efecto de las interacciones en el rendimiento del frijol.

Cuando el rendimiento fue expresado por unidad de P_2O_5 aplicado por hectarea, el aprovechamiento por el frijol del P_2O_5 aplicado decreció con el incremento de la cantidad aplicada. La mayor eficiencia fue obtenida cuando el más bajo nivel de P_2O_5 se aplicó concentrado en el fondo del surco.

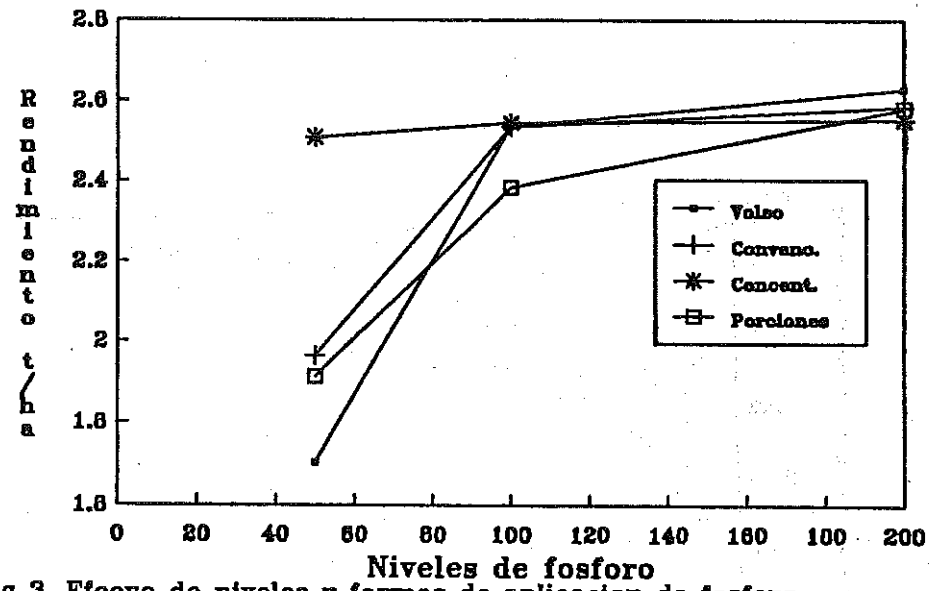

Fig 3. Efecyo de niveles y formas de aplicacion de fosforo sobre el rendimiento

Contenido de Fosfóro en El Follaje

Efecto de los niveles de P_2O_5 aplicados

La concentración media de fósforo en el follaje del frijol (tallos y hojas) para los tres niveles de P_2O_5 fue significativamente diferente del control como se muestra en la tabla 6. La diferencia en el contenido de fósforo para 100 y 200 kg/ha P_2O_5 no fue significativa pero la diferencia entre cada uno de estos niveles y 50 kg/ha si fue significativa.

Tabla 6. Efecto de los niveles de P_2O_5 aplicados en el contenido de fósforo en el follaje del frijol. En procentage de materia seca (m.s.).

Nivel de P_2O_5 (kg/ha)	Contenido de fósforo(%ms)		Incremento (%del control)	Incremento por unidad de P_2O_5 (% del control)
0	0.13	a	-	-
50	0.12	a	62	1.24
100	0.30	b	131	1.31
200	0.33	b	154	0.77

Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente (P=0.05 de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

El efecto de los diferentes niveles de P_2O_5 en el contenido de fósforo en el follage del frijol se presenta en la figura 4.

