

Publicación Miscelánea No. 53

A194

6

6-g

*D. bl...*



**Guia para la Investigación**  
**en el**  
**Abonamiento del Frijol**  
**para el**  
**PCCMCA**  
**1968**

J. A. MARTINI



**IICA**

Centro de Enseñanza e Investigación  
Turrialba, Costa Rica

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro de Enseñanza e Investigación  
Turrialba, Costa Rica

GUIA PARA LA INVESTIGACION EN EL  
ABONAMIENTO DEL FRIJOL PARA EL  
P C C M C A  
1968



J.A. Martini. Coordinador, Programa de Ensayos de Abonamiento  
del PCCMCA. Especialista de FAO en Fertilidad de Suelos asignado al  
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

## INTRODUCCION

El frijol es uno de los cultivos alimenticios básicos en Centro América por ser este grano parte integral de la dieta y una de las fuentes principales de proteínas (1, 2, 5, 8, 9, 12, 18, 31). Mientras que el consumo de maíz y arroz per capita aumenta y disminuye, respectivamente, a medida que se va de Panamá hacia México, el consumo del frijol per capita se mantiene más o menos constante (5).

Es ya bien conocido que en Centroamérica confrontamos el problema de una explosión demográfica que sobrepasa los incrementos en la producción de alimentos resultando en una menor producción per capita y en un mayor déficit nutricional (2, 5, 18).

En el caso específico del frijol, su producción per capita también es tendiente a disminuir, aún cuando la producción total aumenta. La literatura de los últimos 6 años del PCCMCA muestra que los posibles aumentos en la producción del frijol se deben más a una mayor superficie de tierra sembrada que a un mayor rendimiento por unidad de superficie. En general, los rendimientos unitarios del frijol en Centroamérica son bajos (1, 8, 9, 10, 12, 18, 22, 31) y las razones que se han presentado son las siguientes (8, 10, 18, 31):

1. Variedades no adaptadas, que
  - a) Rinden poco por razones genéticas o climáticas
  - b) No responden satisfactoriamente al abonamiento debido a los bajos límites genéticos de la planta
  - c) Se desgranar fácilmente
  - d) Son muy susceptibles a enfermedades e insectos
  - e) No se adaptan a la mecanización.
2. Prácticas culturales inadecuadas en lo que concierne a:
  - a) La preparación del terreno
  - b) Epoca de siembra
  - c) Densidad de plantas
  - d) Control de enfermedades e insectos
  - e) Destrucción de las malas hierbas

- f) Desagüe del terreno
  - g) Abonamiento.
3. Utilización de tierras marginales o que no se adaptan para el cultivo eficiente del frijol.
  4. Falta de crédito agrícola y estímulos como precio y mercado que induzcan al agricultor a hacer un esfuerzo para producir más.

De lo dicho anteriormente se hace evidente que es imperativo encontrar la forma de aumentar los rendimientos en el cultivo del frijol en Centroamérica.

Las memorias del PCCMCA muestran que son relativamente pocos los ensayos de abonamiento que se han realizado. Sin embargo, sí se ha podido demostrar que el abonamiento es uno de los medios más eficaces de incrementar los rendimientos, la calidad y las ganancias (5, 6, 21, 25, 30, 32, 33). De allí es que sea fácil el poder justificar todo esfuerzo bien encaminado a desarrollar un programa de abonamiento adecuado. No obstante debemos recordar que no se puede llevar a la realidad un abonamiento eficiente sin haber evolucionado también otros aspectos de la producción.

El objetivo primordial de este trabajo es el de hacer algunas recomendaciones que faciliten la investigación en el abonamiento del frijol a fin de caracterizar, con un mínimo de costo, tiempo y esfuerzo, los problemas pertinentes a los suelos y nutrición de este cultivo.

Esta guía también se puede aplicar en gran parte a la investigación en el abonamiento de otros cultivos.

#### REVISION DE LA LITERATURA

La investigación sobre el abonamiento del frijol realizada hasta el presente en los principales suelos de áreas productoras de este cultivo en

Centroamérica no es concluyente por ser insuficiente y hasta cierto punto contradictoria. La falta de compatibilidad de los resultados se debe en parte a una técnica experimental inadecuada y a la insuficiente caracterización de los suelos y demás condiciones experimentales.

Para el abonamiento adecuado de cualquier cultivo es preciso conocer los requerimientos nutricionales de la planta y el nivel de fertilidad del suelo en que se desarrolla. Las necesidades de nutrimentos del frijol han sido estudiadas en cultivos hidropónicos o con experimentos en macetas con arena de cuarzo puro por diferentes autores (20, 24, 35) los cuales han concluido que esta planta tiene un contenido alto de N, mediano de P, K y Ca y bajo de Mg y S, dando así una relación promedio para  $N:P_2O_5:K_2O:S:Ca:Mg$  de 1:0,22:0,70:0,027:0,30:0,053 (15).

Aún cuando la planta de frijol posee un alto contenido de N, su requerimiento no es tan alto gracias a la facultad de esta leguminosa para fijar N del aire del suelo en sus nódulos, con la ayuda de bacterias simbióticas (Rhizobium sp.). En algunos casos, sin embargo, es preciso inocular la semilla con la bacteria simbiótica a fin de incrementar la fijación del N. En otros casos los suelos poseen el inóculo necesario (7, 21). En cuanto al P, los requerimientos varían de moderado a bajo. Sin embargo, hay evidencia en la literatura de que generalmente la planta de frijol responde significativamente al abonamiento fosfatado (3, 13, 16, 21, 25, 26, 28, 32, 33) lo cual parece ser una consecuencia de los bajos niveles de P disponible en el suelo (14, 29) y de una dinámica negativa en la transformación de los fosfatos del suelo. La demanda de K en el frijol es moderada; sin embargo, los suelos aparentemente poseen niveles adecuados ya que solamente muy ocasionalmente se registran respuestas a este nutrimento (3, 19, 21, 25, 27, 32, 33, 35). Más aún, en ciertas ocasiones se observan efectos detrimentales sobre la producción debido al abonamiento potásico (21, 25, 32, 33) causado ya sea por los altos niveles de K cambiante (19, 27) o por un desbalance nutricional en el suelo o por una deficiencia más marcada de otros nutrimentos como ocurre comunmente en Centroeamérica con el S,

Ca, Mg y algunos elementos menores. El autor ha podido comprobar tanto en el invernadero como en el campo que cuanto más N, P y otros nutrimentos se apliquen al suelo y más intensivo el cultivo, mayores son las probabilidades de obtener respuestas al K.

