

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE
AGROQUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL Y LA
POBLACIÓN MICROBIANA DEL SUELO**

Manuel Morales Torres

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Director Dr. Rogelio Lépiz Ildfonso

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Enero de 2007

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
COORDINACIÓN DE POSGRADO



Esta tesis titulada "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS Y ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) Y LA POBLACIÓN MICROBIANA DEL SUELO", fue realizada bajo la supervisión y dirección del consejo tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

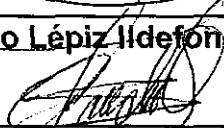
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CONSEJO TUTORIAL

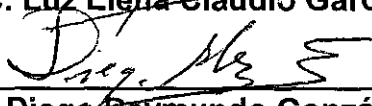
Tutor


Dr. Rogelio Lépiz Idefonso

Asesor


M.C. Luz Elena Claudio García

Asesor


Dr. Diego Raymundo González Eguiarte

Asesor


M.C. Ricardo Nuño Romero

Asesor


Dr. Salvador Mena Munguía

Asesor


M.C. Patricia Zarazúa Villaseñor

CONTENIDO	
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	xi
RESUMEN	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos específicos	
1.3 Hipótesis	
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Cultivo del frijol	3
2.1.1 Origen	3
2.1.2 Descripción botánica de la planta del frijol	3
2.1.3 Importancia del cultivo	4
2.1.3.1 Mundial	4
2.1.3.2 Nacional	4
2.1.3.3 Regional	4
2.1.3.4 Estado de Jalisco	4
2.1.4 Etapas, características y requerimiento ambientales del cultivo del frijol	5
2.1.4.1 Ciclo vegetativo	5
2.1.4.2 Distribución geográfica y adaptación	5
2.1.4.3 Requerimientos climáticos	6
2.1.4.4 Suelos	6
2.1.4.5 Fertilizantes	6
2.1.4.6 Herbicidas	
2.1.4.7 Variedades	7
2.1.4.8 Componentes de rendimiento	7
2.2 Abonos orgánicos	7
2.2.1 Importancia de los abonos orgánicos	7
2.2.1.1 Principales fuentes de abonos orgánicos	8
2.2.1.2 Aplicación de abonos orgánicos	9
2.2.1.3 Los abonos orgánicos y su beneficio en las características	

físicas y químicas del suelo	9
2.2.1.4 Los abonos orgánicos y los microorganismos del suelo	10
2.2.1.5 Los abonos orgánicos y los patógenos del suelo	10
2.2.1.- La composta	11
2.2.1.1 Antecedentes históricos	11
2.2.1.2 Proceso del compostaje	11
2.2.1.3 Efecto de la aplicación de compostas sobre las características físicas y químicas del suelo	12
2.2.2 Vermíabono	13
2.2.2.1 Efectos de la aplicación de vermíabono sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo	14
2.2.3 Fermentado aeróbico	15
2.2.3.1 Ventajas	15
2.2.3.2 Efectos de los fermentados aeróbicos	15
2.3 Población Microbiana	15
2.3.1 Bacterias	16
2.3.1.1 Morfología	16
2.3.1.2 Reproducción	17
2.3.1.3 Ecología	17
2.3.2 Hongos	17
2.3.2.1 Morfología	18
2.3.2.2 Reproducción	18
2.3.2.3 Ecología de los hongos en el suelo	18
2.3.2.4 Actividad y función	19
2.3.3 Actinomicetos	19
2.3.3.1 Morfología	19
2.3.3.2 Ecología	20
2.3.3.3 Actividad y función	20
2.3.4 Micorrizas	21
2.3.4.1 Colonización y desarrollo	21
2.3.4.2 Efecto de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas	22
2.4 Fertilizantes químicos	22
2.4.1 El nitrógeno en el suelo	22
2.4.1.1 Compuestos nitrogenados orgánicos	23
2.4.1.2 Compuestos nitrogenados inorgánicos	23
2.4.1.3 Transformaciones del nitrógeno en los suelos	23
2.4.1.4 Mineralización de los compuestos nitrogenados	24
2.4.1.4.1 Aminización	24
2.4.1.4.2 Amonificación	24
2.4.1.4.3 Nitrificación	24

2.4.2 Fertilizantes fosfatados en el suelo	25
2.4.2.1 Formas de Fósforo en el suelo	26
2.4.2.2 Soluciones de Fósforo en el suelo	26
2.5 Insecticidas	26
2.5.1. Efectos y clasificación de los insecticidas	26
2.5.1.1 Insecticidas utilizados en el ensayo	27
2.5.1.1.1 Furadán 350 L	27
2.5.1.1.2. Sevin 80%	27
2.6 Herbicidas	27
2.6.1 Características generales	27
2.6.2 Ventajas y peligros en el uso de los herbicidas	28
2.6.3 Herbicidas utilizados en el ensayo	28
2.6.3.1 Lazo	29
2.6.3.2 Afalón	29
2.6.3.3. Flex	29
2.6.3.4 Fusilade	29
2.7 El suelo	29
2.7.1 Calidad del suelo	30
2.7.2 Indicadores de la calidad del suelo	30
2.7.3 Materia orgánica (%)	30
2.7.4 Potencial de hidrógeno (pH)	30
2.7.5 Conductividad eléctrica (mmhos / cm. ²)	31
 3. MATERIALES Y MÉTODOS	 32
3.1 Características del sitio experimental	32
3.1.1 Ubicación geográfica	32
3.1.2 Clima	32
3.1.3 Suelos	32
3.2 Materiales utilizados	33
3.2.1 En campo	33
3.2.2 En laboratorio	34
3.3 Métodos	34
3.3.1 Diseño de tratamientos y experimental	34
3.3.2 Manejo agronómico del ensayo	35
3.3.3 Registro de las variables en la planta de frijol	35
3.3.3.1 Variables edafológicas	37
3.3.3.1.1 Toma de muestras del suelo para las variables edafológicas	37
3.3.3.1.2 Trabajos de laboratorio	37
3.3.3.2 Variables microbiológicas	37
3.3.3.2.1 Preparación de las muestras	38
3.3.3.2.2 Inoculación e incubación	38
3.3.3.2.3 Determinaciones cuantitativas de las poblaciones microbianas	38

3.3.3.2.4 Análisis estadístico de las variables	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 Análisis de varianza	40
4.1.1 Análisis de varianza a las variables de planta	40
4.1.2 Análisis de varianza a las variables de planta-suelo	40
4.1.3 Análisis de varianza a las variables Microbiológicas	41
4.1.4 Correlaciones	62
5. CONCLUSIONES	65
5.1 En relación a los objetivos planteados	65
5.2 En relación a las hipótesis establecidas	65
5.3 Conclusiones adicionales	66
6. BIBLIOGRAFIA	67
7. APÉNDICE	73

A G R A D E C I M I E N T O S .

A mi Alma Mater, la Universidad de Guadalajara, con su institucionalidad fue posible mi superación.

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, que gracias a su infraestructura pude llevar a cabo el presente trabajo.

Al Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso, por su orientación, apoyo, comprensión y confianza en momentos personales necesarios, su amistad recurso invaluable, motivos que fue lo que me permitió la conclusión exitosa del presente trabajo, en mi memoria siempre.

A la Mtra. Luz Elena Claudio García, de por su enseñanza, orientación y amistad .

Al Dr. Diego Raymundo González Eguiarte, por su apoyo y orientación.

Al Mtro. Ricardo Nuño Romero, por haberme motivado en mi superación académica.

A la Mtra. Patricia Zarazúa Villaseñor, mi agradecimiento.

Al Dr. Eduardo López Alcocer, valioso investigador universitario.

Al Mtro. Salvador Hurtado de la Peña, por la oportunidad de contar con su sincera amistad.

Al Mtro. Santiago Sánchez Preciado, por la oportunidad de su confianza y amistad.

A la Sra. Ana María Sánchez Herrera por su amistad y apoyo.

A Dn. Francisco, un amigo verdadero.

Al personal de los laboratorios de: microbiología, suelos y nutrición animal, por su colaboración.

Dedicatoria

*A mis Padres Ana Maria † y Manuel †, a
quienes recuerdo entrañablemente.*

A mi hermana Maria Elena por su cariño.

A mis hijos, mi esfuerzo.

A Rosita, mi compañera, por su cariño.

*A Toño, por su impulso, mi reconocimiento
sincero.*

A Gabino, por brindarme su amistad

A mis maestros, por sus enseñanzas.

