

Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción y calidad de suelos sembrados con frijol en Olancho, Honduras

Juan Pablo Flores Godoy

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Agosto, 2001

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en el camino del bien e iluminarme en los momentos difíciles.

A mis abuelitas Rosa María (†) y Clemencia que son la fuente de mi vida.

A mis padres Juan y Elsy con mucho amor.

A mi hermana Jenny.

A los agricultores de Olancho.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Juan y Elsy por el cariño, paciencia y apoyo incondicional por ver a su hijo formado como persona y profesional.

A mi hermana Jenny por compartir las penas y alegrías de su juventud en Zamorano.

A toda mi familia por brindarme la confianza para seguir siempre adelante.

A las familias Robby y Villarreal por su amistad y darme ánimos para tomar los mejores caminos en mi vida.

A María Isabel por su cariño, confianza y comprensión.

A la familia Revilla por dejarme ser uno miembro de su núcleo, muchas gracias.

A John Reilly por brindarme su amistad y enseñarme lo más valioso que tenemos en agricultura, el suelo.

Al Dr. Raúl Espinal al prepararme y desarrollarme como un excelente profesional.

Al Dr. Pablo Paz por sus consejos oportunos y ser un buen ejemplo de trabajo.

A la Dra. Margoth Andrews por su confianza y gran aprecio.

A Reynerio Barahona por su amistad y ayudarme en las prácticas de suelo.

A Hilda, Martha y Jaqui, por colaborar en los análisis del laboratorio, su aprecio, cariño y preocupación.

A mis compañeros Omar, Miguel y Josué, por el apoyo logístico y trabajo de campo para la realización de esta investigación.

Al componente frijol: Wolfgang, Héctor, Gabriela D., Cristina, Wilma, Rina, Oscar, Delfina, Gabriela M., Daniel, Juan por sus comentarios para esta investigación.

A mis amigos Vinicio L., Alberto R., Héctor R., José G., Mario M., Felipe C., Carlos P., Carlos C., Julio R., Hernán B., Javier M., Francisco E., Jaime S., Anita D., Gloria M., Yuri A., Alejandra B., Jackelin M., Sonia S., Bolívar G., Wladimir I., Darwin M., Santiago R., Angel B., Ignacio G., Federico V., Nelson M., Luis M., Erick M., Dumas R., Víctor H., Byron R., David A., Edwin E., José Luis G., Lenin M., Roberto Z., Eduardo P., Jennyfer B., Mariela M., Elizabeth L., gracias por compartir su amistad.

A los agricultores de Olancho por su colaboración en esta investigación.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco al Fondo Dotal de Zamorano por el financiamiento recibido para realizar mis estudios en el Programa Agrónomo.

Agradezco la oportunidad que se me dio para trabajar en el Proyecto USAID Zamorano, lo cual me permitió continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a mis padres por el sacrificio realizado en estos cuatro años de estudios.

RESUMEN

Flores G., Juan Pablo. 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción y calidad de suelos sembrados con frijol en Olancho, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras.

Los suelos agrícolas de Centro América han sido degradados aproximadamente en un 75% debido en gran parte a las prácticas agrícolas inapropiadas en la producción de granos básicos. Actualmente existen indicadores de calidad de suelos que sirven para dar un manejo sostenible de la producción. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la fertilización química, orgánica y su combinación sobre la calidad de los suelos sembrados con frijol. El ensayo se realizó en cuatro aldeas en la zona norte de Olancho. Se analizaron los suelos antes de la siembra y después de la cosecha, y se determinó el rendimiento y sus componentes. Se utilizaron las variedades de frijol Chimino y Tío Canela-75, con cinco fertilizaciones: Tradicional, Recomendada, Bokashi, Recomendada combinada con Bokashi y Fertilidad natural. El diseño experimental utilizado fue BCA con cuatro repeticiones. El efecto de los tratamientos no fue significativo para carbón activo, nitratos, pH, P, Ca ni Mg. El Bokashi aumentó la materia orgánica y disminuyó la conductividad eléctrica. La fertilización Recomendada combinada con Bokashi aumentó la estabilidad de agregados y el contenido de N total, posiblemente por la descomposición de rastrojos y materia orgánica que realizan los microorganismos. Los tratamientos no tuvieron diferencia significativa en la cantidad de granos por vaina ni peso del grano. El Tío Canela-75 con Fertilidad natural tuvo menos vainas por planta. Se observó mayor rendimiento de la variedad Tío Canela-75 con la fertilización Recomendada y fue significativamente diferente de la variedad Chimino con Fertilidad natural. La variedad Chimino con fertilización Tradicional es la más rentable, pero el análisis de suelos indica que la combinación de fertilización Recomendada con Bokashi mejora la calidad de suelo y tiene rendimiento similar a Tío Canela-75 con fertilización Recomendada. Se recomienda aplicar combinaciones de fertilizantes químicos y orgánicos.

Palabras claves: Bokashi, carbón activo, estabilidad de agregados, indicadores de calidad.

Nota de prensa

PEQUEÑOS AGRICULTORES TRABAJAN EN MEJORAMIENTO DE SUELO.

Los agricultores de pequeña escala dedicados a la producción de granos básicos han degradado los suelos agrícolas por la expansión de la frontera agrícola y las prácticas inapropiadas en el manejo del suelo. Por lo que existen ahora técnicas para determinar la calidad de los suelos y así tomar decisiones de sostenibilidad y manejo.

Para la producción de alimentos varios agricultores han extraído del suelo muchos nutrientes, otros reponen nutrientes con aplicación de fertilizantes químicos y una mínima parte utiliza fertilizantes orgánicos debido a las grandes cantidades que se requieren para suplir nutrientes.

Con el fin de determinar el efecto de estos fertilizante sobre el rendimiento de frijol y calidad de suelo, se realizó ensayos en la zona Norte de Olancho. Estos ensayos se realizaron con pequeños agricultores utilizando fertilizantes químicos (18-46-0 y urea) y orgánicos (bokashi). Se determinó que la combinación del fertilizante químico con bokashi, mejoran el rendimiento de frijol y la calidad de suelo en sus propiedades físicas y químicas.

Utilizando fertilizante químicos aumentan solo el ciclo de nutrientes pero afectan las propiedades físicas, mientras que la utilización de bokashi mejora la calidad del suelo pero los rendimientos son bajos.