De la información antes presentada, se hace obvia la razón por la cual en Centroamérica predomina la tendencia de abonar el cultivo del frijol con formulas que poseen niveles bajos o medios de N, altos de P y sin K. Esto, sin embargo, no siempre es cierto y el abonamiento que se practica suele variar entre 0 y 200 Kg/ha para N, 0 a 300 Kg/ha para  $P_{25}O_5$  y 0 a 100 Kg/ha para  $K_2O$ .

Con base a la literatura previamente citada se puede concluir que la respuesta del cultivo de frijol al N es muy variable, de nula a estadísticamente significativa dependiendo de la fertilidad del suelo, condiciones de drenaje y aeración del terreno y clima. La respuesta al P es por lo general significativa debido a la alta fijación de P y los bajos niveles de P disponible en el suelo y la respuesta al K es baja, nula o negativa dependiendo del nivel de K y otros nutrimentos. Vale aclarar que el N en los suelos es generalmente deficiente ya que en las tierras altas donde la materia orgánica es alta, ésta no se descompone con suficiente rapidez debido a las bajas temperaturas. Por otra parte en las tierras bajas donde las temperaturas son altas el contenido de materia orgánica de los suelos es generalmente tan bajo que la mineralización no rinde cantidades significativas de N. Solamente en suelos vírgenes recientemente desmontados y en áreas de clima caliente es posible encontrar altos niveles de N disponible para las plantas. En el caso del P, se observan con frecuencia altas deficiencias debido a la gran capacidad fijadora de muchos de nuestros suelos, en las formas de fosfatos de Fe, Al y Ca (14). El K suele encontrarse en cantidades adecuadas especialmente en suelos volcánicos y aluviales (27). También ocurren suelos lateríticos y de sabanas bajos en K que no responden al abonamiento con este elemento debido a deficiencias más severas de otros nutrimentos. En estos últimos años se han venido registrando en Centroamérica deficiencias de S, en suelos que han

estado bajo cultivo y abonados fuertemente con NPK. En Costa Rica, el autor ha encontrado mediante ensayos de invernadero deficiencias de Ca, Mg y algunos elementos menores particularmente en latosoles.

El nivel de fertilidad de los suelos, es muy variable dependiendo del material parental del suelo, del grado de intemperización impuesto por los factores del clima y de las modificaciones ocasionadas por los factores tiempo, vegetación, topografía y manejo del terreno. Por esta razón es imprescindible efectuar análisis químicos de los suelos con métodos debidamente calibrados a fin de lograr un abonamiento recomendable.

El concepto de fertilidad es mucho más complejo de los que comunmente se considera y por esta razón los estudios que se hacen no caracterizan debidamente el estado nutricional del suelo. El concepto de fertilidad consta de tres aspectos: nutrimentos disponibles en un momento dado, movilidad de los nutrimentos en el suelo y la capacidad del suelo para liberar nutrimentos en reserva o fijar nutrimentos abonados. Desafortunadamente, y por razones prácticas, la cantidad de nutrimentos del suelo en estado disponible para las plantas es lo único que se mide en los análisis químicos y consiste en su mayor parte de los nutrimentos en la solución del suelo y de los nutrimentos intercambiables retenidos por las cargas eléctricas negativas en las arcillas y humus y de parte de los nutrimentos en forma de abonos. Sin embargo, la fertilidad depende también de la capacidad de los nutrimentos para movilizarse de sitios retirados a los sitios adyacentes a las raíces lo cual depende de las condiciones físicas del suelo. De aquí el que sea tan importante preparar bien el suelo para un cultivo. Muy importante también es considerar el balance que existe en los suelos, entre la liberación de nutrimentos en reserva para renovar los nutrimentos extraídos por las plantas o lixiviados en el agua de percolación y la fijación de nutrimentos que han sido aplicados en forma de abonos. Por esta razón es que se recomiendan los ensayos con miras a determinar la capacidad de abastecimiento y de fijación de diversos nutrimentos.

Para una mejor caracterización es preciso también incluir que fertilidad

no solamente concierne al nivel sino también a la proporción en que se encuentran los diversos nutrimentos en el suelo.

Para mayor información sírvase buscar las referencias en la bibliografía del frijol publicada por Erikson (11).

## PLAN DE TRABAJO

Hoy día ya hemos superado la etapa en que simples experimentos aislados son suficientes para resolver nuestros problemas. El desarrollo y complejidad de las ciencias y de nuestras actividades agrícolas demandan una investigación que haga uso de programas multifacéticos capaces de estudiar no solamente el problema en cuestión sino también sus relaciones e interacciones con otros factores pertinentes. Un ensayo sencillo y bajo condiciones unilaterales solamente es capaz de producir resultados inconclusos y conflictivos. Por esta razón nos permitimos recomendar no un ensayo sino más bien una serie de ensayos como parte de un programa integral diseñado para resolver los diversos problemas asociados con el abonamiento del cultivo del frijol y que se adapten al grado de desarrollo de la investigación en cada país.

Comenzaremos por delinear los prerequisites y pasos esenciales para que un programa de investigación en el abonamiento del cultivo del frijol logre éxitos a un costo, tiempo y esfuerzo mínimo.