A mis amigos, por su amistad y apoyo.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Etapas de desarrollo de la planta de frijol. Fernández <i>et al.</i> , 1985.	5
Cuadro 2	Composición aproximada de diversos desechos orgánicos. Dallzell <i>et al.</i> 2004.	9
Cuadro 3	Resultados de la aplicación de niveles de composta y fertilizantes químicos al cultivo de maíz en suelos de Zapopan. Jal. Martínez E. 1975.	13
Cuadro 4	Estadísticas climatológicas normalizadas para la estación de Guadalajara. Ruiz <i>et al.</i> 2003.	33
Cuadro 5	Matriz de tratamientos en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	34
Cuadro 6	Resultados de los Análisis de Varianza de seis variables de planta del ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	40
Cuadro 7	Resultados de los Análisis de Varianza de 10 variables de planta y suelo en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	41
Cuadro 8	Resultados de los Análisis de Varianza de 6 variables Microbiológicas en el cálculo de la estimación de la población microbiana (E.P.M.) de bacterias, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	42
Cuadro 9	Resultados promedio en la variable altura de planta en fase de prefloración (R5) en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	43
Cuadro 10	Resultados promedio en la variable ramas en 10 plantas en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	44
Cuadro 11	Resultados promedio en la variable vainas en 10 plantas en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	45
Cuadro 12	Resultados promedio en la variable rendimiento de grano (g/Pu), el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	46

Cuadro 13	Resultados promedio en la variable biomasa seca en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	47
Cuadro 14	Resultados promedio en la variable biomasa seca en fase de madurez (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	48
Cuadro 15	Resultados promedio en la variable materia orgánica, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	49
Cuadro 16	Resultados promedio en la variable conductividad eléctrica, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos. CUCBA, 2005.	50
Cuadro 17	Resultados promedio en la potencial Hidrogeno (pH), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	51
Cuadro 18	Resultados promedio en la variable calculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de bacterias, en muestras de suelo extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	52
Cuadro 19	Resultados promedio en la variable calculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de bacterias, en muestras de suelo extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	53
Cuadro 20	Resultados promedio en la variable calculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de hongos, en muestras de suelo extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	56
Cuadro 21	Resultados promedio en la variable calculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de hongos, en muestras de suelo extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	57
Cuadro 22	Resultados promedio en la variable calculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de actinomicetos, en muestras de suelo extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	59

Cuadro 23 Resultados promedio en la variable cálculo de la estimación en la población microbiana (E.P.M.) de actinomicetos, en muestras de suelo extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol, CUCBA. 2005.

60

ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadro 1.	Comportamiento promedio de los microorganismos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.	54
Cuadro 2.	Comportamiento promedio de las bacterias en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.	55
Cuadro 3.	Comportamiento promedio de los hongos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.	58
Cuadro 4.	Comportamiento promedio de los actinomicetos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.	61
Cuadro 5.	Contenido de humedad disponible en el suelo en algunos tratamientos durante las etapas de prefloración (R5) a madurez (9R) de cosecha en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos. CUCBA, 2005.	62

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro 1.A. Resultados del análisis de varianza de la variable altura de planta en fase de prefloración (R5), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	73
Cuadro 2.A. Resultados del análisis de varianza de la variable ramas en diez plantas en fase de madurez (9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	73
Cuadro 3.A. Resultados del análisis de varianza de la variable ramas en diez plantas en fase de madurez (9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	73
Cuadro 4.A. Resultados del análisis de varianza de la variable granos en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	74
Cuadro 5.A. Resultados del análisis de varianza de la variable peso de 100 granos, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	74
Cuadro 6.A. Resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento de grano (g/Pu), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	74
Cuadro 7.A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa húmeda en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	75
Cuadro 8.A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa seca en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	75
Cuadro 9.A. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud total de planta en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	75
Cuadro 10.A. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de follaje en fase de llenado de vaina (R8),	

	en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	76
Cuadro 11.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de raíz en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	76
Cuadro 12.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa húmeda en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	76
Cuadro 13.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa seca en fase de madurez (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	77
Cuadro 14.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable materia orgánica en el suelo (%), en 2 Repeticiones, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	77
Cuadro 15.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable conductividad eléctrica (mmho/cm²), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	77
Cuadro 16.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable potencial hidrogeno (pH), en 2 repeticiones, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	78
Cuadro 17.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana de bacterias x 10⁻¹⁶, en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	78
Cuadro 18.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana de bacterias x 10⁻¹⁶, en fase de postcosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	78
Cuadro 19.A.	Resultados del análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana de hongos x 10⁻¹², en fase de floración (R5), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.	79

RESUMEN

En el Municipio de Zapopan y en terrenos del Campo Experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, en el ciclo agrícola de Primavera Verano 2005, se realizó un experimento para determinar los efectos de la aplicación de agroquímicos y abonos orgánicos al suelo, sobre el desarrollo y producción del frijol y su influencia sobre la población microbiana del suelo. El ensayo incluyó dos niveles de aplicación de insecticida, herbicidas preemergentes, herbicidas postemergentes, fertilizantes químicos, vermíabono, fermentado aeróbico, composta y micorriza. En todos los casos, los niveles de aplicación fueron 0 (sin) y 1(con); en total fueron 13 tratamientos, incluyendo el testigo absoluto, mismos que se ubicaron en campo en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. Durante el desarrollo y cosecha del cultivo, se evaluaron 15 variables de planta, 3 variables de suelo y 6 variables microbiológicas. Se realizaron análisis de varianza, prueba de medias y análisis de correlación. En las variables altura de planta en fase de prefloración (V4), ramas en 10 plantas en fase de Madurez (R9) y rendimiento de grano, se encontraron diferencias significativas, no así en vainas en 10 plantas en fase de Madurez (R9), biomasa seca en fase de floración (R6) y biomasa seca en fase de llenado de vaina (R8). En las variables de suelo, el efecto de los tratamientos fue significativo para conductividad eléctrica, no así para materia orgánica, ni potencial de Hidrógeno. Por lo que respecta a la población microbiana del suelo, los análisis de varianza detectaron diferencias en los dos muestreos de bacterias (floración y poscosecha) y en actinomicetos en muestreo de poscosecha; no se encontraron diferencias para número más probable de hongos. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de insecticida al suelo, el uso de herbicidas y la aplicación de composta, afectaron positivamente a las variables ramas R9 y rendimiento de grano. La aplicación de composta, mostró una tendencia de incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo; la conductividad eléctrica se incrementó en el tratamiento con fertilización química y el pH no mostró cambios con ninguno de los tratamientos aplicados al suelo. Por su parte, la población de bacterias del suelo resultó afectada por la aplicación de agroquímicos y mostró un claro descenso de siembra a poscosecha; los hongos no fueron afectados por los tratamientos, aunque mostraron un ligero incremento general en la etapa de floración del cultivo. La población de actinomicetos mostró diferencias significativas en el muestreo de poscosecha; la mayor población se asoció con la aplicación de agroquímicos, productos que afectaron negativamente en esta etapa a la población de bacterias. El análisis de correlación múltiple entre 15 variables consideradas relevantes, encontró 18 correlaciones con valores significativos. Con rendimiento de grano, la variable de planta agrónomicamente más importante, mostraron valores de correlación positivos las variables altura de planta, biomasa R6, biomasa R8, ramas R9 y vainas R9; entre éstas, las correlaciones de biomasa R8 y vainas R9, fueron significativas. Las variables de suelo, materia orgánica y pH, mostraron valores positivos no significativos con rendimiento, en tanto que la variable conductividad eléctrica, se correlacionó de forma negativa y significativa. Por su parte, la población microbiana de bacterias, hongos y actinomicetos, mostró ausencia de correlación con el rendimiento de grano. No se obtuvieron evidencias suficientes para aceptar la hipótesis general que establece que las aplicaciones de insecticidas, herbicidas, fertilizantes químicos y abonos orgánicos, influyen en el desarrollo y producción del frijol, y en la población microbiana del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El diálogo que iniciaron el hombre y la naturaleza hace aproximadamente 10,000 años, tuvo profundas repercusiones. Así, el hombre, al transformarse en agricultor, adquirió fuerza intelectual; se convirtió en un ser libre e independiente, al poder bastarse así mismo, con capacidad para decidir cómo y cuándo debía producir sus alimentos; con ésto, comenzó el periodo de aprendizaje con miras al perfeccionamiento de su actividad agrícola, que se ha prolongado a través de los milenios. Durante este trayecto, los agricultores como los más importantes productores de alimentos para una población siempre en aumento, se percataron que en ocasiones es imprescindible el rectificar el rumbo, realizar cambios mayores o menores de acuerdo con la época. El mejor ejemplo de estos cambios, se observa en la era de la tecnificación agrícola, en particular, al término de la Segunda Guerra Mundial, que en su clímax y ante la necesidad de alimentos, se caracterizó por la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, sin prever consecuencias al ambiente (Albert, 1997).

Hacia fines del pasado milenio, el humano se da cuenta que al alterar su entorno, agota su medio de subsistencia y que requiere modificar sus actividades para sobrevivir. Por lo anterior, los académicos franceses Lebel y Perroux (1972), proponen el concepto "desarrollo sustentable" mediante el cual, invitan al acopio y a la utilización del cúmulo de conocimientos disponibles, antiguos y recientes, con el fin de alcanzar o al menos aproximarse al paradigma de la sustentabilidad y por ende, a la sostenibilidad agrícola, que pretende una producción de alimentos por tiempo indefinido, para una población creciente. El cómo avanzar hacia esa meta, ha sido el tema estudiado, analizado y discutido en diversos foros (Estocolmo, 1972; Montecillos, 1991; Río de Janeiro, 1992; Guadalajara, 1992 y Puebla, 1993). Estos foros han logrado convocar a un público ávido, con una alta representatividad del interés de autoridades, investigadores, técnicos y productores en las nuevas corrientes de pensamiento, los que empiezan a tomar forma y señalar rumbos, que en este caso se refieren a un manejo más integral de los problemas agronómicos de los cultivos, considerando que la FAO estima que la producción agrícola mundial, se reduce hasta en un 40% por problemas relacionados con el empobrecimiento del suelo y por el daño de plagas, enfermedades y maleza (Bifanni, 1996).

El otro problema se refiere a los efectos de los pesticidas en la cadena alimenticia, en donde hay una bioconcentración de productos activos en los organismos, hasta alcanzar concentraciones letales en muchos casos. En el aire estos residuos se pueden encontrar en forma de vapor, aerosol o partículas sólidas, teniendo transformaciones químicas y fotoquímicas, por efecto de agentes oxidantes y catalíticos. En el agua, actúan sobre los ecosistemas acuáticos en sedimentos, biotas, etc. En el suelo tienen importancia por su interacción con la materia orgánica, bacterias, hongos, actinomicetos y gusanos que se destruyen e impiden procesos de biofertilidad (Gregory y Gummer, 1998).