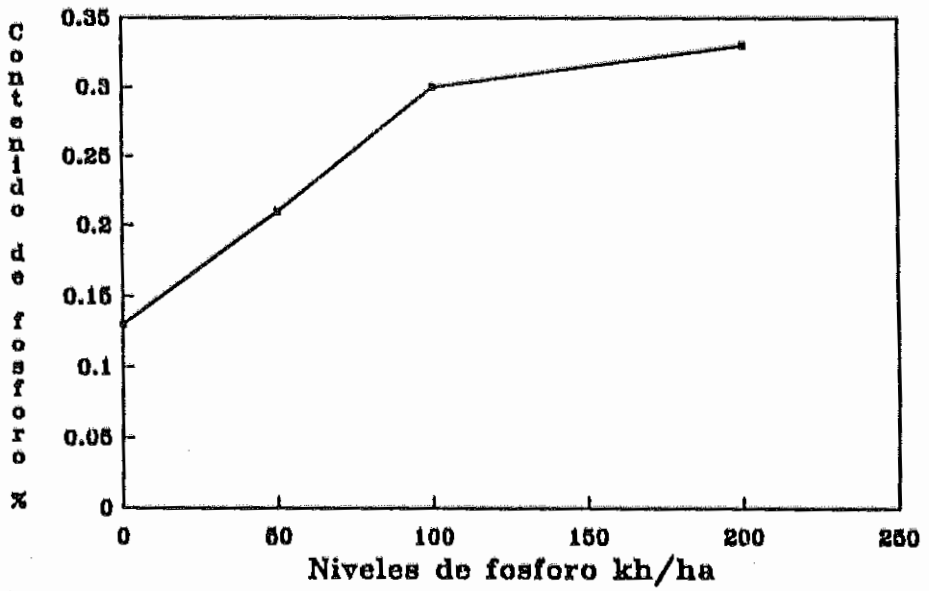

Fig 4. Efecto de niveles de fosforo sobre el contenido de fosfor en el follaje

Efecto de las formas de aplicación

Comparando la media de las diferentes formas de aplicación para los tres niveles de P_2O_5 aplicados (tabla 7), la concentración de fósforo en plantas de frijol no fue significativamente diferente para la aplicación al voleo y en porciones. El efecto de la aplicación convencional fue

significativamente a aquel de la aplicación al voleo pero no significativamente alcanzado por la aplicación en porciones. La aplicación concentrada en el fondo del surco produce un efecto significativamente mayor que las otras formas de aplicación.

Tabla 7 Efecto de las formas de aplicación del fertilizante fosfórico en el contenido de fósforo en plantas de frijol.

Forma de aplicación	Contenido de fósforo	Duncan(5%)
Voleo	0.25	a
Convencional	0.28	b
Concentrado	0.33	c
Porciones	0.26	ab

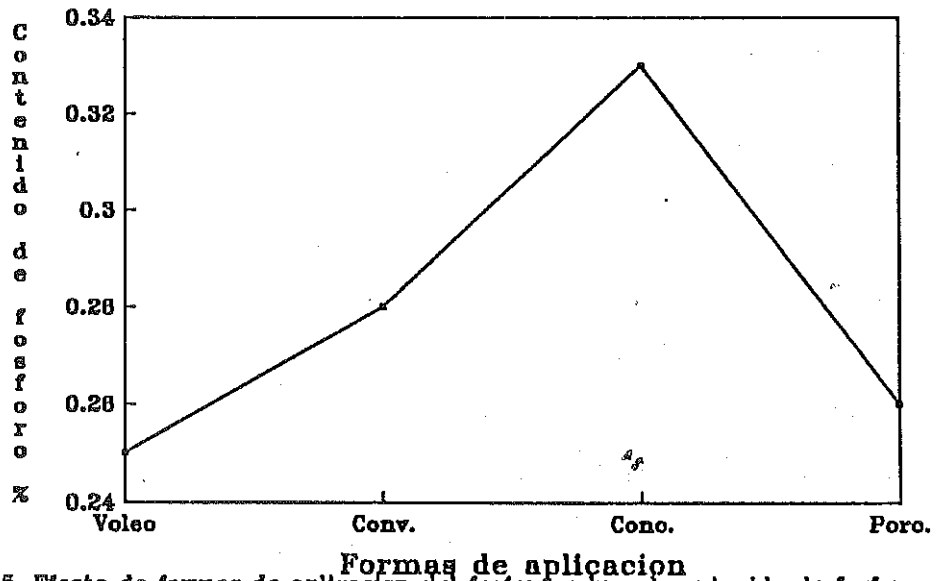

Fig 6. Efecto de formas de aplicacion del fosforo sobre el contenido de fosforo en el follaje

Efecto de la interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5.

Como puede ser observado en la tabla 8, el contenido de fósforo en el follaje, alcanzado por la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 concentrados en el fondo del surco, es diferente significativamente al obtenido por las demás formas de aplicación y por el control, pero es estadísticamente igual al obtenido por la aplicación, y por el control, pero es estadísticamente igual al obtenido por la aplicación de 100 y 200 kg/ha P_2O_5, cualquier forma que estos sean aplicados.