### I. Revisión de la literatura

La revisión de los trabajos experimentales realizados ayuda a familiarizarnos con los conceptos básicos del problema, con los materiales y métodos que se pueden utilizar más eficientemente y con los resultados que podemos esperar. Una revisión de la literatura aclara también si nuestra experimentación es original o simplemente de carácter comprobatoria en



que se repiten trabajos similares de otros colegas. Generalmente un estudio previo reduce los errores y los esfuerzos de investigación.

## II. Preparación de un plan de trabajo coordinado

La investigación al nivel nacional y más aún al nivel internacional debe ser bien coordinada a fin de que el estudio siga un mismo orden y que los resultados sean comparables.

Hay que preparar un programa de trabajo en que se defina con anticipación:

1. objetivos que se persiguen
2. materiales y métodos experimentales
  - a) Diseño estadístico
  - b) Variedad de frijol
  - c) Densidad y método de siembra
  - d) Tamaño de parcela total y efectiva
  - e) Niveles, forma y fecha de abonamiento
  - f) Niveles de otros tratamientos secundarios
  - g) Control de malezas y plagas
  - h) Forma de cosechar.
3. Interpretación y presentación de los resultados y la utilidad que éstos pueden prestar.
  - a) Es sumamente conveniente el presentar los resultados utilizando las mismas unidades de medidas a fin de poder hacer comparaciones sin necesidad de previas transformaciones.
  - b) El análisis estadístico de los datos aumenta la objetividad en la interpretación de los resultados y la validez de las conclusiones.

## III. Estudios de los suelos experimentales

Un error que se comete comunmente es el de realizar ensayos de abonamiento en suelos cuyos perfiles no han sido descritos y cuyas propiedades no han

sido determinadas en el laboratorio. Esta falta de caracterización de los suelos hace casi imposible interpretar los resultados y menos aún compararlos con estudios similares, diferentes en tiempo o espacio.

Si el ensayo se efectúa en una sola parcela experimental es preciso describir el perfil (34) y tomar muestras al mínimo del suelo y subsuelo. Si la parcela es grande y se presienten cambios en el terreno, se recomienda tomar muestras por lo menos de dos o cuatro de los extremos. Esto permitirá hacer ajustes, o correcciones necesarias y hará la interpretación de los resultados mucho más fácil y precisa. Si se planea realizar varios ensayos en una región o trabajar en el invernadero con suelos de una región frijolera, es imprescindible clasificar y mapear los suelos (34) a fin de saber de donde provino cada muestra, sus propiedades y la extensión de terreno representada.

Las propiedades que se deben determinar en el laboratorio dependerán de los objetivos que se persiguen con la investigación; sin embargo, en general se recomiendan los siguientes análisis.

Propiedades físicas: (4, 17, 23) textura, densidad aparente y de las partículas, curvas de retención de agua y velocidad de infiltración del agua. El análisis mecánico indica el contenido de arcilla que a su vez juega un papel importante en la retención y fijación de nutrientes. Esta es quizás la determinación más importante. La densidad aparente y de las partículas del suelo nos dan la porosidad. Las curvas de retención de agua nos permiten expresar la humedad del suelo como succión o tenacidad con que el suelo retiene el agua. La velocidad de infiltración puede utilizarse como un índice de la movilidad de los nutrimentos y de las pérdidas de los abonos por infiltración del agua. Además, es conveniente determinar el contenido de agua, expresado como succión, del suelo a diferentes periodos del ciclo de vida del cultivo.

Propiedades químicas: (4, 17, 23) pH, materia orgánica, capacidad de

intercambio catiónico, bases cambiables (K, Ca, Mg), N-total y P-soluble. El pH es la propiedad que por si sola nos puede decir más sobre el porcentaje de saturación de bases o estado nutricional de los suelos. La materia orgánica refleja indirectamente las propiedades físicas del suelo, la actividad microbiológica y las reservas de N orgánico. La capacidad de intercambio indica la clase de arcilla y la capacidad del suelo para retener nutrimentos.

#### IV. Ensayos de invernadero

Una de las primeras preguntas que debemos contestar en un programa de abonamiento es: ¿a que nutrimentos responde la planta de frijol con mayor frecuencia y en mayor grado? o en otras palabras cual es el estado nutricional en los suelos de áreas frijoleras de una región o país.

La forma más rápida, controlada y económica de encontrar la respuesta es mediante la investigación en el invernadero utilizando el mayor número de suelos de áreas en donde se produce frijol.

A continuación nos permitimos recomendar un ensayo que el autor ha venido utilizando con mucho éxito en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba (28).

#### Materiales y métodos

Macetas: - se utilizan para macetas, latas vacías de 1/4 de aciete de automóvil que resultan muy económicas y que se consiguen fácilmente en las estaciones de gasolina. A éstas se les quita la tapa ya perforada, se limpian con aserrín o un trapo mojado en gasolina, se les abren cinco huecos pequeños en el fondo y se pintan con pintura negra asfáltica inerte por dentro y con cualquier otra pintura por fuera para mejorarle su presentación y duración. Estas latas tienen capacidad para más o menos un kilogramo de suelo.

Colóquese una capa delgada (2cm. de espesor) de grava bien lavada con piedras de un diámetro promedio de 1 cm a fin de mejorar el desagüe interno. Agregue el suelo hasta dejar arriba un espacio vacío de un espesor de 2 cm. y ponga las macetas sobre un plato hondo de plástico o cualquier otro material. Prepare las soluciones nutritivas y aplique los mililitros necesarios sobre el suelo humedecido de cada maceta.

Humedezca bien el suelo (capacidad de campo) y siembre unas cuatro semillas en huecos individuales. Cuando las plantas tienen dos pares de hojas, reduzca el número de plantas a dos por maceta. Agregue agua, mitad sobre el suelo y mitad al plato hondo, diariamente o cuando se considere necesario.

Para soporte de las plantas se puede clavar a cada maceta una varilla de bambú rajado u otro material similar.