La agricultura en México y particularmente en el municipio de Zapopan, a partir de los años 60 sufrió un cambio drástico al desecharse las técnicas ancestrales de sembrar el cultivo asociado maíz-frijol con aplicaciones anuales de estiércol, adoptando el monocultivo de maíz el cual en los tiempos actuales, depende de la utilización de altas densidades de semillas, de la aplicación de dosis irracionales de fertilizantes, uso intensivo de herbicidas e insecticidas, para mantener niveles

satisfactorios en la producción de grano. Este cambio tecnológico ha afectado negativamente la fertilidad nativa del suelo, el contenido de materia orgánica, las poblaciones de maleza y la actividad microbiana en los suelos, reduciendo de manera significativa la fertilidad de los suelos.

Considerando la problemática señalada y especialmente la relacionada con la degradación de los suelos en la región de Zapopan, se planteó la realización de la presente investigación, con los objetivos e hipótesis que se presentan a continuación.

1.1. Objetivo general

Determinar los efectos de los agroquímicos y abonos orgánicos aplicados al suelo, sobre la población microbiana del mismo y sobre el desarrollo y producción del frijol.

1.2. Objetivos específicos

1. Determinar los efectos de los insecticidas, herbicidas, fertilizantes y abonos orgánicos aplicados al suelo, sobre las poblaciones microbianas del mismo.

2. Determinar los efectos de los insecticidas, herbicidas, fertilizantes y abonos orgánicos aplicados al suelo, sobre el desarrollo y producción de frijol.

3. Evaluar los efectos de la aplicación de agroquímicos y abonos orgánicos, sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

1.3. Hipótesis

1. La aplicación de insecticidas, herbicidas, fertilizantes y abonos orgánicos, influyen en la población microbiana del suelo.

2. La adición de insecticidas, herbicidas, fertilizantes y abonos orgánicos aplicados al suelo, afectan de alguna manera el desarrollo y producción de frijol.

3. La aplicación de agroquímicos y abonos orgánicos, influyen en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo del frijol

2.1.1. Origen

La literatura señala que con base en las observaciones de restos arqueológicos encontrados por investigadores en localidades distintas de nuestro continente, por los datos botánicos sobre características morfológicas, distribución geográfica y las relaciones genéticas entre las formas cultivadas y silvestres, los centros primarios de diversidad genética y la información histórica sobre su cultivo, las formas de consumo y los nombres locales, en los tiempos actuales se acepta sin lugar a dudas, que el frijol es de origen americano (Aranda, 2006).

Se reconocen dos centros primarios de diversidad (Mesoamérica y la Zona Andina) con dos acervos genéticos respectivos (Mesoamericano y Andino) y con varios sitios probables de domesticación: Jalisco y Guatemala en Mesoamérica, Ecuador y Perú en la zona Andina. Los acervos genéticos, tienen características genéticas propias, debidas a su relativo aislamiento geográfico y reproductivo, características que además de observarse en las formas silvestres, se mantiene en las formas domesticadas cultivadas (Gepts and Debouck, 1991).

2.1.2. Descripción botánica de la planta del frijol

De acuerdo con Debouck e Hidalgo (1985), el frijol común *Phaseolus vulgaris* L. pertenece a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoidae*, tribu *Faseolae*, subtribu *Faseolinae*, género *Phaseolus* y especie *Phaseolus vulgaris* Linneo. La planta es anual, con raíz fibrosa y tallos herbáceos de crecimiento determinado o indeterminado. Los dos primeros pares de hojas son simples y opuestas y a partir del tercer nudo, son alternas, compuestas trifoliadas. En las axilas formadas por el tallo y las hojas, se encuentra un conjunto de tres yemas, conocido como triada; estas yemas pueden ser completamente vegetativas, completamente reproductivas o una combinación de ambas. La inflorescencia es un racimo con flores pediceladas; la flor consta de cinco sépalos, cinco pétalos, 10 estambres y un pistilo; el cáliz es gamosépalo y los pétalos difieren morfológicamente y en conjunto forman la corola. El pétalo más grande está situado en la parte superior de la corola, se llama estandarte y los dos pétalos laterales reciben el nombre de alas. En la parte central e inferior, se encuentran los dos pétalos restantes unidos por los bordes laterales, que forman la quilla y encierran en su interior a los estambres y pistilo. Esta estructura floral, favorece la autopolinización del frijol. Los estambres son diadelfos y constan de filamento y antera; nueve filamentos están soldados y el décimo es libre. El pistilo, ubicado en el centro de la flor, consta de ovario, estilo y estigma. El fruto es una vaina con dos valvas y dos suturas. Las semillas nacen alternadamente sobre la sutura placental o dorsal, unidas por medio del funículo, el cual deja una cicatriz en la semilla llamada hilio; a un lado del hilio se encuentra el micrópilo y al otro lado el rafe. La semilla carece de endospermo y consta de testa y embrión. El embrión proviene del cigote y consta de eje primario y divergencias laterales; el eje primario se compone de un tallo joven, el hipocotilo y la radícula. Las divergencias laterales son las hojas, las más conspicuas son los cotiledones, que forman la parte voluminosa de la semilla y en

ellos se almacenan las proteínas y los carbohidratos. El segundo par de hojas del embrión, surge en el segundo nudo del tallo.

2.1.3. Importancia del cultivo

2.1.3.1. Mundial

Entre las leguminosas de grano comestible, el frijol común es el cultivo más importante a nivel mundial, tanto por la superficie cultivada de más de 14 millones de hectáreas, como por la producción de grano obtenida de 11.6 millones de toneladas. Se cultiva en los cinco continentes y ocupa más del 95% de la producción. Las cinco especies cultivadas del género *Phaseolus* son *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. acutifolius* y *P. polyanthus*). De acuerdo a la FAO, América siembra el 59% del área total con 8.398 millones de hectáreas y produce el 58% del total mundial con 6.687 millones de toneladas. En América, destacan por su importancia las regiones de Sudamérica y México-Centroamérica, con superficies cosechadas de 5,160 y 2,296 millones de hectáreas respectivamente, donde México y Brasil son los mayores productores. Es importante destacar la poca superficie dedicada al frijol en Canadá y Estados Unidos (0.784 millones de hectáreas) y su alta contribución en la producción mundial (1,473 millones de toneladas), por sus altos rendimientos unitarios de 1.800 t/ha (Aranda, 2006).

2.1.3.2. Nacional

En México se siembran con frijol anualmente 2.25 millones de hectáreas, se producen 1.2 millones de toneladas y se importan 80 mil toneladas anuales para cubrir las necesidades internas de este grano básico. De la producción total, se destinan al consumo humano 1.12 millones de toneladas, dando como resultado un consumo anual de 11 kilogramos por persona por año (CEA, 2001; Lépiz *et al.*, 2000).

2.1.3.3. Regional

En la región occidente de México comprendida por los estados de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit, en 1988 se cosecharon 128,141 hectáreas de frijol, con una producción de 126,389 toneladas y un rendimiento unitario de 986 k/ha. No obstante que el Occidente de México, aporta actualmente el 8.5% de la producción nacional, en años pasados la aportación fue significativamente mayor; en estados como Jalisco, en 1966 se cosecharon 480,000 ha de frijol (21% del total nacional), con una producción de 147,104 toneladas (15% del total nacional). En Michoacán ha sucedido una situación similar (Lépiz *et al.*, 2000).

2.1.3.4. Estado de Jalisco

Los cambios significativos ocurridos en la superficie cultivada de frijol en Jalisco, de 480,000 hectáreas en 1966 a 32,000 en 1999 (SAGARPA, 2004), han obedecido a factores tecnológicos y socioeconómicos. En maíz, cultivo con que se asociaba el frijol en 91%, actualmente se utilizan altas densidades de población, herbicidas no selectivos para el frijol y se emplea maquinaria en las labores agrícolas, incluyendo la cosecha; estos componentes tecnológicos, han eliminado al frijol del sistema. Por otro lado, el sistema asociado maíz-frijol y no obstante ser más eficiente

en el uso del recurso suelo y de mayor estabilidad en la producción, requiere de mayor número de jornales; esta situación ha afectado también al patrón de cultivos maíz-frijol en Jalisco y Michoacán, pues en los tiempos actuales, no hay mano de obra disponible en el medio rural o está muy cara (Lépiz *et al.*, 2000).

2.1.4. Etapas de desarrollo, características y requerimientos ambientales del cultivo del frijol.

De acuerdo con Fernández *et al.* (1985), se reconocen 10 etapas de desarrollo de la planta de frijol, según se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Fernández *et al.*, 1985).

Etapa	Descripción
V 0	Germinación. Absorción de agua por la semilla, emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
V 1	Emergencia. Aparición de los cotiledones a nivel del suelo e inicio de su separación. Inicio del desarrollo del epicotilo.
V 2	Hojas primarias. Hojas primarias totalmente abiertas.
V 3	Primera hoja trifoliada. Primera hoja trifoliada desarrollada y aparición de la segunda.
V 4	Tercera hoja trifoliada. Tercera hoja trifoliada desarrollada y aparición de ramas en las yemas de los nudos inferiores.
R 5	Prefloración. Aparición del primer botón floral o el primer racimo.
R 6	Fluoración. Apertura de la primera flor en más del 50% de las plantas.
R 7	Formación de vainas. Aparición de la primera vaina con mas de 2.5 cm. de longitud.
R 8	Llenado de vainas. Inicio del llenado de la primera vaina (crecimiento de la semilla). Al final de la fase, las semillas comienzan a mostrar los colores de la variedad. Se inicia la defoliación.
R 9	Madurez fisiológica. Las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

V, fase vegetativa; R, fase reproductiva. Cada etapa comienza cuando el 50% de las plantas muestran la condición que corresponde a la descripción de la etapa.