Económicamente a corto plazo la fertilización química es la más rentable, pero a largo plazo se debe utilizar combinaciones de fertilizantes químicos y orgánicos para mantener la producción y mejorar la calidad del suelo.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i	
	Autoría.....	ii	
	Página de Firmas.....	iii	
	Dedicatoria.....	iv	
	Agradecimientos.....	v	
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi	
	Resumen.....	vii	
	Nota de prensa.....	viii	
	Contenido.....		ix
	Indice de Cuadros.....	xii	
	Indice de Figuras.....	xiii	
	Indice de Anexos.....	xiv	
1.	INTRODUCCION.....	1	
1.1	Hipótesis.....	2	
1.2.	OBJETIVOS.....	2	
1.2.1	Objetivo general.....	2	
1.2.2	Objetivos específicos.....	2	
1.3	Justificación del estudio.....	2	
1.4	Limitantes del estudio.....	3	
2.	REVISION DE LITERATURA.....	4	
2.1	CALIDAD DE SUELOS.....	4	
2.2.	INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS.....	5	
2.2.1	Indicadores físicos.....	5	
2.2.1.1	Textura.....	5	
2.2.1.2	Estructura.....	5	
2.2.1.3	Estabilidad de agregados.....	6	
2.2.1.4	Densidad aparente.....	6	
2.2.1.5	Descripción de perfil del suelo.....	6	
2.2.2	Indicadores químicos.....	7	
2.2.2.1	Macroelementos.....	7	
2.2.2.2	pH y conductividad eléctrica.....	7	
2.2.2.3	Materia orgánica.....	8	
2.2.2.4	Nitritos/nitratos.....	8	
2.2.2.5	Carbón activo.....	8	
2.3	FERTILIZACION.....	9	

2.3.1	Fertilización química.....	10
2.3.2	Fertilización orgánica.....	10
2.3.2.1	Bokashi.....	11
2.4	CULTIVO DE FRIJOL.....	11
3.	MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1	ENSAYO DE FRIJOL.....	13
3.1.1	Localización del ensayo.....	13
3.1.2	Fase de campo.....	13
3.1.2.1	Tratamientos.....	13
3.1.2.2	Preparación de bokashi.....	13
3.1.2.3	Siembra.....	14
3.1.2.4	Fertilización.....	14
3.1.2.5	Manejo agronómico.....	14
3.1.2.6	Cosecha.....	14
3.2	INDICADORES DE CALIDAD.....	14
3.2.1	Toma de muestras.....	14
3.2.2	Características físicas.....	15
3.2.2.1	Densidad aparente.....	15
3.2.2.2	Estabilidad de agregados.....	15
3.2.2.3	Textura.....	15
3.2.2.4	Perfil del suelo.....	15
3.2.3	Características químicas.....	15
3.2.3.1	Conductividad eléctrica.....	15
3.2.3.2	Nitratos.....	15
3.2.3.3	Macronutrientes y materia orgánica.....	16
3.2.3.4	Carbón activo.....	16
3.3	EVALUACION DEL RENDIMIENTO.....	16
3.4	ANALISIS ESTADISTICO.....	16
3.5	ANALISIS ECONOMICO.....	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
4.1	INDICADORES DE CALIDAD.....	17
4.1.1	Características físicas.....	17
4.1.1.1	Perfil del suelos.....	17
4.1.1.2	Textura.....	17
4.1.1.3	Porosidad.....	17
4.1.1.4	Estructura.....	17
4.1.1.5	Densidad aparente y resistencia a penetración.....	18
4.1.1.6	Estabilidad de agregados.....	19
4.1.2	Características químicas.....	20
4.1.2.1	Materia orgánica.....	20
4.1.2.2	Nutrientes del suelo.....	20
4.1.2.3	Conductividad eléctrica.....	22
4.1.2.4	Carbón activo.....	23

4.1.2.5	Nitratos.....	23
4.1.2.6	pH.....	23
4.2	EVALUACION DEL RENDIMIENTO.....	24
4.2.1	Granos por vaina y peso de semilla.....	24
4.2.2	Vainas por planta.....	24
4.2.3	Rendimiento.....	24
4.3	ANALISIS ECONOMICO.....	25
4.3.1	Presupuesto parcial.....	25
4.3.2	Análisis de dominancia.....	26
5.	CONCLUSIONES.....	27
6.	RECOMENDACIONES.....	28
7.	BIBLIOGRAFIA.....	29
8.	ANEXOS.....	32

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.		
1.		Descripción de los perfiles del suelo en la zona norte de Olancho, Honduras, 2000.....	18
2.		Valores de la densidad aparente, resistencia a penetración y porosidad en los perfiles del suelo en la zona norte de Olancho, Honduras, 2000.....	19
3.		Efecto de los tratamientos en P, Ca y Mg en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	22
4.		Efecto de los tratamientos en el pH, carbón activo y nitratos en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	23
5.		Rendimiento (kg/ha) y sus componentes de las variedades Chimino y Tío Canela-75 con los fertilizantes aplicados en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	24
6.		Presupuesto parcial para el rendimiento de la variedad Chimino en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	25
7.		Presupuesto parcial para el rendimiento de la variedad Tío Canela-75 en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	26
8.		Dominancia económica para los tratamientos de fertilización utilizados para el ensayo en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figuras		
Pag.		
1.	Definición y funciones de la calidad de suelo.....	4
2.	Composición de la materia orgánica y carbón activo del suelo.....	9
3.	Efecto de los tratamientos sobre la estabilidad de los agregados en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	19
4.	Aumento de la materia orgánica en el suelo como efecto de los tratamientos utilizados en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	20
5.	Incremento del N en el suelo como efecto de los tratamientos utilizados en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	21
6.	Incremento de los niveles de K como efecto de los tratamientos utilizados en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	21
7.	Efecto de los tratamientos en la conductividad eléctrica en la zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	22

INDICE DE ANEXOS

Anexos**Pag.**

1.	Análisis de suelos de las aldeas de El Carrizal, La Joya, El Rosario y El Salitre, zona norte de Olancho, Honduras, 2000.....	33
2.	Análisis de suelos de las aldeas de El Carrizal, La Joya, El Rosario y El Salitre, zona norte de Olancho, Honduras, 2001.....	34
3.	Análisis del bokashi.....	35
4.	Escala de medición de nitratos.....	36

1. INTRODUCCION

La degradación del suelo en el mundo es causada por efectos de erosión natural y de sobre pastoreo, deforestación, prácticas agrícolas inapropiadas, explotación de bosques naturales, contaminación y otras actividades humanas, reflejándose después en problemas de producción agrícola, social, económico y ambiental.

Los agricultores de pequeña escala en los países en vías de desarrollo, han utilizado en forma intensiva el recurso suelo, especialmente para la producción de granos básicos, con un manejo tradicional de tala y quema, dejando al descubierto la capa fértil de suelo dando oportunidad a sufrir deterioros en la calidad física, química y biológica del suelo.

Según Brady y Weil (1999), los suelos agrícolas de Centro América han sido degradados en un 74%, siendo la mayor degradación comparada con las demás regiones, por lo que, se debe incrementar el área de cultivo en un 39% y aumentar la producción por hectárea en 49%, para alimentar a un aproximado de nueve millones de niños mal nutridos, compensando el área degradada.

Doran y Parkin (1994), indican que el suelo disminuye su capacidad de producción en más del 10% como resultado de procesos erosivos, contaminación, salinización y desertificación, los que influyen negativamente en la seguridad alimentaria de la población mundial y para lo cuál se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Medio Ambiente, en Río de Janeiro en 1992, con el objetivo de analizar el desarrollo global sostenible.

En la actualidad se han uniformizando criterios para medir y cuantificar económicamente la calidad del suelo. Al momento los agricultores pueden definir un buen suelo de acuerdo a la producción, vegetación, color del suelo u otras características que son visibles, mientras que los investigadores pueden cuantificar en términos de selección de atributos del suelo mediante un minimum data set (MDS). Actualmente el MDS consiste de indicadores de calidad de suelos como cantidad de nutrientes, carbón orgánico, textura, capacidad de retención de agua, estructura, penetración, compactación, profundidad de raíces, pH y conductividad eléctrica, y es complementado con pedotransfer functions (PTFs), los cuales son modelos matemáticos de la relación de las características físicas, químicas e hidráulicas del suelo (Larson y Pierce, 1996).