Tratamientos: El ensayo consiste de 9 tratamientos a 4 replicaciones distribuidas en bloques randomizados al azar. En el Cuadro 1 se presentan los niveles, fuente de nutrimentos y otros cálculos pertinentes. El Cuadro 2 muestra los diferentes tratamientos. Este tipo de experimento corresponde a lo que podríamos llamar "el método del elemento o elementos faltantes" el cual resulta muy útil cuando se trabaja con suelos pobres o de fertilidad desbalanceada ya que evita que la deficiencia de un nutrimento obstaculice la respuesta del nutrimento en cuestión.

Hay que preparar una solución para cada macronutrimento y una sola solución de micronutrimentos. El citrato de hierro debe ser primeramente diluído en agua caliente y luego se agrega a la solución de micronutrimentos.

Otras fuentes que se pueden utilizar son: nitrato de amonio en lugar de Urea y algún quelato de hierro en lugar del citrato. En el caso del P no se deben utilizar compuestos con Ca ya que supliría mucho de este elemento al tratamiento sin Ca. Se recomienda no usar los cloruros de Ca y

CUADRO 1. Niveles, fuentes de nutrimentos y otros cálculos para el ensayo de invernadero

Nutrimento	Nutrimento				Compuesto			
	Nivel (Kg/ha)	Por maceta (g)	Por suelo	En el	Por suelo (36 macetas) (g)	Diluido en (ml)	ml maceta (ml)	
			(36 macetas) (g)	compuesto (%)				
N	200	0.10	3.60	46	7.83	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> , (Urea)	360	10
P	500	0.25	9.00	22	40.90	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	"	"
K	200	0.10	3.60	52	6.92	KCl	"	"
Ca	500	0.25	9.00	40	22.50	CaCO <sub>3</sub>	"	"
Mg	300	0.15	5.40	29	18.62	MgCO <sub>3</sub>	"	"
S	100	0.05	1.80	23	7.83	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	"	"
Cu	10	0.005	0.18	36	0.50	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	"	"
Zn	20	0.01	0.36	48	0.75	ZnCl <sub>2</sub>	"	"
Mn	40	0.02	0.72	28	2.57	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	"	"
Fe	50	0.025	0.90	19	4.74	FeC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ·3H <sub>2</sub> O	"	"
Mo	10	0.005	0.18	40	0.45	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	"	"
B	10	0.005	0.18	12	1.50	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	"	"

Ejemplo: cálculos para el nitrógeno.

200 Kg(N)/ha = 200000 g (N)/2,000,000 Kg suelo = 0.1g (N)/Kg suelo o maceta (1 maceta contiene 1 Kg de suelo)

Para 36 macetas = 0.1 g(N)/maceta x 36 macetas = 3.6 g (N)

Del compuesto = 3.6 g x 100/46 = 7.83 g Urea.

CUADRO 2. Tratamientos para el ensayo de invernadero

<u>Tratamiento</u>	<u>Explicación</u>
T	= testigo, Maceta sin abonar
-N	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Nitrógeno
-P	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Fósforo
-K	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Potasio
-Ca	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Calcio
-Mg	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Magnesio
-S	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos el Azufre
-E.M.	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos menos los elementos menores (Cu, Zn, Mn, Fe, Mo y B)
completo	= se aplicaron todos los 12 nutrimentos, es decir 6 macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y S) y 6 micronutrimentos (Cu, Zn, Mn, Fe, Mo y B).

---

Mg porque puede resultar en niveles tóxicos de cloro. Para los microelementos no se deben utilizar los sulfatos porque daría mucho S al tratamiento sin este elemento.

Resultados: una de las ventajas de este diseño es que se determinan las respuestas a cada uno de los elementos mayores y al grupo de los elementos menores, manteniéndose un nivel más o menos óptimo de fertilidad en el suelo de tal forma que se reducen las posibilidades de que la carencia de un elemento no permita obtener respuesta al nutrimento en cuestión.

Mediante estos ensayos se logra en un tiempo relativamente corto caracterizar el estado nutricional de los principales suelos de áreas productoras de frijol. En cada ensayo se pueden estudiar varios suelos, dependiendo del tamaño de invernadero. Se recomienda estudiar simultáneamente los suelos y subsuelos correspondientes, a fin de adquirir una información

más completa. Este método experimental es en efecto una forma más directa de analizar el suelo ya que se utiliza la planta del frijol en lugar de una solución para extraer los nutrimentos del suelo. De estos estudios se derivará la información básica necesaria para realizar una investigación de campo mucho más eficiente y económica.

Los resultados deben expresarse para cada tratamiento con base a los cuatro componentes siguientes:

- a) número de vainas por planta
- b) número de granos por vaina
- c) peso por grano
- d) rendimiento de frijol por planta.

Los resultados pueden ser analizados no solamente con base a los tratamientos de abonamiento sino también en función de las propiedades de los suelos, previamente estudiadas.

Si se desea, también se pueden realizar otros ensayos de invernadero para determinar las fórmulas y niveles de abonamiento más adecuados.

#### V. Ensayos de campo

Aún cuando la investigación en el campo es más costosa, demorada y difícil en lo que concierne el control de las condiciones experimentales, ésta es la que nos provee con la clase de información que más se acerca a la realidad y que se puede divulgar al agricultor.

Los ensayos de campo se pueden llevar a cabo en estaciones experimentales y en fincas de agricultores. La investigación en estaciones experimentales tiene la ventaja de que puede controlarse con mayor rigor y repetirse en el mismo sitio por varios años a fin de observar el efecto residual de los abonos y del cultivo mismo sobre el terreno. Sin embargo, tiene la desventaja de ser representativa únicamente de los suelos de la estación ex-

perimental que generalmente son terrenos aluviales que no se identifican con los suelos de la región. Los ensayos en fincas de agricultores tienen la desventaja de no poderse controlar bien y con frecuencia se pierden los resultados por negligencia del agricultor cooperador. Sin embargo, la ventaja está en que los resultados son más representativos del área y se pueden recomendar al agricultor con mucho más confianza.