2.1.4.1. Ciclo vegetativo

Es muy variable, dependiendo del hábito de crecimiento de la variedad, de las condiciones climáticas del sitio y del sistema de producción. Las variedades arbustivas en las condiciones del trópico, alcanzan la madurez de cosecha entre los 85 a 90 días, en tanto las variedades trepadoras en asociación con maíz y en lugares fríos como los de la Zona Andina, pueden tener un ciclo de hasta 300 días (White e Izquierdo, 1989).

2.1.4.2. Distribución geográfica y adaptación

El frijol se cultiva desde los 50° Latitud Norte a 45° Longitud Sur y en altitudes desde el nivel del mar, hasta los 3,400 m en la región Andina. Se siembra prácticamente en todo el mundo, desde los trópicos hasta las regiones templadas y frías. En las regiones templadas y frías como en Europa, el sur de Argentina, norte de EEUU y sur de Canadá, su cultivo es en los meses de verano.

2.1.4.3. Requerimientos climáticos

En relación al fotoperíodo, en general es una especie de días cortos; los días largos tienden a demorar la floración y retardar la madurez; las variedades de tipo arbustivo pertenecientes a las razas Nueva Granada y Mesoamérica, tienden a ser insensibles al fotoperíodo, no así las de hábito trepador que se cultivan asociadas con maíz (razas Perú y Jalisco), que son todo lo contrario. En relación a la precipitación, el frijol se cultiva en regiones con 350 a 400 mm durante la estación de crecimiento, pero prospera mejor en áreas con precipitaciones anuales de 600 a 1,200 mm. En sitios con precipitaciones mayores, puede prosperar en la época del año con menor presencia de lluvias. Prefiere las temperaturas moderadas, con promedios de 18° C. Debido a que es una planta termófila, ésta es sensible a las heladas y las temperaturas mayores a 25° C, que afectan sensiblemente su productividad (White e Izquierdo, 1989).

2.1.4.4. Suelos

Alemán *et al.* (1996), señalan que el frijol se produce en todos los suelos de Jalisco; sin embargo, mencionan que los más apropiados son los suelos ligeros y con buen drenaje, profundos a medianamente profundos, de texturas ligeras como francas, franco-arenosas o limosas. Señalan que deben estar libres de sales y pH en el rango de 5.3 a 7.5, con óptimo de 5.5 a 6.5. Lépiz *et al.* (2007), establecen que para cultivar frijol bajo el sistema mecanizado y bajo una estrategia de altos rendimientos, la selección del terreno para la siembra, es una decisión estratégica. Deberán buscarse terrenos planos a ondulados, profundos a medianamente profundos, con textura de tipo franco, pudiendo ser, franco-limosos ó franco-arcillosos; todos con pendientes moderadas que permitan el uso de maquinaria y un buen drenaje. Deben ser medianamente fértiles.

2.1.4.5. Fertilizantes

De acuerdo con Alemán *et al.* (1996) y Lépiz *et al.* (2007), el frijol de temporal en la región Centro de Jalisco muestra respuesta positiva a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo en cantidades que varían de 40 a 50 kg por hectárea de ambos elementos. Para sitios de baja precipitación y suelos delgados, se recomienda el tratamiento 30-30-0, en tanto que para sitios de buena precipitación y suelos profundos de mediana a baja fertilidad, se debe aplicar el tratamiento 50-50-0 de N y P₂O₅, respectivamente. Todo el fertilizante debe aplicarse en la siembra y cubrirse con una capa de suelo, antes de sembrar.

2.1.4.6. Herbicidas

Debido a la buena disponibilidad de humedad y suelos profundos en la región Centro de Jalisco, las malezas hierbas son abundantes y competitivas con el frijol. Para evitar daños al cultivo, deben evitarse por lo menos durante los primeros 40

días después de la siembra. En siembras mayores de una hectárea, se hace imprescindible el uso de herbicidas; en preemergencia, pueden utilizarse las mezclas a base de Lazo + Afalón o Prowl + Bladex, a razón de 1.5 + 0.750 litros por hectárea. De post-emergencia, la mezcla Flex + Fusilade 0.5 litros de cada uno por hectárea (Alemán *et al.*, 1996 y Lépiz *et al.*, 2007).

2.1.4.7. Variedades

En las regiones Altos y Centro de Jalisco se han introducido y evaluado variedades y líneas mejoradas; como resultado de estos trabajos se han seleccionado variedades de acuerdo a las condiciones agroclimáticas existentes en cada subregion. Alemán *et al.* (1996) y Lépiz *et al.* (2007), coinciden en recomendar para la subregion húmeda y Centro de Jalisco, las variedades Azufrado Tapatío, Alteño 2000, Bayo INIFAP y Flor de Mayo M-38. Los cultivares mencionados son de hábito de crecimiento indeterminado postrado tipo III, propios para siembras en unicultivo, pues aunque son indeterminados, tienen poca capacidad para trepar. Tiene un buen nivel de resistencia a las principales enfermedades de la región como antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces appendiculatus*), bacteriosis de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*), bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli*), adaptación y un buen rendimiento, con producciones promedios de 2,000 k/ha bajo condiciones de temporal y un buen manejo.

2.1.4.8. Componentes de rendimiento

Los componentes del rendimiento, son características de la planta que se asocian positivamente con la producción de grano. En frijol se mencionan como componentes a la biomasa, número de ramas, número de nudos y número de vainas por planta o por metro cuadrado; también son componentes, granos por vaina y tamaño (peso) de grano (White e Izquierdo, 1989 y Adams, 1973). Aunque se da una compensación entre los componentes del rendimiento, es decir, al aumentar un factor, tiende a disminuir el o los otros; en trabajos de selección, se debe buscar un equilibrio entre ellos. Adams (1993) menciona que el componente más importante, es el de número de vainas por planta o por unidad de área.

2.2. Abonos orgánicos

Conforme lo establecen Herrera *et al.* (2002), se conoce como abono orgánico a toda fuente de materia orgánica capaz de descomponerse e integrarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y microbiológicas. Los abonos orgánicos fueron la base de la fertilización durante muchos siglos, hasta la aparición de los fertilizantes químicos. Entre los desechos más utilizados como abono orgánico a lo largo del tiempo se menciona al estiércol y el guano marino. En México, la aplicación de abonos orgánicos se remonta a la época de los aztecas y mayas, quienes utilizaban el pescado como fuente de fósforo. Una muestra de la importancia de su aplicación son las chinampas; estos sistemas de producción que hoy en día persisten, se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica, que ha sido la base de su fertilidad a lo largo del tiempo.

2.2.1. Importancia de los abonos orgánicos

El valor que han recibido los abonos orgánicos en los últimos años, se debe entre otras cosas, al valor que tienen como mejoradores de suelos, especialmente en aquellos con bajo contenido de materia orgánica, pobres en contenido de nutrientes y bajos en contenido de microorganismos. Esta situación es común en los suelos sometidos a la aplicación continua de fertilizantes químicos, en suelos erosionados y compactados. Se ha olvidado que el suelo es un medio vivo y que requiere de ser alimentado constantemente para que mantenga la capacidad de respuesta a las exigencias y necesidades de los cultivos. Por fortuna, el surgimiento de la agricultura sustentable y las prácticas agrícolas de conservación, retoman con fuerza el uso y aplicación de abonos orgánicos, como estiércoles, compostas, vermiabono, abonos verdes, entre otros (Santos, 2001).

2.2.1.1. Principales fuentes de abonos orgánicos

Dallzell *et al.* (2004) mencionan que existe una gran diversidad de materias primas que son fuentes de abonos orgánicos, mismas que es práctico clasificar con base en su origen, composición y presentación (Cuadro 2). Por su origen, pueden ser: pecuarias (estiércoles, orinas y desechos de rastros); agrícolas (esquilmos o rastrojos, hojas y cáscaras); forestales (aserrines, desechos de podas y aclareos); urbanos (basuras); marinos (plantas acuáticas y algas); agroindustriales (los que se derivan del beneficio del café, caña de azúcar, agave, frutas y verduras). Por su composición se puede considerar el contenido de carbono y nitrógeno, proporción conocida como relación C/N, debido a que de ella dependen los periodos de maduración de una composta. Por su presentación los desechos orgánicos se pueden clasificar en: sólidos (sangre seca, harinas de cascotes y cuernos, harina de pescado, torta de semillas de oleaginosas, tierras cloacales, gallinaza, hierba seca, residuos verdes de cosechas, basura urbana, estiércol de cerdo, etc.). Líquidos (orina animal, lixiviados vegetales y fermentados aéreo y anaeróbicos).

Cuadro 2. Composición aproximada de diversos desechos orgánicos. Dallzell *et al.*, 2004.