Los resultados de los indicadores de calidad de suelo, podrían generar toma de decisiones para un manejo adecuado del suelo, tanto en productividad como en sostenibilidad.

1.1 HIPOTESIS

Los fertilizantes químicos y orgánicos no afectan significativamente cambios en los indicadores de calidad de suelo en la producción de frijol en un ciclo de cultivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Investigar la influencia de la fertilización química y orgánica en la calidad de suelos sembrados con frijol.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo con la fertilización química y orgánica.

Evaluar la combinación de fertilización química y orgánica sobre la producción y calidad de suelos.

Evaluar el rendimiento de frijol con la fertilización química y orgánica.

Realizar una evaluación económica de la fertilización química y orgánica, y su combinación.

1.3. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Con este estudio se pretendió evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica en la producción de frijol de postrera y varios indicadores de salud de suelos, en la zona norte del Departamento de Olancho ubicado en los 14° 03' hasta 15° 35' N; 85° 00' hasta 86° 59' O. Esta zona tiene una gran área de producción de frijol, en el cuál trabaja el Proyecto Zamorano-USAID.

Además, se apoya al Subcomponente Suelos del Proyecto Zamorano-USAID, para realizar recomendaciones a productores de pequeña y mediana escala acerca de manejo y fertilización del suelo, y su influencia en los indicadores de calidad, de manera que resulte en una producción más sostenible.

Parte del estudio se realizó a nivel de campo con el kit de suelos diseñado por el United States Department of Agriculture (USDA), con el propósito de buscar nuevas alternativas para que los productores de esta zona tengan un mayor conocimiento del recurso suelo y así tomar decisiones de sostenibilidad y manejo.

Los análisis de los indicadores de laboratorio fueron realizados por ser considerados los de mayor nivel de significancia con relación a calidad de suelos.

Por último, este estudio servirá como base de datos para otros estudios sobre indicadores de calidad de suelos, evaluación de erosión, prácticas culturales, rotación de cultivos, etc., con la finalidad de tomar datos, medirlos y evaluarlos económicamente observando su retorno financiero. Además, de la seguridad alimentaria para el caso de productores de pequeña y mediana escala.

1.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Clima: por los patrones de lluvia no se realizó la investigación de los indicadores biológicos e infiltración; además, influyó en los rendimientos de frijol.

Análisis: los indicadores del kit y la metodología para evaluar la fracción activa de la materia orgánica fueron hechos con los conocimientos básicos por ser nuevas herramientas y análisis, y no son utilizados frecuentemente.

Tiempo: los datos se obtuvieron en el ciclo de postrera del 2000–2001, el que influye sobre el cambio lento de algunas propiedades del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 CALIDAD DE SUELOS

El recurso suelo como potencial de producción ha sido determinado por los científicos con el concepto de calidad de suelos, mientras los no científicos utilizan el concepto de salud de suelos.

La calidad de suelos ha sido definida como la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar dentro de un ecosistema natural o manejado, conservando la productividad animal y vegetal, manteniendo la calidad de agua y aire, y mejorando la salud humana (Karlen, *et al.*, 1996); o simplemente el uso adecuado del suelo (Pierce y Larson, 1993).

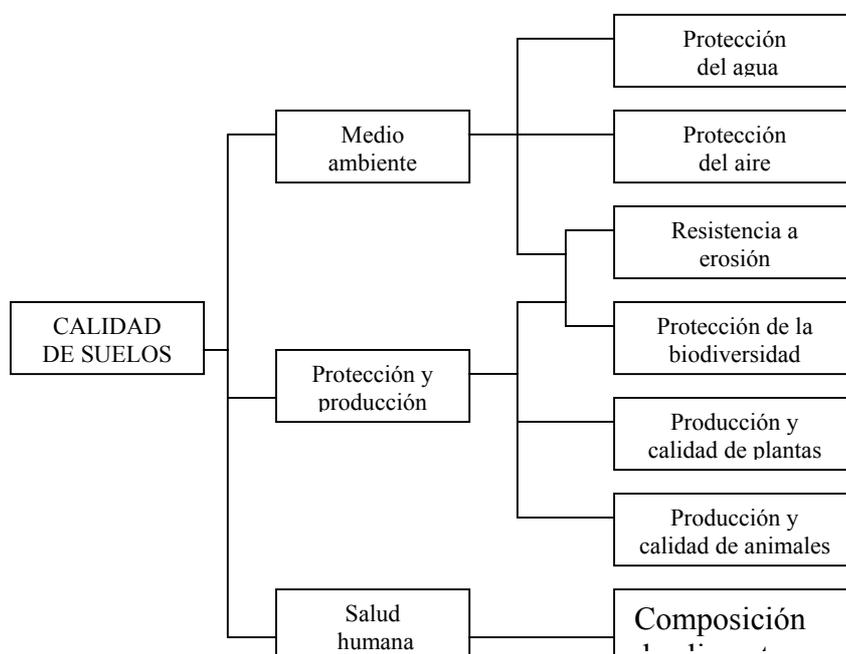


Figura 1. **Definición y funciones de la calidad del suelo. Fuente: Brady y Weil (1999).**

Cihacek, *et al.*, (1996), mencionan que la importancia de calidad del suelo radica en el aporte de nutrientes esenciales a las plantas, animales y humanos, debido a que cada

elemento químico tiene similares o diferentes funciones metabólicas para cada organismo. También ayuda como un filtro para la contaminación causada por las actividades humanas y en ecosistemas naturales mantiene sus características físicas, químicas y biológicas.

2.2 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO

Los índices de calidad son la forma de medir ciertas características del suelo, para evaluar el manejo y sostenibilidad del mismo. La habilidad para identificar las propiedades básicas que sirvan como indicadores es muy complicado porque hay muchos factores físicos, químicos y biológicos involucrados y las interacciones varían en tiempo, espacio e intensidad (Barahora, 2000). La mayoría de indicadores son propiedades que están significativamente influenciadas por prácticas de manejo del suelo (Brady y Weil, 1999).

Según Doran y Parkin (1996), para que los índices de calidad sean prácticos para los agricultores, extensionistas, conservacionistas y científicos en las decisiones políticas sobre situaciones ecológicas y socioeconómicas, es indispensable que estos indicadores de calidad de suelo tengan los siguiente criterios:

1. Que se correlacionen con los procesos del ecosistema.
2. Integren las propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.
3. Fácil acceso para especialistas y productores en condiciones de campo.
4. Sensible a variaciones de clima y manejo.
5. En lo posible que componga una base de datos.

Los componentes de los índices de calidad pueden ser intrínsecos o extrínsecos. Los primeros son las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además se incluyen la geología, clima, manejo y vegetación que influyen en las propiedades del suelo. Los segundos son factores climáticos que influyen en el desarrollo del material parental, y afectan la degradación del suelo y producción de biomasa (Cole, 1993).

2.2.1 Indicadores físicos

Las propiedades físicas del suelo influyen en las funciones del suelo dentro de un ecosistema y estas pueden mejorar con buen manejo (Brady y Weil, 1999).