A continuación nos permitiremos recomendar una serie de ensayos de campo con miras a resolver problemas tales como

- 1- Clase de nutrimento que se debe aplicar
- 2- Efecto residual de los diferentes nutrimentos
- 3- Fórmula y nivel de abonamiento más recomendable.
- 4- Fuentes de nutrimentos y el método y fecha de abonamiento.
- 5- Relaciones entre el abonamiento y otros aspectos de la producción.
  - a) Relación abonamiento-variedad
  - b) Relación abonamiento-densidad de siembra
  - c) Relación abonamiento-control de maleza y pestes
  - d) Relación abonamiento-calidad de la producción.

#### 1. Clase de nutrimento que se debe abonar

De los ensayos de invernadero podemos obtener la información básica necesaria para iniciar los trabajos de campo. Los resultados del invernadero deben ser comprobados bajo las condiciones de campo. El ensayo más complejo que se puede realizar para determinar el orden de importancia del NPK es un factorial que posee ocho tratamientos: testigo, N, P, K, NP, NK, PK Y NPK. De aquí se logra saber como responde la planta del frijol al N por si solo y en combinación con P, K y PK; al P por si solo y en combinación con N, K, NK y al K por si solo y en combinación con N, P y NP.

En vista de que la gran mayoría de ensayos de abonamiento demuestran que en Centroamérica rara vez se obtienen respuestas a K por si solo, entonces



los tratamientos se pueden reducir a siete; a saber: testigo, N, P, NP, NK, PK y NPK. Si nuestra fé en el K es aún menor y en efecto se sabe que los suelos son muy altos en K, entonces el ensayo se puede reducir a cinco tratamientos: testigo, N, P, NP y NPK. Aún aquí se evalúa el efecto del K al comparar los dos últimos tratamientos.

Si aceptamos que el nitrógeno no juega un papel muy significativo en el abonamiento del frijol como leguminosa, entonces el ensayo puede reducirse a un mínimo de cuatro tratamientos que son: testigo, P, NP y NPK; en donde se evalúa el efecto del P solo, del N en presencia del P y del K en presencia del NP. Esto último no es muy recomendable ya que el abonamiento con N sí es generalmente beneficioso al iniciarse el cultivo. El autor también ha experimentado que durante la floración, el frijol puede responder muy bien al N debido a poca fijación de este elemento en los nódulos causado quizás por una esterilización con los fungicidas y herbicidas aplicados.

El ensayo que debe utilizarse estará a juicio del investigador y dependerá del grado de desarrollo de los conocimientos de los suelos y del abonamiento del cultivo de frijol en su región o país.

Para estudiar el efecto del Ca, Mg, S y los elementos menores (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo y B) se puede utilizar el diseño de parcelas subdivididas en donde cada parcela, por ejemplo aquella con NPK, se divide en dos mitades, una sin y otra con cal, o en tres partes: una con NPK, otra con NPK más cal y otra con NPK más cal más elementos menores.

## 2. Efecto residual de los diferentes nutrimentos

Uno de los aspectos de la investigación en abonamiento que mas se ha descuidado es el efecto residual que tienen los diferentes nutrimentos sobre las cosechas, sobre las propiedades del suelo y sobre las mismas prácticas y recomendaciones futuras de abonamiento. También se ha estudiado

poco el efecto del cultivo continuo sobre las propiedades del suelo.

Para ilustrar este punto podemos citar algunos posibles ejemplos:

- a) Efecto residual del abonamiento sobre las futuras recomendaciones de abonos.

Si en un suelo deficiente en N se abona sucesivamente, únicamente con este elemento, es lógico pensar que otros nutrimentos llegarán a tornarse deficientes y habrá que cambiar la práctica de abonar con N por un abonamiento con NP o NPK.

Si el suelo es deficiente en NP y se aplican únicamente estos dos nutrimentos, el autor ha experimentado en el invernadero que dentro de un tiempo crítico, es preciso iniciar el abonamiento con NPK debido a la presencia de síntomas de deficiencias de K.

Es muy bien conocido que los nutrimentos, unos más que otros, se acumulan en el suelo y surten un efecto residual. Entre éstos, el P es uno de los nutrimentos con más efecto residual, de allí que si aplicamos 200 Kg/ha de P todos los años, al cabo de 10 años es posible que sea necesario reducir la dosis a 100 Kg/ha o menos.

- b) Efecto residual del abonamiento sobre algunas propiedades del suelo.

Es de conocimiento común que el cultivo y abonamiento continuo puede alterar propiedades del suelo, tales como: pH, capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica, N total, P soluble y otras formas de P, diversas formas de K y otras sales solubles. A fin de lograr un entendimiento correcto del efecto del abonamiento es preciso conocer los cambios que ocurren en el suelo para poder distinguir entre los efectos directos y los efectos indirectos. Por ejemplo, cuando se prueban diferentes abonos nitrogenados las diferencias en los

resultados se deben en gran parte no a la forma en que está el N sino más bien al efecto que tienen los diferentes abonos nitrogenados sobre el pH del suelo y a la presencia de otros nutrimentos.

Para el estudio del efecto residual del abonamiento se recomienda escoger uno de los cuatro ensayos presentados anteriormente en la Sección 1. Para este fin se deberá buscar un buen sitio y establecer parcelas permanentes con zanjas divisorias que eviten posibles contaminaciones. Se sembrará el cultivo una o dos veces al año y se aplicará cada vez el mismo abono en la parcela correspondiente. Los abonos deben aplicarse, preferiblemente, al voleo para hacer el muestreo del suelo más homogéneo. Si hay problemas con enfermedades, entonces habrá que practicar alguna rotación de cultivos.

Es preciso tomar muestras de cada parcela al iniciarse el estudio, antes de abonar, para realizar un análisis lo más completo posible del suelo y subsuelo. De allí en adelante se deberán tomar muestras del suelo y subsuelo, periódicamente, para hacer un análisis parcial y ver como evolucionan las propiedades más supuestas a cambiar como pH y contenido de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , P soluble y K cambiante. Al final del año o de varios años se deberán tomar muestras de cada parcela del suelo y subsuelo para realizar nuevamente un análisis completo que deberá compararse con el estudio de las primeras muestras, tomadas al iniciarse la investigación.