MATERIALES	% de Nitrógeno/peso seco	Relación C/N
Aserrín fresco	0.1	500
Basura urbana	2-3	10-16
Estiércol de cerdo	1.9	ND
Estiércol de vacuno	1.0-1.8	ND
Fangos activados	5-6	6
Gallinaza	4	ND
Harina de cascots y cuernos	12	ND
Harina de hueso	2-4	8
Harina de pescado	4-10	4-5
Hierba fresca	2-4	12
Hojas recién caídas	0.4-1.0	40-80
Lirio acuático	2.2-2.5	20
Orín animal	15-18	0.8
Paja de trigo	0.6	80
Pulpa de café	1.0-2.3	8
Restos de remolacha	0.3	150
Residuos verdes de cosechas	3-5	10-15
Sangre seca	10-14	3
Tierras de alcantarilla	5.5-6.5	6-10
Torta de semillas de oleaginosas	3-9	3-15

ND = No determinado

2.2.1.2. Aplicación de abonos orgánicos

La aplicación de abonos orgánicos es una práctica muy antigua y se utiliza para mejorar y mantener el contenido de materia orgánica en el suelo e incrementar la disponibilidad de nutrientes perdidos en cada ciclo de cultivo. Entre los abonos más utilizados están los estiércoles, las compostas, vermiabonos, abonos verdes, residuos de cosechas y residuos de la agroindustria.

El poco contenido de materia orgánica acelera la erosión del suelo, reduce la actividad biológica, la cantidad de los microorganismos y la disponibilidad de elementos nutricionales en el suelo. Al lado de la aplicación de abonos orgánicos se debe considerar el agua y el aire como elementos básicos; juntos favorecen la degradación, mineralización y formación de humus (Dallzell *et al.*, 2004).

2.2.1.3. Los abonos orgánicos y su beneficio en las características físicas y químicas del suelo

Los resultados obtenidos a lo largo del tiempo muestran que la aplicación continua de abonos orgánicos, mejora la estructura del suelo, la aireación, la porosidad, formación y estabilidad de agregados, la infiltración y retención de la humedad, entre otros, favoreciendo directamente el desarrollo y el rendimiento de los cultivos (Fuentes, 1998). Según observaciones realizadas por Labrador y Guiberteau (1995), una constante aplicación de abonos orgánicos incrementa el contenido de materia orgánica, lo que equivale a un buen reservorio de nutrientes principalmente

nitrógeno y fósforo. El nitrógeno representa más del 95% del nitrógeno total y su balance se equilibra a lo largo del tiempo, dependiendo de los aportes y pérdidas de materiales orgánicos. En lo que respecta al fósforo, se estima que de un 20 a 60% está presente de forma orgánica. Ambos elementos presentan ciclos de inmovilización y mineralización, sin embargo, en aquellos suelos biológicamente activos, la mineralización aventaja la inmovilización. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) depende directamente de la naturaleza de su complejo absorbente, preferentemente de sustancias húmicas y arcillas absorbentes. Las sustancias húmicas y sus numerosos grupos funcionales carboxilos e hidróxilos, tienen una alta capacidad de cambio, lo que incrementa la potencialidad para la absorción e intercambio iónico del suelo. Una constante aplicación de abonos orgánicos, beneficia el complejo sustancia húmica-arcilla.

2.2.1.4. Los Abonos orgánicos y los microorganismos del suelo

El suelo como un medio que sustenta seres vivos, favorece la proliferación de macro y microorganismos. Los macroorganismos están compuestos por: anélidos, moluscos, artrópodos, arácnidos, miriápodos, insectos, reptiles y mamíferos (Claudio, 2004). Un suelo con altas densidad de lombrices contiene mayor contenido de nutrientes, retiene mayor humedad, resiste más a la erosión y tiene una mayor permeabilidad. En general, las lombrices participan en la desintegración de la materia orgánica (Reines, 1998).

Kolmans (1995), establece que los grupos de microorganismos que pueden estar presentes en el suelo, están compuestos por bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoarios; sin embargo los más importantes en los ciclos biogeoquímicos asociados con la fertilidad del suelo, son los integrados por las bacterias, hongos y actinomicetos. Los hongos requieren de oxígeno para trabajar, por ello se encuentran y viven en suelos bien aireados, presentan un sistema enzimático muy activo, característica que les permite degradar compuestos orgánicos muy resistentes como la lignina, principal fuente de humus; es importante mencionar que la aplicación de fungicidas al suelo reduce la capacidad de ataque de los hongos a los desechos. Las bacterias integran el grupo más numeroso, variado y activo; su proliferación va a depender de las condiciones del medio y de la cantidad de alimento presente, tienen participación en una gran cantidad de reacciones bioquímicas, favoreciendo la transformación de sustancias para una mejor asimilación por las plantas. Los actinomicetos también participan en una gran cantidad de reacciones bioquímicas, por lo que degradan muchos compuestos orgánicos, segregan antibióticos que benefician la presencia de hongos y la formación de humus. La aplicación de abonos orgánicos incrementa la cantidad y diversidad de microorganismos, debido a que ellos proporcionan: carbono para la formación de estructuras orgánicas y nitrógeno para la síntesis de proteínas, además de otros elementos. Así mismo, la utilización de abonos orgánicos, se traduce en un aumento considerable de la fauna del suelo, sobre todo lombrices de tierra que actúan favorablemente sobre la estructura y aireación del mismo.

2.2.1.5. Los abonos orgánicos y los patógenos del suelo

La aplicación de abonos orgánicos que se traduce en un incremento en el contenido de microorganismos, reduce la presencia de enfermedades en los cultivos.

Algunos microorganismos inhiben o anulan el desarrollo y efecto dañino de microorganismos patógenos. A esta característica se le conoce como "supresividad de suelos". Se estima que los microorganismos presentan efecto "supresivo" gracias a que reducen el número de patógenos y amortiguan sus efectos, por la competencia que se establece al incrementarse la carga microbiana (Santos, 2001).

2.2.1. La Composta

De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. La transformación de los residuos orgánicos imitando y acelerando el proceso de fermentación que ocurre naturalmente en un suelo de un bosque, recibe el nombre de compostaje. El abono resultante llamado composta, proporciona al suelo los mismos efectos beneficiosos que el humus procedente de un suelo natural.

2.2.1.1. Antecedentes históricos

La palabra "compost" viene del latín *componere*, que significa componer, acomodar, arreglar, juntar; por lo tanto, es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de humidificación, proceso que genera un producto final de color marrón oscuro. El abono resultante contiene materia orgánica y microorganismos, así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro, necesarios para la vida de las plantas (Huang y Wang, 1993).

Fue en 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método Hindú Indore. En la ciudad holandesa de Hanmer se instaló en 1932 la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas. A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas; el número aumentó considerablemente y a principios de los 70 se llegó a 230 plantas, destacando Francia y España. Sin embargo, a partir de mediados de los setentas, el movimiento se estancó y se cerraron numerosas plantas. Una de las causas de este estancamiento fue la deficiente calidad del compost producido (no se hacía separación previa en el origen de la materia orgánica, de los residuos sólidos urbanos) y el poco interés de los agricultores en usarlo.

Santos (2001), menciona que los avances científicos que reporta la literatura especializada, se han realizado al nivel de países de la zona templada (Estados Unidos, España, Alemania, Israel, Canadá y Francia). El conocimiento de las reacciones bioquímicas y la fisiología de los microorganismos que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración, permitiría un control de calidad de la composta, dando una base científica no sólo a la práctica del compostaje, sino también al uso de los abonos orgánicos en general.

2.2.1.2. Proceso del compostaje

Según Chen e Inbar (1993), el compostaje es un proceso de descomposición aeróbica que requiere condiciones controladas, particularmente de humedad, temperatura y aireación, donde participan bacterias, hongos y actinomicetos. Aunque el proceso de descomposición aeróbica de los diversos substratos orgánicos sigue la misma tendencia de una función exponencial negativa a

través del tiempo, la velocidad de degradación y la proporción de subproductos de partición y síntesis, varían en función de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, aireación), de la diversidad de las poblaciones microbianas y de la calidad química de los sustratos. A su vez, las poblaciones y actividad microbiana varían en función de los cambios de temperatura, que en el proceso pueden oscilar desde 30 a 40°C (fase mesófila), hasta 70 a 75°C (fase termófila). Los restos vegetales tienen los mismos grupos de sustancias (ceras, grasas, resinas, carbohidratos simples y compuestos, proteínas, ligninas, entre otros), sin embargo, la proporción de éstas en los diferentes materiales es diversa, lo que va a influir en la velocidad de descomposición de los materiales orgánicos cuando ingresan al suelo o cuando son utilizados como materias primas (sustratos) para la fabricación de abonos orgánicos mediante procesos de compostaje. La variación en las proporciones de estos compuestos, es un factor de gran peso en la velocidad de descomposición de los residuos orgánicos; así, sustancias de alto peso molecular y de estructura aromática como polifenoles, resinas y ceras, son muy resistentes al embate de los microorganismos del suelo, a diferencia de otras sustancias de fácil descomposición como los azúcares y compuestos proteicos. Jenkinson (1992), sostiene que la hojarasca de especies arbóreas con elevada relación C/N, rica en lignina y polifenoles, se descompone con relativa lentitud, comparada con la hojarasca de plantas herbáceas ricas en nitrógeno y carbohidratos solubles pero pobres en polifenoles, como sucede con los residuos de leguminosas.