El crecimiento de las plantas en el suelo depende de la cantidad de agua y nutrientes, el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera, y el mantenimiento adecuado de la temperatura. Si las raíces crecen y expanden, y si los organismos tienen mayor actividad en el suelo, todas las actividades son afectadas por las características físicas del suelo (Marshall y Holmes, 1979).

2.2.1.1 Textura. La textura del suelo es uno de los atributos más estables del suelo, que tiene una pequeña modificación por los cultivos y otras prácticas que causan una mezcla en las diferentes capas de suelo (Arshad *et al.*, 1996).

2.2.1.2 Estructura. La estructura se define por agregados, los cuales son grupos de dos o más partículas primarias que se unen formando unidades más fuertes que la masa que los rodean (Arshad *et al.*, 1996).

El patrón de poros y pedones son definidos por la estructura del suelo que influyen en el movimiento del agua, transferencia de calor, aireación y porosidad en los suelos. Actividades como cosecha, pastoreo, cultivos, drenaje, los impactos de enclavado e incorporación de estiércol afectan directamente a la estructura del suelo, especialmente en los diferentes horizontes (Brady y Weil, 1999).

2.2.1.3 Estabilidad de agregados. Cole (1993), menciona que la estabilidad de agregados es un indicador de la calidad del suelo. Alta calidad del suelo se da cuando los componentes minerales y orgánicos son organizados dentro de las partículas de los poros. Los agregados afectan la porosidad del suelo, movimiento de agua y gases dentro del suelo, retención de agua, actividades microbianas y crecimiento de plantas. La pérdida de agregados incrementa el potencial de erosión por viento y agua, debido a desplazamientos de pequeñas partículas de suelo, formadas por la desintegración de agregados, puesto que requiere menos energía que los desplazamientos de agregados grandes. Los suelos con una estructura buena de agregados disminuyen la erosión comparados con los suelos con unas propiedades pobres de agregados.

La materia orgánica (m.o.) es el mayor agente que ayuda a la formación y estabilización de los agregados, ya que provee un substrato energético que hace posible actividades de hongos, bacterias y animales del suelo, además estos descomponen los residuos orgánicos, coloides y otros productos microbianos (Brady y Weil, 1999).

2.2.1.4 Densidad aparente. El problema de los suelos agrícolas es que con el tiempo de uso pierden su estructura favorable, compactándose y formando costras superficiales. La densidad aparente indica como está compactado el suelo, valores arriba de 1.5 g/m^3 indican condiciones detriminales para el crecimiento de las plantas (Sarrantonio, 1991).

2.2.1.5 Descripción del perfil del suelo. Según Food and Agriculture Organization (FAO, s.f), la descripción del perfil es el conocimiento de un tipo de suelo con el mayor número de características posibles. Cada suelo tiene una sucesión de capas o estratos según descende en profundidad, con características diferentes, cuya definición constituye lo que se denomina el perfil del suelo (Domínguez, 1997).

La interpretación de los horizontes del suelo muestran los problemas potenciales del uso de la tierra y la influencia del medio ambiente (Brady y Weil, 1999).

Según Domínguez (1997), el perfil del suelo se compone de varias capas u horizontes que se superponen una sobre otra, que difieren sustancialmente en características de textura, estructura, pH, porosidad, etc, y pueden tener espesores variables. Siendo la porosidad el espacio disponible para el aire y agua, que se encuentra entre los agregados y entre sus partículas.

Según Schoeder (1984), el color es una característica que reconoce varios tipos de suelo, determinado por la cantidad de materia orgánica y los compuestos Fe y Mn; siendo el indicador de suelo que los agricultores mejor manejan (Ruiz Diaz, 2000).

La resistencia a penetración es importante para la relación de crecimiento de las raíces y el comportamiento bajo del cultivo.

2.2.2 Indicadores químicos

Los diecisiete elementos esenciales para el crecimiento de la planta son C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Mo, Cu, Cl y Ni (Hans, 1980), los tres primeros se encuentran libremente a disposición de la planta en el aire: anhídrido carbónico (CO₂) y oxígeno (O₂) y por medio del agua se absorbe (Domínguez, 1997).

Según Domínguez (1997), la disponibilidad de un elemento nutritivo es el resultado de una serie de reacciones químicas y cuyo equilibrio depende de los factores fisico-químicos del suelo, que proporcionan el volumen de suelo explorado por las raíces, la capacidad de solubilizar y absorber elementos nutritivos.

2.2.2.1 Macroelementos. El nitrógeno (N), es componente integral de la mayoría de los compuestos de las plantas, forma la mayor parte de los aminoácidos, producción de proteínas y enzimas, y el control de los procesos biológicos; se encuentra en la atmósfera en 78% como gas (N₂) y 5% en suelos con materia orgánica (Brady y Weil, 1999). Según Domínguez (1997), el N puede perderse por fijación en forma nítrica, desnitrificación, volatilización y lixiviación.

Según Brady y Weil (1999), el fósforo (P) es un componente fundamental para los procesos de fotosíntesis, fijación de N₂, crecimiento de raíces, floración, fructificación y maduración.

El potasio (K) juega un papel en la translocación de moléculas orgánicas y opera en la apertura de los estomas de las hojas (Hans, 1980). Activa más de 80 enzimas responsables de procesos energéticos metabólicos, síntesis de almidón, reducción de nitratos, fotosíntesis y degradación de azúcares. Es un componente de la solución del citoplasma, juega un papel crítico en el rol de disminuir el potencial osmótico del agua en la célula, reduciendo las pérdidas de agua para incrementar la habilidad de las paredes celulares de retener agua (Brady y Weil, 1999).

El calcio (Ca) es absolutamente necesario para la división y crecimiento de la célula. Este elemento juega un papel importante en la estabilidad de las membranas, y es básico para la absorción de elementos nutritivos y varios procesos metabólicos (Domínguez, 1997).

Domínguez (1997), menciona que el magnesio (Mg) como componente de la clorofila realiza un papel prioritario en la fotosíntesis, la pérdida de este elemento por lavado puede conducir a suelos empobrecidos especialmente los de textura gruesa.

2.2.2.2 pH y conductividad eléctrica. La reacción de un suelo, ácido, neutral o alcalino, es expresado como pH, que indica la cantidad de concentración de H^+ en solución (Schoeder, 1984). Dado por funciones del material parental, vegetación, clima y topografía. El pH es influenciado cada año por prácticas de cultivo, uso de fertilizantes amoniacales, lluvia ácida, materia orgánica del suelo (Smith y Doran, 1996), entre otros.

El pH de un suelo ayuda a determinar el número y tipo de organismos del suelo, que cambian los residuos de las plantas en materia orgánica valiosa del suelo. Estos influyen en la estabilidad de agregados e incrementan el movimiento del aire y la reacción del agua (Brady y Weil, 1999).

Brady y Weil (1999), mencionan que un agua pura es un pobre conductor de electricidad, pero incrementa la conductividad con un mayor contenido de sales en el agua. Valores de 0.5 a 6 dS/m pueden afectar los procesos microbiológicos, amonificación, nitrificación y desnitrificación, y procesos químicos como la volatilización de amonio (Sikora y Stott, 1996).