### 3. Fórmula y nivel de abonamiento más recomendable.

Sabiéndose ya a que **nutrimentos** responde más la planta en los suelos correspondientes, es preciso determinar la proporción en que éstos deben aplicarse. Generalmente este problema se resuelve utilizando diseños factoriales con N-P-K de  $3 \times 3 \times 3$ , ó  $3 \times 3 \times 2$ , ó  $3 \times 3 \times 1$  por ser el potasio de menor importancia.

La determinación del nivel de abonamiento se efectúa mediante ensayos en que se estudia el efecto de un solo nutrimento usando de 4 a 6 niveles del mismo y manteniendo uno o máximo dos niveles adecuados, para cada uno de los otros nutrimentos. Digamos que se desea estudiar el efecto del P. Entonces se podrían aplicar 5 niveles de  $P_2O_5$  (0, 100, 200, 300 y 400 Kg/ha) con 100-200 Kg/ha de N y 50-100 Kg/ha de  $K_2O$ . Estos niveles permiten un análisis estadístico más completo.

Los ensayos para estudiar niveles de abonamiento se prestan muy bien para el calibrado de los métodos de análisis químicos utilizados en el laboratorio.

En estos trabajos es imperativo el usar niveles que difieran significativamente y que alcancen cantidades lo suficientemente altas para poder determinar cual es el nivel económico y el nivel a que corresponde la máxima producción.

#### 4. Fuentes de nutrimentos y el método y fecha de abonamiento.

La literatura nos indica claramente que la fuente del nutrimento y el método y fecha de abonamiento tienen un efecto significativo sobre los resultados posibles.

El comportamiento de estas tres variables puede ser caracterizado con un ensayo factorial sencillo en que se evalúan simultáneamente varias fuentes de un nutrimento (un solo nivel) y varias formas y fechas de abonamiento. Por ejemplo, en el caso de nitrógeno se pueden estudiar 3 fuentes (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio), 3 formas de abonamiento (al voleo, en banda enterrada y una aplicación superficial por planta) y 2 fechas de abonamiento, es decir, antes y después de la siembra.

Otra posibilidad es la de usar un factorial de 2 componentes en donde se estudian únicamente dos de estas tres variables a la vez.

Es importante al estudiar diferentes fuentes de un nutrimento el aplicar un solo nivel de dicho nutrimento, lo cual requiere generalmente diferentes pesos de cada fuente o abono debido a las diferencias en concentraciones. Ejemplos: Urea = 45% N,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  = 33% N,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  = 21% N.

5. Relaciones entre el abonamiento y otros aspectos de la producción.

a) Relación abonamiento-variedad

En vista de que las diversas variedades responden diferentemente al abonamiento, es también recomendable estudiar el grado y naturaleza de esta variación a fin de poder establecer límites más exactos y definidos.

El trabajo consistirá aquí en probar los conocimientos que se han adquirido en abonamiento con las variedades más prometedoras.

b) Relación abonamiento-densidad de siembra.

Para alcanzar la mayor y mejor producción es imprescindible combinar en forma óptima el abonamiento y la densidad de siembra. Esto puede efectuarse también mediante un ensayo factorial 3 x 3 o algo similar.

c) Relación abonamiento-control de maleza y pestes

Debido a que el abonamiento además de impulsar el cultivo, también estimula una mayor infestación de maleza, es preciso determinar si el abonamiento dificulta o facilita el control de la maleza y cuales son las consecuencias económicas.

El autor ha notado también que los materiales químicos utilizados en el control de enfermedades e insectos y quizás malezas tiene un efecto desinfectante o esterilizador del suelo que puede alterar la fijación

del N por las leguminosas y otros aspectos de la nutrición y fertilidad del suelo. De allí que se ha podido notar que una aplicación tardía (a la floración) de N cuando el frijol sufre de un fuerte amarillamiento, (deficiencia de N) resulta en un incremento altamente significativo de la producción.

Para este fin se recomienda un ensayo factorial 2 x 2 o algo similar en donde los tratamientos serían básicamente: sin abono sin material químico, sin abono con material químico, con abono sin material químico y con abono con material químico (especialmente fungicidas o herbicidas).

d) Relación abonamiento-calidad de la producción

El abonamiento, además de afectar el nivel de producción, también determina la calidad del producto en lo que concierne a la germinación del grano y sus cualidades de cocimiento, nutrición y almacenamiento.

Con un poco más de esfuerzo es posible dentro de algunos de los ensayos antes mencionados incorporar el estudio de este aspecto tan importante y que se ha venido descuidando en la investigación de los últimos años.

Otras recomendaciones generales que aseguran una investigación de campo más efectiva:

Para que la investigación de campo tome lugar con un mínimo de contratiempos y produzca resultados que se puedan analizar y comparar es preciso uniformar y coordinar nuestra metodología experimental. Con miras a alcanzar este objetivo tan fundamental nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones:

1- La parcela experimental debe estar, preferiblemente, en un lugar plano.

# 1044  
635.6  
M386g

Sin embargo, si ésta se encuentra en un sitio algo inclinado, los tratamientos deben alinearse al contorno y las replicaciones ocuparan las diferentes elevaciones; así se evitarán posible contaminaciones entre tratamientos de una misma replicación.

- 2- La parcela experimental debe localizarse en un terreno no abonado o en donde el abonamiento no es reciente.
- 3- Una cosa que ayuda mucho en el análisis e interpretación de los resultados es el conocer el uso y tratamiento que ha recibido en los últimos años el suelo donde está la parcela experimental.
- 4- El abono no debe aplicarse muy lejos de la planta. Para uniformar se recomienda situar el abono en el fondo del surco, cubrirlo con unos 2 cm. de tierra y luego sembrar. Por supuesto que esto varía si lo que se estudia es la forma de abonar. Para el N se recomienda dividir la dosis en dos aplicaciones: una al sembrar y otra después.
- 5- Los niveles de abonamiento deben ser significativamente diferentes y altos a fin de obtener respuestas de algún valor. En ciertos países gran parte de los ensayos han sido negativos porque los niveles aplicados eran muy bajos y poco diferenciados.