Para 100 y 200 kg/ha P_2O_5 el efecto producido por la forma de aplicación en el contenido de fósforo en frijol no fue significativo.

Según los datos presentados en la misma tabla, el mayor aprovechamiento del fertilizante fosfórico aplicado, de acuerdo al contenido de fósforo en el follage, es obtenido por la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 concentrados en el fondo del surco.

Tabla 8. Efecto de las interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5 aplicados sobre el contenido de fósforo en el follage del frijol. En porcentaje de materia seca (ms).

Tratamiento (kg/ha P_2O_5)		Contenido de Fósforo(%ms)		Incremento (%del control)	Incremento por unidad de P_2O_5 (%del control)
0	-	0.13	a	-	-
50	Voleo	0.14	a	8	0.16
	Convenc.	0.22	b	69	1.38
	Concent.	0.33	cd	154	3.08
	Porciones	0.17	ab	31	0.62
100	Voleo	0.27	c	108	1.08
	Convenc.	0.32	cd	146	1.46
	Concenc.	0.33	cd	154	1.54
	Porciones	0.28	cd	115	1.15
200	Voleo	0.39	d	200	1.00
	Convenc.	0.31	cd	138	0.69
	Concent.	0.33	cd	154	0.77
	Porciones	0.32	cd	146	0.73

Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a Duncan.

Crecimiento Vegetativo

En el anexo 3 se puede ver que con la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 concentrados en el fondo del surco, la altura de plantas fue similar estadísticamente a la alcanzada por la aplicación de 100 kg/ha P_2O_5 aplicados al voleo, en forma convencional o en porciones y a su vez fue igual estadísticamente a la alcanzada por la aplicación de 200 kg/ha P_2O_5 al voleo o en porciones. En cada uno de los niveles aplicados la mayor altura de plantas se logró con la aplicación concentrada en el fondo del surco.

Componentes del Rendimiento

Los niveles de fósforo tuvieron efecto singificativo (p=0.05) en el número de vainas por planta pero no las formas de aplicación.

El número de granos por vaina no fue afectado significativamente (p=0.05) por los tratamientos.

DISCUSION

La aplicación de fertilizante fosfóricos en los suelos de "la Compañía" se justifica porque la cantidad de fósforo en la solución del suelo es de solo 0.144 kg/ha (0.07 ppm) y la exigencia del cultivo, según Malavolta (1976) es de 9 kg/ha, razón por la cual el control produjo un rendimiento menor que los demás tratamientos.

Con la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 el rendimiento medio (media de todas las formas de aplicación) no fue significativamente diferente al control. Esto es porque gran parte del fósforo aplicado, pudo ser fijado por el suelo debido a que la capacidad de fijación de este es muy alta (85%), de acuerdo a los análisis de suelo (tabla 1). Además debido a la escasa movilidad de los iones fosfato en la solución del suelo (Tisdale *et* al. 1975), parte del fósfato no fijado puede no entrar en contacto y ser absorbido por las raíces de las plantas de frijol.

Con la aplicación de 100 y 200 kg/ha P_2O_5 el rendimiento fue significativamente mayor que el control. Esto debido a que estas dosis altas saturaron la capacidad de fijación del suelo permitiendo que una fracción importante del fósforo aplicado quedara disponible para la plantas. Este punto de vista se confirma con los resultados presentados en la tabla 1; el contenido de fósforo en las plantas de frijol para las dosis de 100 y 200 kg/ha P_2O_5 es óptimo de acuerdo a lo indicado por Howeler (1980).

Los resultados obtenidos con los diferentes niveles de fósforo, concuerdan con los resultados reportados por Tapia (1965), Rodríguez (1967), Pinchinat (1969), Sequeira (1972) y Vanegas (1986). Estos autores encontraron que para diferentes suelos centroamericanos, el mejor rendimiento de frijol se obtiene con aplicaciones entre 90 y 100 kg/ha P_2O_5. A su vez estos resultados son concordantes con los encontrados por Chávez (1976) quien estudiando el efecto de siete niveles de fósforo aplicados al frijol, obtuvo el más alto rendimiento con la aplicación de dosis altas de este elemento.