2.2.1.3. Efecto de la aplicación de compostas sobre las características físicas y químicas del suelo

Los beneficios en la fertilidad del suelo logrados por las adiciones de compostas maduras, están documentadas en los trabajos desarrollados por Dick y McCoy (1993), Chen e Inbar (1993), Huang y Wang (1993) y Paino (1996) entre otros. Para lograr un cambio en las propiedades físico-químicas de los suelos, en general se requiere de la aplicación de altas dosis de composta; razón por la cual se incrementa el contenido de materia orgánica y nutrimentos para las plantas (Dick y McCoy, 1993; Martínez, 1975). Además, la materia orgánica migra hacia los horizontes del suelo, más abajo de donde fue incorporado el abono orgánico, contribuyendo a mejorar algunas propiedades de fertilidad de las capas más profundas (Keeling, 1994). En un trabajo realizado en suelos de Zapopan, Jalisco, por Martínez (1975), la aplicación de 10 a 20 toneladas de composta, produjo incrementos significativos en el rendimiento del grano de maíz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de la aplicación de niveles de composta y fertilizantes químicos al cultivo de maíz en suelos de Zapopan, Jal. Martínez, E., 1975.

Tratamientos	Rendimiento de grano t/ha
Testigo (sin composta y sin fertilizante)	3.39
10 t de composta/ha	5.07
20 t de composta/ha	3.95
20 t de composta/ha + 120-40-00 kg/ha de fertilizante	4.43
10 t de composta + 120-40-00 kg/ha de fertilizante	4.99
20 t de composta + 80-30-00 kg/ha de fertilizante	5.11
120-40-00 kg/ha de fertilizante	4.94
80-30-00 kg/ha de fertilizante	4.76

Según Epstein (1976) citado por Dick y McCoy (1993), las bases intercambiables también tienden a incrementarse cuando se aplican compostas al suelo. Esto fue ratificado en los trabajos realizados por Paino (1996), en cuyo estudio se evidencia el cambio de la saturación de bases en mezclas de suelos inceptisoles y oxisoles con compostas de diferente edad.

Se ha documentado también que la adición de compostas contribuye a incrementar la disponibilidad de fósforo para las plantas (Manzur, 1983) y reducir la concentración de los residuos de los pesticidas en el suelo, mediante la formación de enlaces de sus moléculas, con las moléculas orgánicas. También la materia orgánica puede enlazar o quelar minerales traza, disminuyendo la extracción por las plantas en período de crecimiento (Dick y McCoy, 1993).

Por otra parte, es probable que la habilidad de mejoramiento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) esté relacionada con el enriquecimiento de la fracción húmica que se logra a medida que se incrementa la madurez de la composta y la estabilización de la materia orgánica. Al respecto, Chen e Inbar (1993) han demostrado que la CIC se incrementa en los primeros 60 días de compostaje y se logra un valor final (a los 150 días) tres veces más alto que el valor en el material fresco; los valores cambiaron de 63 a 181 cmol ha⁻¹ de materia orgánica. Simultáneamente, se presentan incrementos en el contenido de ácido húmico, pasando de 377 a 710 g. ha⁻¹ de materia orgánica. Estos parámetros están correlacionados inversamente con la relación C/N, la cual decrece rápidamente desde 27:1 a 10:1 durante los primeros 60 días y de ahí en adelante, el cambio es muy pequeño, obteniéndose a los 150 días una relación de 9:1. El utilizar materiales con relaciones C/N muy altas, pueden provocar deficiencias de N en los cultivos, provocando así otras deficiencias y susceptibilidades a plagas y enfermedades.

2.2.2 Vermíabono

El vermíabono es el resultado de la ingestión, fragmentación y mineralización de la materia orgánica por las lombrices, entre la cavidad bucal y la molleja. En esta parte la materia orgánica es degradada y enriquecida con una alta carga de hormonas vegetales (giberelinas y auxinas), producidas por los

microorganismos que viven en el intestino y que son expulsados como deyecciones (Reines *et al.*, 2001). El vermíabono contiene sustancias nutritivas para las plantas, las cuales están disponibles para que éstas las puedan tomar rápidamente (Reines, 1998). Es de color oscuro generalmente, aunque puede variar su coloración de acuerdo al origen de la materia que le sirvió de alimento a las lombrices; de granulometría fina, tipo polvo, suelto y ligero, está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y en menor proporción por elementos minerales. Es soluble en agua, lo que permite preparar un abono líquido y mezclarlo en agua de riego; permanece inalterable conservando una rica reserva de sustancia orgánica, ya que posee una humedad menor del 50% que le permite una estabilidad microbiológica y térmica. El vermíabono es apropiado para cualquier cultivo y aunque se suministre en exceso no provoca ningún daño (Reines, 1994).

2.2.2.1. Efectos de la aplicación de vermíabono sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo

La aplicación de vermíabono ejerce una acción muy favorable sobre la estructura del suelo, debido a que provoca la agrupación de partículas en agregados de tamaño medio y permite una buena circulación del agua, del aire y de las raíces. Se obtiene un aumento en la permeabilidad, una mayor capacidad de retención del agua y mejora la cohesión del suelo, por lo que mejora los suelos arcillosos (Springett, 1993).

Equilibra las funciones químicas del suelo, debido a sus condiciones de humidificación y de una mineralización de las sustancias orgánicas nitrogenadas, facilitando la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta; aumenta la capacidad de cambio de iones del suelo por la formación del complejo arcillo-húmico absorbente y regulador de la nutrición de la planta; también se forman complejos "fosfo-húmicos" que mantienen el fósforo en forma asimilable por las plantas (Garassini, 1998). Además, el vermíabono tiene gran capacidad de intercambio de cationes, fluctúa entre 150 y 350 meq/100g, lo que permite aumentar la capacidad de retención y disponibilidad de nutrientes y agua, utilizados por las plantas (Rodríguez *et al.*, 1999).

Igualmente, el vermíabono es un producto biológicamente activo, que fortalece diversos metabolismos como; aportar enzimas que estimulan el desarrollo de las plantas; favorece el crecimiento de las raíces, además posee una actividad fitohormonal que brinda condiciones ventajosas en velocidad y porcentaje de germinación de la semilla; mejora el desarrollo y crecimiento de las plantas, la floración, la producción de frutos y absorción de elementos nutritivos; fortalece la acción antiparasitaria y protege las plantas de las plagas, aumentando las defensas naturales. Su riqueza en microorganismos también favorece el aporte energético al suelo por la gran cantidad de organismos mineralizantes, reactivando los terrenos estériles ya que regenera la flora bacteriana y regula el incremento y la actividad de los nitratos del suelo (Rodríguez *et al.*, 1999).

El vermíabono es especialmente rico en fitoestimulinas, entre ellas las giberelinas, citoquinas y las auxinas (Reines *et al.*, 2001). Las citoquinas actúan en las células vegetales y estimulan la formación de raíces en estacas. Las giberelinas y las auxinas ejercen su acción en el sistema vascular y foliar de las plantas y son determinantes en la formación del fruto. Una característica del vermíabono, y quizás la

más importante, es su riqueza en flora bacteriana, que actúa sobre el suelo. Conforme a estudios realizados por Garassini (1998), observó que el vermíabono presenta un mínimo de dos billones de colonias por gramo; esto muestra que en cada gramo vive una alta cantidad de bacterias, frente a unos centenares de millones presente en igual cantidad de estiércol animal fermentado, que se considera uno de los mejores abonos orgánicos (Reines, 1998).

2.2.3. Fermentado aeróbico

Los fermentados aeróbicos son abonos orgánicos líquidos con mucha energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércoles frescos disueltos en agua y pueden ser enriquecidos adicionándoles leche, melaza y cenizas, harinas de rocas minerales, algunas sales minerales como sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc. La mezcla se pone a fermentar por varios días en toneles de plástico, bajo un sistema aerobio. La función de un fermentado aeróbico es la de nutrir, recuperar y reactivar la fertilidad nativa del suelo, proteger los cultivos del ataque de insectos y enfermedades. Sustituyen a los fertilizantes químicos industriales altamente solubles. Funcionan al interior de la planta, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas, carbohidratos y azúcares complejos, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre la planta y la fertilidad del suelo (Jairo, 2005).

2.2.3.1. Ventajas

Las ventajas en la elaboración de los fermentados aeróbicos y los resultados que se obtienen con la aplicación, son entre otras, las siguientes: utilización de materiales locales fáciles de conseguir (estiércoles, melaza, leche, suero, etc.); inversión mínima (tanque o barriles de plástico, niples, mangueras, etc.); fácil tecnología (preparación); resultados a corto plazo; abaratamiento de los costos de cultivo; mejoramiento y conservación del medio ambiente (Jairo, 2005).

2.2.3.2. Efectos de los fermentados aeróbicos

Según las observaciones en los trabajos realizados por Jairo (2005), los efectos que se pueden lograr con la aplicación de los fermentados aeróbicos en el suelo, son los siguientes: el mejoramiento diversificado de la nutrición disponible del suelo para las plantas, de los procesos energéticos de los vegetales a través de las raíces y su relación con la respiración y la síntesis de ácidos orgánicos. Aumento de la capacidad del intercambio catiónico, del volumen radicular de las plantas, la microdiversidad mineral del suelo, la resistencia de las plantas contra el ataque de enfermedades principalmente en las raíces; aumento de del contenido de vitaminas, auxinas, y antibióticos en relaciones complejas entre raíz y suelo. Estimula la germinación de semillas, la formación de ácidos húmicos, de gran utilidad para la salud del suelo y los cultivos. Finalmente, debido a las características altamente quelantes que poseen los fermentados aeróbicos, facilitan la nutrición equilibrada del suelo y maximizan el aprovechamiento mineral por los cultivos (Jairo, 2005).