En este respecto hay un extremo ideal pero que resulta en muchos tratamientos si es que deseamos alcanzar niveles lo suficientemente altos. Ejemplo: 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 Kg/ha. También hay el otro extremo que resulta en niveles muy altos y pocos tratamientos. Ejemplo: 0, 400, 800 Kg/ha. Lo mejor es usar un diseño intermedio como por ejemplo: 0, 100, 200, 300, 400 Kg/ha ó 0, 50, 100, 150, 200 Kg/ha.

Cuando se necesita un solo nivel se recomienda de 100 a 200 Kg/ha para N, 100-400 Kg/ha para  $P_2O_5$  y de 100 a 200 Kg/ha para  $K_2O$ .

- 6- La fecha de siembra debe ajustarse a la más recomendable desde el punto de vista agrometeorológico y no al momento en que hay tiempo para hacer dicha labor.
- 7- La distancia o densidad de siembra, siendo una práctica tan determinante, es preciso uniformarla. Podría sembrarse de 100 a 150 lbs/ha de semilla, es decir a 50-60 cm. entre surcos y 10 cm. entre plantas.

Se debe usar semilla con buena germinación y preferiblemente tratada con una mezcla de fungicida-insecticida tal como "Arasan".

- 8- Se recomienda que la parcela experimental por tratamiento consista de 6 surcos de 8 metros de largo para cosechar los 4 del centro.
- 9- Se recomiendan al mínimo 3 replicaciones y mejor 4 ó 5 con tratamientos distribuidos al azar.
- 10- El frijol experimental debe estar libre de maleza y plagas, lo cual requiere atención continua.
- 11- La parcela experimental debe estar bien drenada ya que el frijol es muy susceptible al agua emposada o mal desagüe.
- 12- El grano que se pesa al cosechar debe contener el grado establecido de humedad si es que deseamos comparar resultados entre tratamientos, replicaciones y lugares.
- 13- A fin de tener a mano la información necesaria se recomienda llenar un formulario para cada ensayo, caracterizando así las condiciones experimentales en lo que respecta a :
  - a) Descripción del sitio-
    - 1) Localización y elevación
    - 2) Condiciones del clima (temperatura y precipitación pluvial)



- 3) Vegetación nativa.
- b) Descripción del suelo-
  - 1) Clase de suelo. Descripción del perfil y su clasificación (grande grupo de suelo a que pertenece).
  - 2) Uso y manejo del suelo. Cultivos y abonamiento practicado en los últimos años.
  - 3) Declive y erosión estimada
  - 4) Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo.
- c) Descripción del experimento:
  - 1) Clase de preparación del terreno
  - 2) Fecha y densidad de siembra
  - 3) Variedad usada y sus propiedades
  - 4) Abonamiento: fecha, niveles, método de aplicación y fuente de los nutrimentos.
  - 5) Tamaño de la parcela experimental. Número de surcos totales y efectivos.
  - 6) Diseño experimental. Número de replicaciones, etc.
  - 7) Productos químicos usados en el control de malezas y plagas. Indique la frecuencia de aplicación y dosis.
  - 8) Humedad del grano al cosechar
  - 9) Datos tomados para evaluar el efecto del abono. Ejemplo: Estado del cultivo, síntomas visuales de deficiencias, altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso por grano y rendimiento total de granos al 12% de humedad.
  - 10) Grado de infestación de malezas, insectos e incidencia de enfermedades.

## VI. Calibrado de los métodos de análisis químico de los suelos

Tanto los resultados de ensayos de invernadero como de campo pueden ser utilizados en el calibrado de los métodos de análisis químico. En este caso lo que se acostumbra es preparar gráficos y las correlaciones esta-

dísticas que resultan al comparar la cantidad de un elemento en los suelos, extraído con una solución extractora, con la producción de grano y peso seco de la planta o con el contenido en la planta de dicho nutrimento. La cantidad de granos, peso seco de la planta o contenido en la planta del nutrimento se puede expresar, para ser comparado con la fertilidad del suelo, como: cantidad en el tratamiento testigo; cosecha relativa usando la fórmula:

$$\frac{\text{Producción del tratamiento sin el nutrimento}}{\text{Producción del tratamiento con el nutrimento}} \times 100$$

ó el incremento (positivo o negativo) sobre el testigo usando la fórmula:

$$\frac{\text{Prod. del trat. con el nutrimento} - \text{Prod. del trat. sin el nutrimento}}{\text{Prod. del trat. sin el nutrimento}} \times 100$$

Esto se debe repetir con varias soluciones extractoras hasta encontrar una que de altas correlaciones estadísticas.

Todo programa de abonamiento requiere de un laboratorio de análisis de suelos con métodos bien calibrados a fin de poder predecir y recomendar al agricultor el abono que debe aplicar a su terreno para obtener las mejores y económicas cosechas.

## VII. Campaña extensionista

A fin de dar una comprobación final a los resultados experimentales y de obtener los mayores beneficios de la investigación, es preciso hacer llegar al agente agrícola y al mismo agricultor esta información mediante una campaña de divulgación a través del servicio de extensión agrícola.

Esperamos que esta información sea de utilidad al investigador en el abonamiento del frijol ó cualquier otro cultivo anual.