El efecto positivo obtenido por la localización del fertilizante concentrado en el fondo del surco, fue debido probablemente a la reducción de la fijación del fósforo por el suelo. Cuando el fertilizante es concentrado en el surco tiene menos contacto con las partículas del suelo y por consiguiente la probalidad de que sea fijado es menor. Con esta forma de aplicación se incrementa la probabilidad de que la raíz entre en contacto con el fertilizante. Esto parece reflejarse en el hecho que cuando el fertilizante se aplicó en forma concentrada, se formó alrededor de éste una red de raíces. Este resultado coincide con lo encontrado por Fisher y Duham (1984); ellos

informan que hay evidencia de una abundante proliferación de raíces en zonas enriquecidas por fertilizantes. De igual manera coincide con los resultados encontrados por Cook (1954) investigando diferentes cultivos fertilizados con N,P y K. Los cultivos estudiados por Cook formaron una red de raíces cuando los fertilizantes se aplicaron en bandas.

Por el contrario cuando el fertilizante es aplicado al voleo, este tiene más contacto con las partículas del suelo y como consequiencia la probabilidad de que sea fijado es a su vez mayor. En este caso la absorción por el cultivo es menor como se puede constatar en la tabla No.5. Similares resultados han sido reportados por Prummel (1957).

La distancia entre las raíces y el fertilizante es mayor cuando el fertilizante es aplicado al voleo que cuando es concentrado en el fondo del surco. Consecuentemente es más difícil que las raíces entren en contacto con el fertilizante que no fue fijado por el suelo. Por esta razón con la aplicación del fertilizante al voleo el sistema radicular trató de desarrollarse, en busca del fertilizante, pero por falta de nutrientes cuando se aplicaron solo 50 kg/ha P_2O_5, el desarrollo fue más pobre e irregular que en las demás formas de aplicación.

La forma de aplicación no tuvo efecto significativo en el rendimiento cuando fueron aplicados 100 o 200 kg/ha P_2O_5 debido a que estas cantidades son suficientemente grandes para que además del fósforo fijado por el suelo quede disponible una cantidad suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo.

Como puede ser observado en la tabla 5, a pesar de que las diferencias en el rendimiento de grano para los niveles de 100 y 200 kg/ha P_2O_5 no fueron significativas para las distintas formas de aplicación, con el incremento de la dosis de fertilizante aplicado el rendimiento incrementó gradualmente a medida en que el fertilizante se aplicó menos concentrado, lo cual pudo ser debido a que al haber suficiente fertilizante disponible en el suelo, las plantas puedieron haber absorvido la cantidad necesaria para satisfacer sus necesidades sin tener que concentrar el sistema radicular en un pequeño volumen de suelo. Esto podría ser una ventaja porque permite a la planta aprovechar mejor el agua del suelo e incrementa la probalidad de absorver otros nutrientes no aplicados.

Para el nivel de 50 kg/ha P_2O_5 el efecto de las formas de colocación si es significativo debido a que al mezclarlo con el suelo la cantidad no fijada y que puede ser absorvida no es capaz de satisfacer las necesidades del cultivo. Si la aplicación se hace concentrada en el fondo del surco se reduce la fijación y se puede satisfacer las necesidades del cultivo obteniendo de esta forma, la mayor eficiencia de utilización por unidad de P_2O_5 aplicada.

La aplicación convencional que es una aplicación semi-concentrada, no tuvo efecto significativo en el rendimiento. Esto debido a que aun en estas condiciones, gran parte del fertilizante aplicado puede ser fijado por el suelo.

Con la aplicación convencional se observó una mayor dispersión del sistema radicular comparado con la aplicación concentrada tanto en el fondo del surco como en porciones. Esto indica que las raíces se desarrollaron en función de la localización del fertilizante. Comparado con la aplicación al voleo el desarrollo del sistema radicular fue mejor, debido a que en este caso el volumen de suelo con el cual fue mezclado el fertilizante fue menor y por consiguiente la fijación se puede suponer también menor; por otra parte la probabilidad de tener contacto con el fertilizante no fijado incrementó con relación siempre a la aplicación al voleo.