Según Sikora y Stott (1996), concluyen que la conductividad eléctrica y pH son fácilmente medidos en el campo y pueden proveer información de las condiciones de suelo para el crecimiento de plantas y el ciclo de nutrientes relacionados con producción de alimentos y fibra. Además, están asociados con la calidad de agua y aire del medio ambiente.

2.2.2.3 Materia orgánica. La materia orgánica es una sustancia muy crucial en la física, química y biología del suelo. Suelos con cantidades adecuadas de materia orgánica son mejores para suplir nutrientes, disminuir la erosión, y mantener las proporciones de agua y aire para el crecimiento de los cultivos (Sarrantonio, 1991). La materia orgánica ayuda en la solubilización de nutrientes de las plantas, de minerales insolubles presentes en el suelo, tiene una alta adsorción o capacidad de intercambio de cationes, y ayudan en la nutrición de plantas por elementos, a través de la reacción de quelatos (Sikora y Stott, 1996).

2.2.2.4 Nitritos/nitratos. Las raíces de las plantas absorben el N desde la solución del suelo como nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). Aunque ciertas plantas crecen mejor cuando se les provee principalmente una u otras formas, los aniones de nitrato se mueven más fácilmente a las raíces cuando el flujo de agua en el suelo y el intercambio en la superficie de las raíces de HCO_3^- ó OH^- iones que provocan un incremento en el pH de la solución del suelo inmediatamente alrededor de las raíces (Brady y Weil, 1999).

Según Brady y Weil (1999), los nitritos (NO_2^-) también pueden ser absorbidos, pero estos iones son tóxicos para las plantas. Afortunadamente es raro que ocurran en cantidades exageradas en el suelo.

2.2.2.5 Carbón activo. Es un indicador de la calidad de suelo relacionado directamente con la fertilidad, estabilidad de los agregados y de la materia orgánica (Pozo, 2000). La fracción activa de la materia orgánica es el indicador más confiable de la fertilidad de suelo que la materia orgánica de suelo total (Alberta, 2000).

La materia orgánica tiene tres etapas intermedias: fracción activa, pasiva y lenta. La fracción activa son compuestos orgánicos que se pueden utilizar como alimento por los microorganismos, ya que, cambia más rápidamente que materia orgánica total en respuesta a cambios del manejo (SQI, 2000).

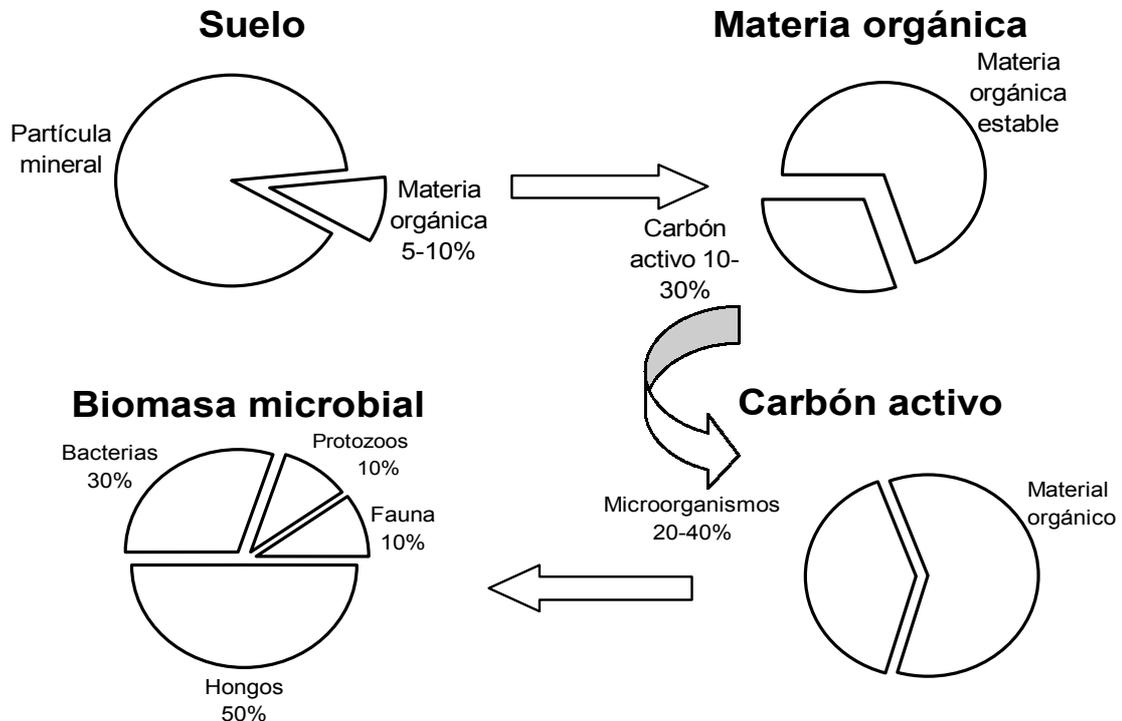


Figura 2. Composición de la materia orgánica y carbono activo del suelo. Fuente: Graham y Deborah (2001).

Según College Agriculture & Natural Resources (CANR, 2000), las características del carbono activo son:

- Contiene alta relación C/N (15 a 30).
- Fácil degradación (pocos meses o años).
- Proporciona alimento C y N a los microorganismos
- Ayuda a la estabilidad de agregación e infiltración, reduce la erosión y facilita la labranza.
- Aproximadamente es 10-20% de la materia orgánica.

Las estrategias para incrementar el potencial de secuestro de carbono en un suelo incluye: incrementar el tiempo bajo el cuál el suelo es cubierto por vegetación; reducir o eliminar la pérdida del suelo, levantando la producción primaria y el retorno de materia orgánica al suelo, incrementando la fertilidad y el uso de pastos perennes y leguminosas (Mehdi *et al.*, 1998).

2.3 FERTILIZACION

La fertilización - una de las prácticas que más ha progresado en las últimas décadas - constituye uno de los pilares fundamentales de la producción agrícola. Hoy no se

concibe la explotación agrícola sin una adecuada fertilización que permita obtener del suelo toda su capacidad productiva (Domínguez, 1997).

Brady y Weil (1999), mencionan que el manejo de los nutrientes en el suelo debe tener cuatro objetivos: 1) costo efectivo para producir plantas de calidad, 2) uso y conservación eficiente del recurso nutrientes, 3) mantener la calidad del suelo, y 4) proteger el medio ambiente.

Para Primavesi (1984), es necesario establecer principios básicos de fertilización que regulen la nutrición vegetal, ya que considera que una planta puede madurar y fructificar normalmente aún sin algunos nutrientes.

2.3.1 Fertilización química

La fertilización mineral se ha centrado sobre unos pocos tipos de fertilizantes que se han utilizado en forma tradicional y muy moderada (Domínguez, 1997). Así el uso de estos fertilizantes ha incrementado en los últimos 20 años, contabilizando un incremento de producción en este período (Brady y Weil, 1999).

Según Brady y Weil (1999), un mito común acerca de los fertilizantes, es que afectan directamente a la planta y el ciclo biológico de los nutrientes por las aplicaciones de fertilizantes. La realidad es que los nutrientes agregados por aplicaciones normales ya sean orgánicos o inorgánicos son incorporados dentro del ciclo de nutrientes del suelo, y relativamente una pequeña cantidad de los nutrientes se quedan en la planta que fue fertilizada durante el año de aplicación.