BIBLIOGRAFIA

1. ABELLA M., A. El Cultivo del Frijol en Nicaragua. 1a Reunión del PCCMF, San José, C.R., 1962. pp. 24-27
2. AGUIRRE, J.A. y SALAS, J.A. Informe de estudios agronómicos preliminares de frijol en Centroamérica y Panamá. 11a Reunión del PCCMCA, Panamá, Panamá, 1965. pp.73-76
3. ANDRADE, M.E. y COIMBRA, R.O. Experimento de adubação de feijao NPK. X Reunión dos técnicos em Experimentacao, Bello Horizonte, Brasil, 1953. No. 6:11
4. BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis (Part 1-2) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1965.
5. BRESSANI, R. Maíz, arroz y frijol; su valor nutritivo y formas de mejorarlo. 11a Reunión del PCCMCA, Panamá, Panamá, 1965 pp. 1-9
6. \_\_\_\_\_. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. XIIIa Reunión del PCCMCA, San José Costa Rica, 1967 pp. 42-44
7. CHACON, M.E. Ensayo sobre fertilización nitrogenada e inoculación de frijoles. Tesis de grado (Ing. Agr.) Universidad de Costa Rica, San José, 1961. 72 p.
8. CRISPIN M., A. Aspectos generales relacionados con un programa de mejoramiento del frijol. 1a Reunión del PCCMF, San José, Costa Rica, 1962. pp. 14-21
9. DENYS, G. El problema del frijol y la labor realizada en El Salvador. 1a Reunión del PCCMF, 1962, San José, C.R. pp. 22-23

10. DIMAS M., M. Informe del Proyecto Cooperativo de Frijol, 1964.  
11a Reunión del PCCMCA, Panamá, Panamá, 1965. pp. 79-83
11. ERIKSON, A.M. de. Frijol, Bibliografía de las publicaciones que se encontraron en la Biblioteca Conmemorativa Orton, IICA, 1965  
347 p.
12. ESPINOZA S., E. Información sobre el cultivo del frijol en Panamá.  
1a Reunión del PCCMF, San José, C.R., 1962 pp. 41-42
13. \_\_\_\_\_ y SCHROEDER, C. Agricultura en Chiriquí, SICAP,  
Ministerio de Agricultura, Panamá, 1956 12p.
14. FASSBENDER, H.W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona  
oriental de la Meseta Central y de las llanuras Atlánticas de  
Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana 3 (1-2):187-216, 1966
15. \_\_\_\_\_. La Fertilización del Frijol (Phaseolus sp.)  
Turrialba 17(1):46-52 1967
16. GOUVEA, F.C., ANDRADE, M.E. y COIMBRA, R.O. Feijao; adubacao NPK.  
Boletín de Agricultura, Minas Gerais, Brasil 3(11-12):67-68  
1954.
17. GREWELING, T. y PEECH, M. Chemical Soil Tests, Cornell University  
Experiment Station, Ithaca, New York, 1965 58p.
18. GUTIERREZ G., M. Coordinación de la Investigación agropecuaria en el  
Istmo Centroamericano. 11a Reunión del PCCMCA, Panamá, Panamá  
1965 pp. 9-14
19. HARDY, F. The soils of the IAIAS area, Turrialba, Costa Rica,  
IICA, 1961 76 p. (Mimeografiado)

20. HESTER, J.B. y SHELTON, F.A. Know your plant and soil requirements. Department of Agricultural Research Campbell Soup Co. Research Monograph 3, 1949 99p.
21. IGLESIAS, G.E. Estudio sobre la respuesta del frijol (Phaseolus vulgaris) a los fertilizantes. 1a Reunión del PCCMF, San José, Costa Rica, 1962 pp. 31-40
22. \_\_\_\_\_ . Informe regional de los ensayos del programa cooperativo Centroamericano para el mejoramiento del frijol en 1962. 2a Reunión del PCCMF, 1963, San Salvador, El Salvador pp.55-62
23. JACKSON, M.L. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.Y. 1958 498 p.
24. JACOB, A. y VEXKULL, H. von. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Amsterdam. Internationale Handelmaatschoppig voor meststoffen, 1961 626 p.
25. LIZARRAGA, H. Rendimientos de frijol en pruebas de fertilizantes en cuatro países de Centroamérica, 1962-1963. XIIa Reunión del PCCMCA, 1966, Managua, Nicaragua pp. 51-54
26. MARTINI, J.A. Demostraciones de abonamiento en cultivos de subsistencia. Reporte anual. SICAP. Ministerio de Agricultura, Panamá 1959 20 p.
27. \_\_\_\_\_ . Caracterización del estado de potasio en seis suelos de Panamá. Fitotecnia Latinoamericana 3(1-2):163-186, 1966.
28. \_\_\_\_\_ y PINCHINAT, A.M. Ensayos de abonamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el invernadero con tres suelos de áreas frijoleras en Costa Rica, Turrialba 17(4):411-418 1967

29. MENENDEZ, M.G. Disponibilidad del fósforo en dos tipos de suelos de El Salvador, Tesis de grado (Ing. Agr.) Universidad de El Salvador, San Salvador, 1966 47 p.
30. NARVAEZ C., J.M. Ensayos de fertilizantes en frijol, llevado a efecto en La Calera, Depto de Managua, República de Nicaragua. 3a Reunión del PCCMCA, Antigua, Guatemala, 1964 pp. 67-68
31. PINCHINAT, A. Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centroamérica. 11a Reunión del PCCMCA, 1965, Panamá, Panamá pp. 69-73
32. RODRIGUEZ M., M. y RODRIGUEZ M., L. Ensayos de fertilizantes en frijol en la Zona Norte de Nicaragua, 1966. XIIIa Reunión del PCCMCA, San José, Costa Rica, 1967 pp. 47-48
33. TAPIA B., H. Ensayos de fertilizantes en frijol en Nicaragua. 11a Reunión del PCCMCA, Panamá, Panamá, 1965 pp. 91-94
34. U.S.D.A. (Traducción del inglés por Juan B. Castillo). Manual de Levantamiento de Suelos. Ministerio de Agricultura, Caracas, Venezuela 1965
35. VIEIRA, C. y GOMEZ, F.R. A cultura de feijao (Phaseolus vulgaris L.) Boletim de Agricultura, Minas Gerais, Brasil 11(1-6):19-45, 1962