2.3. Población microbiana en el suelo

Tomando como base las tres zonas ecológicas del suelo, los organismos que constituyen la flora y la fauna edáfica, son de tres tipos a) los epiedafones, que habitan en la superficie del suelo y que corresponden a la zona epigea; b) los hemiedafones, que se encuentran en la primera capa del suelo, abundante en materia orgánica, llamada zona hemiedáfica; c) los enedafones, que viven en una capa mas profunda donde predomina el suelo mineral, conocida también como zona euedáfica. Los organismos edáficos ayudan a desintegrar los tejidos en forma física (triturando y fragmentando), con lo cual aumenta la superficie sobre la que actúan las bacterias y hongos, que descomponen en forma selectiva materiales como azúcar, celulosa y hasta lignina. Transforman restos vegetales en materiales húmicos y fúlvicos y mejoran la cadena que devuelve los nutrientes al suelo. Forman agregados más o menos complejos entre la materia orgánica y la fracción mineral del suelo. Favorecen la competencia de los microorganismos saprófitos, la aireación del suelo, la distribución vertical de la materia orgánica y el reciclaje de los elementos químicos (Edward, 1977, citado por Claudio, 2004).

Madigan *et al.* (1998), informan que el proceso de desarrollo de los microorganismos está influido por las condiciones del medio ambiente. Para que un microorganismo se reproduzca logarítmica y exponencialmente en un medio, debe encontrar condiciones ambientales óptimas. Los factores ambientales que afectan al desarrollo microbiano, se pueden clasificar en físicos: temperatura, potencial Hidrogeno (pH), presión osmótica, actividad del agua, radiación y atmósfera; químicos: nutrientes y sustancias inhibitoras; biológicos: asociaciones microbianas. Modificar las condiciones ambientales puede provocar la inhibición e incluso la muerte de los microorganismos. La presencia de ciertas sustancias pueden ejercer un efecto inhibitor sobre los microorganismos, tal es el caso de los halógenos (cloro, yodo, bromo, etc.), metales pesados (plomo, cadmio, arsénico, mercurio, etc.) colorantes (cristal violeta, eosina, azul de metileno, etc.), ácidos (orgánicos e inorgánicos) álcalis, sales orgánicas, antibióticos, etc.

2.3.1. Bacterias

Existen unas 1600 especies de bacterias, de las cuales la mayoría son saprófitas, pues obtienen sus nutrientes de materia orgánica muerta. Benefician al hombre al descomponer los desechos que produce y eliminan plantas y animales muertos. Doscientas especies son causantes de enfermedades en las plantas, las cuales son saprófitas facultativas (Alexander, 1980). También causan enfermedades al hombre, como tuberculosis, neumonía y tifoidea; a los animales les provocan brucelosis y ántrax.

2.3.1.1. Morfología

Las bacterias son transparentes o de color blanco amarillento. Las colonias varían en tamaño, forma, forma de los bordes, elevación y color, características que distinguen a cada especie. El diámetro puede ser desde una fracción de mm, hasta varios cm; son circulares, ovoides o irregulares; los bordes pueden ser lisos, ondulados, angulares etc. La elevación de la colonia puede ser plana, saliente, en forma de domo, rugosa, etc. El color de las colonias puede ser blancuzco o grisáceo, amarillo o rojo, entre otros colores. Las células bacterianas tienen paredes delgadas, firmes y un poco rígidas. Tienen forma de bastón (bacilo), esféricas, elipsoidales,

espirales, en forma de coma o filamentosas. Algunas se desplazan en medios líquidos mediante flagelos y otras son estáticas. Se reproducen por fisión binaria, con rapidez asombrosa de ahí su importancia como patógenos. Las enfermedades se presentan en cualquier sitio que sea suficientemente húmedo o cálido; bajo estas condiciones son extremadamente destructivas (Madigan *et al.*, 1998).

Las bacterias son organismos primitivos unicelulares (procariotes, contienen un solo cromosoma circular), carecen de membrana nuclear y de organelos, como mitocondrias y cloroplastos. Se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, habitan en el agua, en el suelo, en la superficie o en el interior de las plantas y animales incluyendo al hombre. Pueden vivir en forma libre, en simbiosis con otros organismos, como parásitos, comensales o mutualistas. Hay bacterias móviles e inmóviles, fotosintéticas y quimiótrofas, autótrofas y heterótrofas; se desarrollan en un rango muy amplio de temperatura, pH y condiciones gaseosas. Para su caracterización se emplean criterios tales como: tamaño, morfología celular, forma de agrupación, reacción a la tinción de Gram, formación de esporas, movilidad, presencia de inclusiones de reserva y características culturales en medios líquidos y sólidos en los que presentan patrones de desarrollo en cuanto a la forma, el tamaño, elevación, color de las colonias, y sus características metabólicas (Atlas y Bartha, 1997).

2.3.1.2. Reproducción

Las bacterias que tienen forma de bastón se reproducen asexualmente mediante la "fisión binaria". Se reproducen cada 20 minutos, 1 en 2, 2 en 4, 4 en 8 y así sucesivamente, de tal forma que una bacteria puede producir un millón de estas en 10 horas. Entre las bacterias fitopatógenas importantes, destacan los géneros: *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas* (Madigan *et al.*, 1998; Bradsha, 1976).

2.3.1.3. Ecología

Las bacterias fitopatógenas se desarrollan como parásitos y parcialmente en el suelo como saprófitas; la fertilidad del suelo está íntimamente relacionada con la cantidad de bacterias amonificantes y nitrificantes presentes, mismas que participan en la mineralización de la materia orgánica. La naturaleza y abundancia de los diferentes tipos de bacterias, dependen del abastecimiento de nutrientes y condiciones del medio ambiente del suelo. La importancia fundamental de las bacterias en el suelo es: la fijación de nitrógeno atmosférico y la desintegración de la materia orgánica (Madigan *et al.*, 1998).

2.3.2. Hongos

Los hongos son células eucariotas, se caracterizan por carecer de clorofila y tejidos vasculares, tienen una pared celular rígida; pueden ser unicelulares o multicelulares y macroscópicos o microscópicos. Se reproducen sexual o asexualmente. Al carecer de clorofila, deben nutrirse a expensas de materia orgánica, degradándola y mineralizándola, poniéndola así a disposición de las plantas para su nutrición.

Pueden ser parásitos obligados, es decir, crecen y se reproducen en asociación con la planta que le sirve de hospedero durante todo su ciclo de vida o parásitos no obligados, cuando se desarrollan y reproducen tanto en plantas vivas como en materia orgánica muerta. Algunas especies requieren de hospedero durante una etapa de su ciclo de vida, el cual concluyen en otros medios (Atlas y Bartha, 1997; Madigan *et al.*, 1998).

2.3.2.1. Morfología

La mayoría de los hongos poseen soma vegetativo que consta de filamentos continuos más o menos alargados que pueden o no tener paredes transversales (septos). Al soma se le denomina micelio y a sus bifurcaciones se le llama hifas; las hifas pueden tener de 0.5 a 100 μm ; el micelio puede variar de tan solo unas micras, hasta filamentos miceliales de varios metros de longitud. En ocasiones el micelio está constituido por células que contienen uno o dos núcleos por célula. En otros, el micelio contiene muchos núcleos (micelio cenocítico), está compuesto por una célula multinucleada continua y tubular que puede o no ramificarse, o bien dividido en septos y cada segmento representa una hifa multinucleada. El crecimiento del micelio se da en los ápices de las hifas. Los *Myxomycetes* carecen de micelio verdadero y en su lugar produce un plasmodio, multinuclear amiboideo y desnudo, o bien, un sistema de filamentos de diámetros distintos llamado rizomicelio, como es el caso de los *Chytridiomycetes* (Madigan *et al.*, 1998).

2.3.2.2. Reproducción

Los hongos tienen la característica de poderse reproducir por dos vías, en forma sexual y asexual. La reproducción sexual se presenta en la mayoría de los grupos de hongos. En algunos, un par de células (gametos) de tamaño y forma semejante se fusionan para formar el cigoto llamado cigospora. En otros grupos los gametos son de tamaño distinto y el cigoto que forman se le denomina oospora. En otros hongos el micelio se fusiona con otro micelio compatible.

Los hongos de reproducción asexual, lo hacen principalmente mediante esporas, las cuales constan de una o varias células que se pueden formar mediante fragmentación del micelio. En hongos inferiores, las esporas asexuales se forman en el interior de un saco denominado esporangio y se diseminan cuando se rompe esta estructura o a través de una abertura que posee.

Otros hongos producen esporas asexuales llamadas conidios que se desprenden de células terminales o laterales de hifas especializadas llamadas conidióforos. En algunos hongos las células intercalares o terminales de una hifa se alargan, están rodeadas de una pared densa y se separan para formar clamidosporas. En otros hongos, las esporas asexuales (conidios) se forman dentro de estructuras de pared gruesa denominadas picnidios (Madigan *et al.*, 1998).

2.3.2.3. Ecología de los hongos en el suelo

Los hongos tienen hábitats muy diversos; algunos son acuáticos, pudiendo vivir en agua dulce, pero también se conocen unos cuantos marinos. La mayoría de los hongos son terrestres; muchos habitan en el suelo y se alimentan de materia

orgánica muerta (saprófitos) y desempeñan una actividad crucial en la mineralización del carbono y nitrógeno orgánicos; otros son parásitos vegetales, ocasionando la mayoría de las enfermedades de importancia económica en las plantas cultivadas. La mayoría de los hongos fitopatógenos pasan parte de su ciclo de vida en las plantas que les sirven de hospedero y otra parte, en el suelo o en los residuos vegetales depositados en el sustrato. Algunos otros pasan todo su ciclo de vida sobre el hospedero y solo sus esporas se depositan en el suelo, donde permanecen en reposo hasta que son llevadas a un hospedero en el que germinan y se reproducen. Se mantienen en estrecha asociación con los tejidos del hospedero muerto. En la naturaleza no se desarrollan en otro tipo de materia orgánica (Madigan *et al.*, 1998).