Generalmente cuando las tasas de fertilizantes se incrementan, la eficiencia de los nutrientes decrecen, incrementando la proporción de nutrientes agregados a la solución del suelo (Brady y Weil, 1999).

2.3.2 Fertilización orgánica

Los fertilizantes orgánicos son derivados de productos vegetales o animales con características de: 30% de materia orgánica, 2% de N orgánico, 6% de N+P+K entre otros (Domínguez, 1990).

Para Domínguez (1997), la mayoría de los productos orgánicos comerciales o tradicionales tienen contenidos muy pequeños de elementos nutritivos que se deben tomar en cuenta, dado que la aplicación de estos productos al suelo se hace en cantidades bastantes considerables, siendo su objetivo principal el mantener el contenido de materia orgánica en el suelo.

Según Brady y Weil (1999), las enmiendas orgánicas ayudan en la estabilidad de agregados, reducen la plasticidad, cohesión y pegajosidad de la arcilla, haciendo que los suelos sean laborables, con lo cual aumenta la capacidad de retención de agua. Los ácidos húmicos también atacan los minerales del suelo y aceleran su descomposición, disminuyendo nutrientes esenciales como cationes intercambiables. Influyen además en la biología del suelo al proveer alimento a los organismos del suelo.

Varios compuestos promotores de crecimiento son: vitaminas, aminoácidos, auxinas, y giberelinas que son formados por la materia orgánica. Pequeñas cantidades de ácido húmico y fúlvico en la solución del suelo regulan el crecimiento de las plantas, así como la elongación de las células y el crecimiento lateral de las raíces (Brady y Weil, 1999).

2.3.2.1 Bokashi. El objetivo principal del “bokashi” es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo; pero también persigue la nutrición del cultivo y suple alimento (materia orgánica) para organismos existentes en el suelo (Ekostar, 2000).

Según Ekostar (2000), el bokashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses para aumentar la diversidad microbiana, mejorar la condición física y química del suelo, prevenir sus enfermedades y suplirlo con nutrientes para el desarrollo de los cultivos.

Para Restrepo (1996), los principales aportes de los componentes del bokashi al suelo son:

- Carbón: retiene, filtra y libera nutrientes.
- Estiércol: aporta P, K, Mg, Fe, Zn, Cu y B, según la cantidad, mejora las características físicas del suelo.
- Cascarrilla de arroz: beneficia la aireación, absorción de humedad y filtración de nutrientes, corrige la acidez del suelo.
- Semolina de arroz: afecta la fermentación del abono y aporta N, P, K, Ca y Mg.
- Melaza de caña: fuente de fermentación que multiplica la actividad microbiana.
- Levadura: constituye la fuente de inoculación microbiana.
- Tierra común: es un homogenizador físico del abono, tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas.
- Cal agrícola: regula la acidez en el proceso de fermentación.

2.4 CULTIVO DE FRIJOL

El frijol representa la fuente principal de proteínas de la mayoría de la población rural de Centro América. Debido al alto contenido de aminoácidos esenciales, su valor nutricional es muy elevado (Rosas, 1998).

El cultivo del frijol en el trópico tiene muchos riesgos. Las lluvias fuertes pueden destruir plantíos por ahogamiento de las plantas o por provocar la pudrición de las raíces. Lluvias constantes permiten establecer condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades. Por otro lado, cuando las lluvias se presentan con oscilaciones muy periódicas causan disminuciones en el rendimiento. Diferencias marcadas sobre la disponibilidad de agua en el suelo también inducen a que se establezca otro tipo de enfermedades en el follaje, y en consecuencia, a que algunas especies de insectos se multipliquen con gran rapidez y en un nivel elevado (Hernández, 1973).

Según Voysest (1983), las variedades tradicionales de frijol fueron seleccionadas por los propios agricultores de los materiales nativos, a lo que ahora se denomina variedades criollas; a partir de la década de los cuarentas, se intensificaron los programas de mejoramiento de frijol en América Latina, y se comenzaron a obtener las llamadas variedades mejoradas.

Debido a la diversidad de suelos en que se siembra el frijol menciona Hernández (1973), que las variedades mejoradas del cultivo deben tener una excelente estructura aérea y radicular, que serán genotipos con un alto potencial de rendimiento.

En América Latina el frijol se cultiva en diferentes tipos de suelos, con diversas deficiencias o toxicidades nutricionales que pueden limitar el desarrollo de la planta y su rendimiento. En las regiones situadas entre cordilleras, el frijol se siembra en valles que se caracterizan por tener suelos aluviales de alta fertilidad pero que pueden presentar deficiencias de ciertos elementos menores (CIAT, 1980).

Investigaciones en Honduras hechas por Cruz (2000), indican que se ha sembrado en los últimos 10 años 146,200 mz., siendo muy marcada la diferencia de área sembrada en los últimos dos ciclos que supera las 200,000 mz., lo que ha incidido en la alta producción obtenida.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 ENSAYO DE FRIJOL

3.1.1 Localización del ensayo

Los ensayos se llevaron a cabo en la zona norte del Departamento de Olancho ubicado en los 14° 03' hasta 15° 35' N; 85° 00' hasta 86° 59' O, en las aldeas de El Rosario y Salitre en El Municipio de El Rosario, y las aldeas de La Joya y Carrizalito en el Municipio de Salamá. Estas zonas se encuentran a una altura aproximada de 798 msnm, con una temperatura promedio anual de 23oC y una precipitación promedio anual de 2021 mm (CIAT, 2000) con un patrón de lluvias bimodal. El estudio se realizó en el período de postrera 2000-2001.

3.1.2 Fase de campo

3.1.2.1 Tratamientos. Los tratamientos en la investigación consistieron de dos variedades de frijol, la primera de la variedad criolla Chimino y la segunda la variedad mejorada Tío Canela-75, sembradas bajo cinco sistemas de fertilización (química recomendada, química tradicional, bokashi, química recomendada más bokashi y la fertilidad natural del suelo). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El bloque tuvo un área total de 150 m², para asignar a cada tratamiento 6 surcos de 50 cm por 5 m de largo en un área de 15 m².

3.1.2.2 Preparación de bokashi. El material usado fue:

100 kg de tierra común.
50 kg de semolina de arroz.
50 kg de ceniza.
50 kg de cascarilla de arroz.
50 kg de estiércol de vaca.
1.125 L de melaza.
2.5 kg de cal agrícola.
56.25 g de levadura para pan.
70 L de agua.
Fuente: Restrepo (1996)

El bokashi se volteó dos veces al día por un período de 20 días y tuvo una temperatura no mayor a 50°C y la cantidad de agua aplicada se determinó al formar un terrón quebradizo en el cuál no salió gotas de agua entre los dedos (Restrepo, 1996).

3.1.2.3 Siembra. El terreno fue limpiado con la aplicación de Gramoxone™ (850 cc/ha), que es la forma predominante en la zona y la preparación del terreno con bueyes en la forma tradicional, la semilla de Chimino fue recolectada de un almacenamiento con broza (mezcla del frijol con el rastrojo) en la aldea de El Rosario, y la semilla de Tío Canela-75 fue producida en Zamorano. El distanciamiento de siembra fue de 50 cm entre hileras y 20 cm por planta, utilizando 2-4 semillas por postura, de la forma tradicional.