Como puede observarse en las figuras 2 y 5 la capacidad de la planta para absorver el fósforo y de utilizarlo para producir materia seca, está en dependencia de la forma de aplicación del fertilizante. La aplicación conccentrada en el fondo del surco permitió obtener un contenido óptimo de fósforo en el follaje y con esto un buen rendimento de grano debido a que estos dos parámetros (contenido de fósforo y rendimiento) están positivamente correlacionados (r=0.978); sin embargo como se presenta en las mismas figuras, cuando la aplicación del fertilizante se hizo extremadamente concentrada e(en porciones), el contenido de fósforo en el follaje y el rendimiento de grano disminuyeron con relación a la aplicación concentrada en el fondo del surco debido a que a pesar de que en estas condiciones se reduce la fijación del fósforo, las raíces, de acuerdo a la observado, tuvieron que sufrir una deformación hacia los lados donde se encontraban las porciones para poder entrar en contacto con el fertilizante aplicado. La extrema concentración del sistema radicular alrededor y dentro de las porciones pudo también haber reducido la posibilidad del cultivo de obtener agua y otros nutrientes que no fueron aplicados.

Como ya fue señalado, en los estudios realizados anteriormente, los mejores rendimientos fueron obtenidos con aplicaciones entre 90 y 100 kg/ha P_2O_5 debido a que tango agricultores como investigadores hacen las aplicaciones del fertilizante de forma convencional, sin embargo en este estudio se ha determinado que es posible obtener resultados similares con la aplicación de 50 kg/ha P_2O_5 si estos son aplicados en forma concentrada en el fondo del surco.

CONCLUSIONES

1) La aplicación concentrada en el fondo del surco produce mayor eficiencia del fertilizante fosfórico aplicado.

2) Cuando 50 kg/ha P_2O_5 son aplicados, es necesario hacer esta aplicación concentrada en el fondo del surco para obtener un buen rendimiento.

3) Cuando 100 y 200 kg/ha P_2O_5 son aplicados, las formas de aplicación no tienen efecto significativo en el rendimiento.

4) En suelos con elevada capacidad de fijación de fósforo es posible obtener un rendimiento igual estadísticamente al producido por la aplicación de 100 o 200 kg/ha P_2O_5 con la aplicación de solo 50 kg/ha, si este es aplicado concentrado en el fondo del surco.

RECOMENDACIONES

1) En suelos con elevada capacidad de fijación de fósforo, con el objetivo de obtener buenos rendimientos en frijol común sin tener que aplicar dosis altas de fertilizantes fosfórico, es conveniente, aplicar el fertilizante en bandas concentradas en el fondo del surco.

2) Continuar los estudios sobre formas de aplicación, en los suelos de "La Compañía" y en otros suelos con elevada capacidad de fijación de fósforo.

3) Estudiar la relación existente entre ferilización fosfórica e incidencia de enfermedades.

4) Realizar estudios similares con otros nutrientes aplicados al suelo y con otros cultivos.

REFERENCIAS

BRADY, N. 1974. The nature and properties of soils. 8th ed: 456-480.

BRAVO, E. & GOMEZ, A. 1974. Capacidad de fijación de fósforo en unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana.

COOKE, G.W. 1954. Recent advances in fertilizar placement. J. Sc. Food Agric., 5, September, 1954: 429-440.

CHAVEZ, R.C. 1976. Efecto de siete niveles de nitrógeno, fósforo y zinc sobre algunos componentes del rendimiento de frijol variedad 510-511. Biblioteca ISCA, Managua, Nicaragua.

FASSBENDER, H. W. 1969. Estudio del fósforo en suelos de América Central. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Revista Turrialba, volumen 19, No.4, 1969.

FASSBENDER, H.W. 1967. La fertilización del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Revista Turrialba, volumen 17, No.1: 45-52,1967.

FISCHER, N.M. & DUNHAM, R.J. 1984. Root morphology and nutrient uptke: 100-101. In Goldsworthy, P.R. & Fisher, N.M. (eds) The physiology of tropical field crops.

GUAZELLI, R.J. et al. 1973. Efeitos agronómicos e económicos do calcario, nitrogenio, fósforo, potasio, enxofre e mocronutrientes nos rendimientos do soya, feijao e arroz en Uberaba, Minas Gerais. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Serie Agronómica No.8, Volumen 6: 29-37.