3.1.2.4 Fertilización. Los fertilizantes se aplicaron en el surco incorporados y las cantidades de utilizadas fueron:

Fertilización tradicional, 65 kg/ha de 18-46-0, (11.7 kg de N y 29.9 kg de P₂O₅) a la siembra.

Fertilización química, 130 kg/ha de 18-46-0, (23.34 kg de N y 59.8 kg de P₂O₅) a la siembra, 1 L/ha de Bayfolán (0.11 L de N, 0.8 L de P₂O₅ y 0.6 L de K₂) a los 15 días y 32.5 kg/ha de urea, (14.95 kg de N) a los 25 días.

Fertilización orgánica, 9 t/ha de bokashi a la siembra.

Fertilización química y orgánica, 65 kg de 18-46-0, (11.7 kg de N y 29.9 kg de P₂O₅) más 4.5 tm/ha de bokashi a la siembra, 0.5 L/ha de Bayfolán (0.05 L de N, 0.04 L de P₂O₅ y 0.03 L de K₂) a los 15 días y 16.25 kg/ha de urea, (7.5 kg de N) a los 25 días.

Fertilidad natural, no se aplicó fertilizante.

3.1.2.5 Manejo agronómico. Las parcelas fueron limpiadas con azadón a los 5 y 25 días. Se aplicó Caracolex™ (570 g/ha) para controlar el ataque de babosa y Decis™ (140 cc/ha) en el control de crisomélidos y picudo de la vaina respectivamente.

3.1.2.6 Cosecha. En cada parcela se cosechó al momento de madurez fisiológica, cuando las vainas estaban secas y la mayor parte de las hojas habían caído, el área útil de recolección fue de 3 m² en los surcos centrales.

3.2 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO

3.2.1 Toma de muestras

Las profundidades de muestreo de suelos fueron dos. La primera a 0-15 cm para obtener los análisis de carbón activo. Los suelos se mantuvieron a 50°C en el

refrigerador hasta el momento del análisis. La segunda para los demás análisis a los 0-30 cm por ser donde crece la mayor parte del sistema radicular del frijol.

Las muestras se recolectaron 15 días antes de la siembra y 21 días después de la cosecha, con 12 submuestras al azar dentro de cada unidad experimental para obtener una muestra compuesta.

3.2.2 Características físicas

3.2.2.1 Densidad aparente. Se calculó mediante el método Core, obteniéndose con una muestra de suelo de 68 cm³, estas fueron pesadas para luego ser secadas en un horno a 105-110 °C por 48h, eliminando el contenido de agua, nuevamente se pesaron para calcular la densidad aparente mediante la fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{masa de suelo seco}}{\text{volumen del muestreador}}$$

Además se calculó el porcentaje de porosidad, con la metodología del Kit de Suelos de USDA:

$$\text{Porcentaje de porosidad \%} = 1 - (\text{densidad aparente} \div 2.65)$$

3.2.2.2 Estabilidad de agregados. Se realizó según la metodología del Kit, pesando 10 g de suelo, la que fue saturada con agua en un tamiz de 2 mm donde quedaron los agregados, estos fueron secados por 2 h para luego ser pesados, nuevamente se saturó con una solución jabonosa (Calgon™ que contiene sodio) con la capacidad de hacer precipitar el limo y arcilla de la materia orgánica, quedando únicamente la arena en el tamiz. Por último se secó por 2 h y se calculó la fuerza de los agregados mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Estabilidad de agregados \%} = \frac{\text{peso de agregados secos g} - \text{arena g}}{\text{peso del suelo seco g} - \text{arena g}} \times 100$$

3.2.2.3 Textura. La textura se desarrolló por el método del Kit, realizando los análisis al tacto de la mano siguiendo la tabla de la clave dicótoma en el manual del Kit de Suelos de USDA.

3.2.2.4 Perfil del suelo. Para la observación del perfil se realizó una calicata en cada extremo de las parcelas a evaluar, con medidas de 1.5 x 1 x 1 m; se delimitó los horizontes y a cada uno se caracterizó el color (Tablas Munsell), textura, estructura,

consistencia, porosidad, raíces, límites, profundidad efectiva, resistencia a la penetración (penetrómetro de bolsillo). Se utilizó la metodología de FAO para la descripción del perfil.

3.2.3 Características químicas

3.2.3.1 Conductividad eléctrica. De la muestra de 0-30 cm, se recolectaron 30 ml de suelo y se mezcló en 30 cc de agua destilada, en una relación 1:1, se utilizó el aparato de bolsillo de conductividad eléctrica del Kit.

3.2.3.2 Nitratos. La solución de conductividad eléctrica se filtró en un papel filtro para extraer el agua sin sedimento y se colocó una gota en el papel indicador “Aqua Chek”™ dejando 1 minuto para desarrollar el color, el que se analiza mediante escala de ppm.

3.2.3.3 Macronutrientes y materia orgánica. Los procedimientos a seguir fueron los utilizados en el Laboratorio de Suelos de Zamorano:

N	Micro Kjeldahl
P	Extracción con Mehlich I y detección por colorimetría.
K, Ca, Mg	Extracción con Mehlich I y determinación por espectrofotometría de absorción atómica.
pH	Relación 1:1 peso suelo a volumen de agua, utilizando potenciómetro
M.O.	Calculada a partir del carbono orgánico (método de Walkley y Black)

3.2.3.4 Carbón activo. Fue analizado con las muestras de 0-15 cm, por el método de Islam y Weil (1998), mediante la “Digestión Rápida para Medir la Cantidad de Color de Suelos Orgánicos”.

3.3 EVALUACION DE RENDIMIENTO

En todas las unidades experimentales, se recolectaron todas las plantas de los dos surcos centrales, dejando un metro por efecto de borde entre tratamientos, se determinó el número de vainas por planta, se eligieron 20 vainas al azar para determinar el número de granos por vaina. Por último la muestra fue secada al sol para llegar a 12 % humedad. Se homogenizó se tomó el peso seco de 100 semillas.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO

El modelo desarrollado fue de un Modelo de Bloques Completos al Azar (BCA), con un Análisis de Varianza (ANDEVA), y una Separación de Medias (SNK), tanto a las

variables de indicadores de calidad y rendimiento. Los valores de suelos fueron transformados por arcoseno debido a que no siguen un patrón de distribución normal. El análisis se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS[®]), versión (6.12).

3.5 ANALISIS ECONOMICO

La metodología utilizada para la evaluación económica fue la de presupuesto parcial y análisis de dominancia del CIMMYT (1988). Para la viabilidad de uso de los cinco sistemas de fertilización y las dos variedades de frijol se analizaron las variables de beneficio-costos.