HOWELER, R.H. 1980. Nutritional Disorder. 343-358. En H.F. Schwartz y G. E. Galvez (eds) Bean Production Problems, Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

IZQUIERDO, M. 1988. Frecuencia de las malezas y rendimiento del frijol como efecto de las diferentes formas de colocación del fertilizante fosfórico. Programa Ciencia de las Plantas ISCA-SLU. (No publicado).

MALAVOLTA, E. 1976. Suelos y Agronomía. 285-312. En Frijol: Investigaciones y Producción. Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

MENDOZA, 1983. Evaluación de la eficiencia de variedades de frijol común y *Phaseoulus acutifolius* en suelos con niveles bajos de fósforo y respuesta a la aplicación. En: Dos años de cooperación para el mejoramiento del frijol común *Phaseolus vulgaris L.* en Nicaragua. DGTA/SAREC. Managua, Nicaragua, 47-49.

NEPTUNE, A.M. 1978. Efficiency of fertilizer phosphorus utilization by common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cv. 'Carioca', under different methods of applying phosphatic fertilizer. Revista Turrialba, volume 29, No.1, 1979: 31-34.

NEPTUNE, A.M. 1978. Efeito de diferentes doses de nitrogenio e modos de aplicacao do fertilizantes fosfatado e nitrogenado na eficiencia da utilizacao do fosforo pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) Revista Turrialba volumen 28, No.3: 197-201.

PRUMMEL, J. 1956. Placement of fertilizer. Agricultural Experimental Station and Institute for Soil Research T: O: Gronigen, The Netherlands. Sxiéme congrés de la Science du sol-Paris 1956: 167-171.

QUINTANA, O. 1988. Fertilidad de los suelos de Nicaragua. Seminario, Noviembre 1987. Managua, Nicaragua.

RODRIGUEZ, M. 1967 Ensayos de fertilización en frijol en zona norte de Nicaragua. PCCMCA, San José, Costa Rica.

SEQUEIRA, B. 1972. Efecto de la fertilización fosfórica y la cantidad de semilla de siembra en los rendimientos del frijol negro. Biblioteca ISCA, Managua, Nicaragua.

SLEIGHT, D. M. SAMBER, O.H. and PETERSON, G.A. 1984. Effect of fertilizer phosphoric placement on the aviability of phosphorus. Soil Sci. Am J. 48:336-340.

TALAVERA, T. & IZQUIERDO, M. 1988. Diagnosis of fertility of some nicaraguan soils. Programa Ciencia de las Plantas ISCA-SLU. Managua, Nicaragua.

TAPIA, H. 1965. Ensayos de fertilización en frijol en Nicaragua. PCCMCA, 11, Panamá.

TISDALE, S & NELSON, W. 1975. Soil fertility and fertilizer. 3ra ed: 189-242.

VANEGAS, J. 1986. Plant desity, row spacing and fertilizer effects in weed and unweed stands of common bean, (*Phaseolus vulgaris* L.). Programa Ciencia de las Plantas ISCA-SLU. Managua, Nicaragua.

ANEXO 1

Efecto de los diferentes niveles de fosfóro en la altura de plantas.

Nivel (Kg/ha P_2O_5)	Altura Promedio (cm)	Duncan (5%)
0	30	a
50	41	b
100	53	c
200	55	c

Promedios seguidos por las mismas no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 2

Efecto de las diferentes formas de aplicación en la altura de plantas.

Forma de Aplicación	Altura Promedio (cm)	Duncan (5%)
Al voleo	46	a
En porciones	48	ab
Convencional	51	b
Concentrado	55	c

Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 3

Efecto de las interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5. Aplicados, en la altura de plantas de frijol.

Tratamiento (kg/ha P_2O_5)		Altura (cm)	Duncan. (5%)
0	-	30	a
50	Voleo	34	a
	Convencional	42	b
	Concentrado	49	c
	Porciones	40	b
100	Voleo	51	cd
	Convencional	54	cde
	Concentrado	57	de
	Porciones	49	c
200	Voleo	52	cd
	Convencional	56	de
	Concentrado	60	e
	Porciones	52	cd

Efecto de los niveles de fosforo en la madurez fisiológica de frijol.

Nivel (Kg/ha P_2O_5)	Madurez (1 a 5)	Duncan (5%)
0	1.33	a
50	2.42	b
100	3.17	bc
200	3.67	c

Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 5

Efecto de las formas de aplicación en la madurez fisiológica del frijol.

Aplicación	Madurez (1 a 5)	Duncan (5%)
Porciones	2.56	a
Al voleo	2.67	a
Convencional	3.11	ab
Concentrado	4.00	b

ANEXO 6

Efecto de las interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5 aplicados, en la madurez fisiológica de frijol.

Tratamiento (kg/ha P_2O_5)		Madurez (1 a 5)	Duncan (5%)
0	-	1.33	a
50	Voleo	2.0	ab
	Convencional	2.33	bc
	Concentrado	3.33	cde
	Porciones	2.00	ab
100	Voleo	2.67	bcd
	Convencional	3.33	cde
	Concentrado	4.00	ef
	Porciones	3.67	bcd
200	Voleo	3.33	cde
	Convencional	3.67	def
	Concentrado	4.67	f
	Porciones	3.00	cde

Número seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente (p=0.05) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 7

Efecto de los niveles de fósforo en la incidencia de enfermedades.

Nivel (kg/ha P_2O_5)	Incidencia (1 a 5)	Duncan (5%)
0	1.33	a
50	2.50	b
100	3.50	bc
200	3.92	c

Promedios seguidos por la misma letra no significativamente (p=0.05) de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 8

Efecto de las formas de aplicación en la incidencia de enfermedades.

Aplicación	Incidencia (1 a 5)	Duncan (5%)
Al voleo	2.78	a
Porciones	3.00	ab
Convencional	3.33	ab
Concentrado	4.11	b

Promedio seguidos con la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 9

Efecto de las interacciones entre formas de aplicación y niveles de P_2O_5 aplicados, en la incidencia de enfermedades.

Tratamiento (Kg/ha P_2O_5)		Incidencia (1 a 5)	Duncan (5%)
0	-	1.33	a
50	Voleo	2.33	bc
	Convencional	2.33	bc
	Concentrado	3.33	de
	Porciones	2.00	ab
100	Voleo	2.67	bcd
	Convencional	3.67	def
	Concentrado	4.33	ef
	Porciones	3.33	de
200	Voleo	3.33	de
	Convencional	4.00	ef
	Concentrado	4.67	f
	Porciones	3.67	def

Números seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente (p=0.05) de acuerdo la prueba de rangos múltiples de Duncan.

ANEXO 10

Métodos analíticos utilizados para el análisis del suelo y las plantas.

pH: Suspensiones de suelo fueron preparadas con agua des-ionisada y KCl1N, luego fue medido el pH usando pH-metro

Materia orgánica: La materia orgánica fue estimada por combustión húmeda de acuerdo al procedimiento de Walkley-Black (1934).

Pérdida por ignición: Esta fue medida por ignición del suelo seco al aire a 500°C por 6 horas, enfriado y pesado.

Nitrógeno total: El N fue determinado en un analizador Kjeltec Auto 1030.

Cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (CIC):

Solución de NH_4OAc 1N (pH7) fue usada para la extracción de los cationes y $Ca(OAc)_2$ IN (pH 7) para la saturación del suelo, alcohol 50% (1 parte de etanol 97% + 1 parte de agua des-ionizada) para remover el exceso de $Ca(OAc)_2$ y NH_4OAc 1N (pH 7) para la extracción del Ca adsorvido. Los procedimiento de extracción son descritos por Otabbong (1983). Los

cationes fueron medidos por emisión en un spectrofotometro de absorción atómica Perkin-Elmer 360.

Porcentaje de saturación de bases: Esta fue definida como la suma de cationes básicos intercambiables (en meq por 100 g ms. suelo) dividida por la CIC (meq/100 g ms. suelo) y multiplicanda por 100.

Fósforo soluble: El fósforo soluble del suelo fue obtenido en un extracto de agua des-ionizada y NaHCO3 0.5 N. El fósforo fue medido colorimétricamente usando molibdato de amonio, tartrato de antimonio y potasio y ácido ascórbico de acuerdo al procedimiento de Watanabe y Olsen (1965). El análisis fue realizado a 880 nm en un colorímetro universal fotómetro Vitatron.