5. CONCLUSIONES

1. Los fertilizantes aplicados influyeron en las características físicas y químicas del suelo en un ciclo del cultivo de frijol.
2. Los índices físicos y químicos fueron mejorados por las aplicaciones de bokashi; la fertilización química influyó de forma positiva en los índices químicos.
3. El bokashi combinado con fertilizante químico mejoró la estabilidad de agregados, la cantidad de N y tuvo rendimientos similares a las fertilizaciones químicas.
4. La fertilización recomendada con la variedad Tio Canela-75 obtuvo el mayor rendimiento siendo diferente de la variedad Chimino con bokashi o sin aplicación.
5. La tecnología utilizada por el agricultor fue la más rentable, aunque podría cambiar de acuerdo a los precios de mercado.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre diferentes materiales y dosificaciones para la preparación de bokashi con el fin de conocer la influencia en los índices de suelos, rendimiento y una factibilidad económica.
2. Investigar el uso de otros abonos orgánicos que se encuentre en la zona.
3. Evaluar los índices de calidad de suelos sembrados con frijol en diferentes sistemas de producción, para mirar el efecto principalmente en la fracción activa de la materia orgánica.
4. Proponer la elaboración de abonos orgánicos complementados con fertilizantes químicos a los productores de pequeña y mediana escala, ya que da rendimientos aceptables y ayudan a mejorar el suelo.
5. Realizar estudios a largo plazo para evaluar beneficios indirectos para los fertilizantes orgánicos.

7. BIBLIOGRAFIA

Alberta (Agricultural, Food and Rural Development). 2000. La materia orgánica. Canadá. Consultado 19 jun. 2001. Disponible www.agric.gov.ab.ca

Arshad, M; Lowery, B; Grossman, B. 1996. Physical test for monitoring soil quality. *In* Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 123-141. (Special Publication no. 49).

Barahona, R. 2000. Caracterización detallada de los suelos de San Nicolás y prácticas recomendadas para su uso sostenible, El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. EAP. Zamorano, Honduras. 55 p.

Brady, N; Weil, R. 1999. The nature and properties of soils. 12 ed. New Jersey, US. Prentice Hall. 881 p.

CANR (Collegue Agriculture & Natural Resources). 2000. Soil Organic Matter. USA. Consultado 21 jun.2001 Disponible en www.agud.el.edu

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. Problemas de producción de frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climatológicas de *Phaseolus vulgaris*. Eds. H Schwartz; G Gálvez. Cali, Colombia. 424 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2000. Huracán Mitch en Honduras. *In* Enviromental Systems Research Institute. CD Rom ID # 651920100019. Cali, Colombia. 1 disco compacto, 8mm.

Cihacek, L; Anderson, W; Barak, P. 1996. Linkages between soil quality and plant, animal, and human health. *In* Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 9-23. (Special Publication no. 49).

CIMMYT (Centro Internacional para Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La información de recomendaciones a partir de datos agronómicos, diseño metodológico de evaluación económica. México, CIMMYT. 79 p.

Cole, M. 1993. Soil quality as a component of enviromental quality. Ed. R Corthen. University of Illinois. Illinois, USA. 22 p.

Cruz, A. 2000. Situación actual de la producción de frijol en Honduras. Propuesta estratégica como alternativa para incrementar la producción nacional. SAG. Tegucigalpa, Honduras. 8 p.

- Domínguez, A. 1990. El abonado de los cultivos. Mundi-Prensa. España. 184 p.
- Domínguez, A. 1997. Tratado de Fertilización. 3 ed. Mundi-Prensa. España. 613 p.
- Doran, J; Parkin, T. 1994. Defining and assesing soil quality. *In* Defining soil quality for a sustainable enviroment. SSSA. USA. p. 3 –21. (Special Publication no. 35).
- Doran, J; Parkin, T. 1996. Quatitative indicators of soil quality: A minimum data set. *In* Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 25-37. (Special Publication no. 49)
- Ekostar. 2000. Bokashi. *In* Nuestro respeto a la naturaleza. Guayaquil, Ecuador. Consultado 2 jun. 2001. Disponible en www.eko-star.com/html/es/natu/bokashi
- FAO (Food and Agricultural Organization of United States). s.f. Guías para la descripción de perfiles de suelos. 60 p.
- Graham, P; Deborah A. 2001. Soil fertility. USA. Consultado 21 jun. 2001. Disponible en www.soils.agi.umn.edu
- Hans, J. 1980. The soil resource. Springer-Verlag. p. 377 (Serie no. 37).
- Hernández, G. 1973. Los probemas de producción y potenciales del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el trópico bajo. *In* El potencial del frijol y otras leguminosas de grano comestible en América Latina. CIAT. Cali, Colombia. 270 p.
- Islam, K; Weil, R. 1998. A rapid microwave digestion method for colorimetric measurement of soil organic carbon. University of Maryland. USA. 11 p.
- Larson, W; Pierce, F. 1996. Conservation and enhancement of soil quality. *In* The soil quality concept. USDA. USA. p. 11-38
- Karlen, D; Mausbach, M; Doran, J; Cline, R; Harris, R; Schuman, G. 1996. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *In* The soil quality concept. United States Departament of Agriculture. United States. p. 39-49
- Marshall, T; Holmes, J. 1979. Soil physics. Cambridge University Press. New York, USA. 345 p.
- Mehdi, B; Zan, C; Girouard, P; Samson, R. 1998. Soil organic carbon sequestration under two dedicated perennial bioenergy crops. Canada. Consultado 2 jun. 2001. Disponible en www.reap.ca/Reports/C%20sequestration%20paper.htm

- Pierce, F; Larson, W. 1993. Developing criteria to evaluate sustainable land manage. *In* Soil management workshop; utilization of soil survey information for sustainable land use. USDA. USA. p. 7-14
- Pozo, B. 2000. Efecto del uso de obras de conservación de suelos sobre los rendimientos de sorgo y frijol y características del suelo en Namasigüe y El Ocotal, Honduras. Tesis Ing. Agr. EAP. Zamorano, Honduras. 44 p.
- Primavesi, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. Trad. S Lerenegui. 5 ed. Sao Paulo, Brasil. 499 p.
- Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. *In* Experiencia de agricultores de Brasil y Centro América. CEDECO. 51 p.
- Rosas, JC. 1998. El cultivo del frijol común en América tropical. Zamorano, Honduras, Zamorano Academic Press. 52 p.
- Ruiz Díaz, R. 2000. Cuantificación de indicadores locales de calidad de suelo en la microcuenca de Luquique. Yoro, Honduras. Tesis Ing. Agr. EAP. El Zamorano, Honduras. 64 p.
- Sarrantonio, M. 1991. Methodologies for screening soil-improving legumes. Rodale Institute. USA. 312 p.
- Schoeder, D. 1984. Soils—facts and concepts-. Trad. P Gething. 4 ed. Unterägeri, Switzerland. 140 p.
- Sikora L; Stott, D. 1996. Soil organic carbon and nitrogen analysis. *In* Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 157-167. (Special Publication no.49).
- Smith, J; Doran, J. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. *In* Methods for assessing soil quality. SSSA. USA. p. 169-185. (Special Publication no. 49).
- SQI (Soil Quality Institute). 2000. La cartilla de la biología del suelo. USA. Consultado 19 jun. 2001. Disponible en www.statlab.iastate.edu
- USDA (United States Department of Agriculture). 1998. Soil quality test kit guide. Washington, USA. 82 p.
- Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. CIAT. Cali, Colombia. 87 p.
- Weil, R. 2001. Carbón activo del suelo. (correo electrónico). USA, University of Maryland.

8. ANEXOS