Fósforo en tejido de plantas: El fósforo fue obtenido por incineración 570°C por 1 hora, disueltas las cenizas en $HNO_3$2N, para formar el color se usó molibdato de amonio y vanadato de amonio y medido el fósforo a 450 nm en un colorímetro Spectronic 20.

Fijación de fósforo por el suelo: Esta fue estimado tratando 10 gramos suelo 2 mm seco al aire con 2000 mg P/kg suelo (2000 ppm) en solución de KH_2PO_4. El fósforo fue medido primero en un extracto de suelo obtenido primero con agua des-ionizada y luego con $NaCO_3$ (0.5 N). El resultado fue comparado con un control (suelo que no recivió fósforo). El fósforo fue medido de acuerdo a procedimiento indicado en otra parte de este escrito y luego calculada la fijación.

ANEXO 11

Procedimiento utilizado para calcular el incremento en rendimiento de grano y contenido de fósforo en plantas de frijol.

Tabla 1. Efecto de los niveles de P_2O_5 sobre el rendimiento en grano de frijol común. Rendimientos medios para todas las formas de aplicación.

Tratamiento (Kg/ha P_2O_5)	Rendimiento en grano (kg/ha)	Incremento del rendimiento (% del control) (a)	Incremento en rendimiento por unidad de P_2O_5 aplicado (% del control)* (b)
0	1665 a	-	-
50	2041 ab	23	0.46
100	2520 bc	51	0.51
200	2587 c	55	0.28

Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05) de acuerdo a la tabla de rangos múltiples de Duncan.

(a) 2041 - 1665 = 376
376 x 100 = 37600
37600 / 1665 = 23

(b) 2041 - 1665 = 376
376 x 50 = 7.52
7.52x 100 = 752
752 / 1665 = 0.46

De igual forma se hicieron los cálculos para los siguientes datos y para las otras tablas que presentan el efecto de las formas de aplicación en el rendimiento así como para los cálculos del contenido de fósforo en plantas de frijol.

TRANSFERENCIA CON HERBICIDA EN LOS SISTEMAS DE LABRANZA MINIMA Y CONVENCIONAL EN FRIJOL COMUN.

Porfirio Rodríguez S.*, Javier Rodríguez* y Jorge Morazán*

Se establecieron nueve lotes demostrativos, 5 de labranza mínima y 4 de labranza convencional en igual número de localidades en la región Sur oriental de Honduras. Con el propósito de mostrar y difundir la alternativa propuesta, que consiste en dos aplicaciones de labranza mínima y una en labranza convencional con Paraquat (dirigido) en el control químico de malezas en los sistemas de labranzas, comparado con la práctica del agricultor control manual.

El análisis estadístico no detectó diferencia significativa entre labranza convencional y práctica del agricultor en ninguno de los sitios. En tres de los cinco sitios en que se sembró labranza mínima, el análisis detectó diferencias altamente significativas con rendimientos medios de 1.203 t/ha para labranza mínima y 0.843 t/ha en la práctica de la gricultor. Las diferencias de los beneficios netos en los Limones, Jacaleapa y San Jerónimo son: $ 300,193 y 191 respectivamente, siendo esta una alternativa donde la mano de obra es limitante en época de mayor demanda.

Palabras claves: Frijol, transferencia, aplicación de herbicida, sistemas de labranza.

INTRODUCCION

El control de malezas en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* se ha realizado en forma manual (azadón) muchas veces cuando estas han causado daño al cultivo por competencia, debido a la demanda de mano de obra en esa época.

El frijol se siembra en primera y postrera, preparando suelo en labranza convencional (terrenos planos) que consiste en un pase de rastra con maquinaria y luego el surcado lo efectúan con bueyes o dos pases y un surcado con bueyes; y en terrenos alomados propios para labranza mínima el surco y resurco que consiste en tres pases con bueyes de una sola vez; sembrando a chorro seguido.

Trabajos realizados en los departamentos de Olancho y El Paraíso en el control químico de malezas y sistemas de labranza muestran su

* Investigadores en Finca. Secretaría de Recursos Naturales, Danlí, El Paraso, Honduras, C.A.