2.3.3.4. Actividad y función

De las 100,000 especies que existen, la mayoría son saprófitas. Cincuenta especies provocan enfermedades al hombre, causándole enfermedades de la piel o de sus apéndices y 8,000 especies afectan a las plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo y cada hongo afecta a más de un tipo de planta. Algunos hongos viven en el hospedero y se reproducen sobre los tejidos muertos de esos hospederos, incluso pueden abandonar esos tejidos y depositarse en el suelo y otros órganos vegetales en proceso de descomposición en los que se desarrollan y reproducen como saprófitos estrictos, pero en desechos que no pertenecen al hospedero que parasitaron. Este tipo de hongos tienen un amplio rango de hospederos y sobreviven durante varios años en ausencia del hospedero; como saprófitos en el suelo, disminuye grandemente su población. La presencia de los hongos esta directamente correlacionada con la materia orgánica, intervienen en el balance de C/N, constituyen reservas alimenticias y de humedad en el suelo (Madigan *et al.*, 1998).

2.3.3. Actinomicetos

Los actinomicetos, son un grupo de transición entre las bacterias y los hongos, cuyos límites se superponen con sus vecinos más primitivos y con los desarrollados. Son microorganismos que producen filamentos delgados, ramificados, que desarrollan en un micelio, excepto el genero *Actinomyces*. El filamento del actinomiceto puede ser bastante largo y puede fragmentarse en muchas unidades pequeñas. A pesar de estar colocados junto con las bacterias, la relación de los actinomicetos con los hongos se manifiesta en tres propiedades: a) el micelio de los actinomicetos superiores tiene las extensas ramificaciones características de los hongos; b) muchos actinomicetos forman un micelio aéreo, c) el crecimiento de los actinomicetos en cultivo líquido, raramente produce turbidez asociada con las bacterias unicelulares, sino que produce la formación de filamentos, grumos o esferas.

2.3.3.1. Morfología

Las hifas o filamentos individuales se asemejan morfológicamente a los filamentos fúngicos pero son mucho más delgados, generalmente de 0.5 a 1 μm de diámetro: en algunos géneros, las hifas pueden tener más de 2 μm de diámetro. Muchos de los actinomicetos del suelo producen sobre sus hifas esporas asexuales, conocidas como conidias, aisladas, en pares o formando cadenas, mientras que unos cuantos producen esporas en una estructura especializada conocida como esporangio

(Garassini, 1998). La morfología y el tamaño de las hifas, las conidias y los fragmentos individuales de las especies cuyo micelio sufre segmentación, son semejantes a las estructuras que se observan entre las bacterias. Además algunos géneros de actinomicetos, no producen micelio aéreo y se asemejan bastante a los *Mycobacterium* y a las bacterias corineformes en su morfología general, sus reacciones de tinción y su fisiología. Otros detalles en algunos géneros, son la presencia de flagelos semejantes a los de bacterias verdaderas, la composición de la pared celular y la sensibilidad a inhibidores antibacterianos. Los representantes del suelo son flagelados y sarcodinos y son abundantes en tierras fértiles. Varían con la profundidad del suelo, el contenido de humedad, la presencias de oxígeno y materia orgánica; son reguladores de la población bacteriana, ya que se alimenta de ellas y aumentan la actividad bioquímica de ciertas bacterias fijadoras de nitrógeno, pues su presencia aumenta la producción de amoníaco utilizado por las bacterias nitrificantes (Atlas y Bartha, 1997, Garassini, 1998, Madigan *et al.*, 1998).

2.3.3.2. Ecología

Los actinomicetos están distribuidos en una gran variedad de hábitat, se encuentran en la superficie del suelo así como en los horizontes inferiores y a profundidades considerables. Particularmente, en ambientes de pH elevado, los actinomicetos constituyen una gran proporción de la comunidad. Como regla general son saprófitos, aunque algunas especies pueden provocar enfermedades en las plantas, animales domésticos e incluso al hombre (Sykes, 1999). Tanto en terreno virgen como en terreno cultivado, los actinomicetos constituyen del 10 al 50% de la comunidad total de microorganismos. En medios alcalinos y especialmente cuando hay sequedad, la abundancia relativa es espectacularmente alta

En comparación con las bacterias verdaderas, los actinomicetos son menos comunes en áreas húmedas que en áreas secas; además la población es mayor en pastizales, que en suelos cultivados y la abundancia en campos de cultivo con frecuencia sobrepasa la de los sitios vírgenes adyacentes. Sin embargo son desfavorables las turberas, las áreas inundadas y los ambientes cuyo pH es menor de 5.0. La densidad celular varía marcadamente en suelos similares de una misma localidad y es afectada además por la estación del año y por las prácticas de cultivo aplicadas.

2.3.3.3. Actividad y función

Los actinomicetos se desarrollan mucho más lentamente que la mayoría de hongos y bacterias, característica que indica su incapacidad como competidores efectivos y su disminución cuando se eleva el nivel de nutrientes, así como la presión de competencia. Su inadecuada capacidad competitiva podría explicar su escasez relativa durante las etapas iniciales de la descomposición de restos vegetales. Los actinomicetos llegan a predominar cuando los nutrientes comienzan a ser limitantes y la presión de los competidores más efectivos disminuye. Muchas especies en cultivo puro degradan la celulosa, pero invariablemente la velocidad de la descomposición es lenta. Varias cepas pueden también degradar proteínas, lípidos, almidón, inulina y quitina. Muchos actinomicetos son mesófilos con temperatura óptima entre 25 y 30° C; sin embargo son comunes los termófilos. Esta función en el ecosistema puede ser consecuencia de la capacidad de muchos de los actinomicetos para excretar

antibióticos y producir enzimas que provocan la lisis (descomposición de una sustancia por rotura de sus enlaces químicos) de los hongos y bacterias (Ferrera *et al.*, 1999).

2.3.4. Micorrizas

Se conoce con el nombre de micorriza a la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y diversos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis que se presenta en casi todas las plantas. El mutualismo supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados; el hongo coloniza la raíz de la planta proporcionándole nutrientes minerales y agua, extraídos del suelo por medio de la extensa red de hifas, mientras que la planta suministra al hongo sustratos energéticos y carbohidratos.

Se han clasificado siete tipos de micorrizas siguiendo criterios estructurales, funcionales y taxonómicos, en: ectomicorrizas, endomicorrizas o micorrizas arbusculares (MA), ectoendomicorrizas, arbustoides, monotropoides, ericoides y orquidioides.

2.3.4.1. Colonización y desarrollo

La colonización del hongo se extiende por la dermis y el parénquima cortical, nunca penetra en la endodermis ni en los tejidos vasculares y meristemáticos, a diferencia de las infecciones radicales de los hongos patógenos que sí penetran en los haces conductores y meristemáticos.

El proceso de la formación de la simbiosis comienza con la germinación de las esporas en el suelo, cuando las condiciones ambientales de temperatura, y humedad son favorables. Tras la emisión del tubo o tubos germinativos, el micelio del hongo crece hasta encontrar una raíz hospedadora, donde forma entonces una estructura similar a un apresorio y penetra entre las células epidérmicas o a través de los pelos radicales. En la capa interna de este tejido se forman los arbusculos, producidos por una ramificación masiva de la hifa después de penetrar la pared celular (Brundrett y Abbott., 1991). La hifa ramificada se encuentra rodeada por la membrana plasmática de las células del parénquima cortical, siendo el espacio apoplástico producido entre la membrana plasmática y el hongo, la zona de intercambio de nutrientes denominada red de Harting, (Madigan *et al.*, 1998).

Cuando la infección interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hasta el suelo (micelio externo) y explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente su superficie de absorción, de 100 a 1000 veces y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y agua.

Los hongos formadores de micorrizas producen, normalmente, esporas a partir del micelio externo y también en algunos casos, las forman en el interior de la raíz a partir del micelio interno. Las esporas pueden permanecer inalteradas en el suelo por mucho tiempo, mientras que las hifas del hongo se colapsan tras una permanencia en el suelo de 2 a 4 semanas, si no encuentran una raíz hospedadora (Brougher y Malajczhk. 1990).

2.3.4.2. Efecto de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas

El efecto más importante que producen las micorrizas en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. La expansión del micelio externo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de las plantas (Brougher y Malajczuk, 1990).

El papel de la simbiosis es fundamental en la captación de elementos minerales de lenta difusión, como los fosfatos solubles, el Zn y el Cu. La absorción del nitrógeno, se favorece con la aplicación de las micorrizas. Otros elementos como el K y el Mg se encuentran a menudo en concentraciones más altas en plantas inoculadas con micorrizas. La absorción del Ca es estimulada también con la simbiosis. Por lo que respecta a los microelementos Zn, Cu y B, estos son activamente absorbidos por las hifas del hongo y transportadas hasta el hospedador. Existen otros efectos producidos por las micorrizas, entre los que se destacan un aumento de la resistencia de la planta al estrés hídrico y a la salinidad, aumento de la resistencia y/o tolerancia a determinados patógenos del suelo, incremento de la fijación del nitrógeno en leguminosas, (Madigan *et al.*, 1998).

En las plantas inoculadas con micorrizas, se produce un aumento del contenido de agua, debido a un aumento de la conductividad hídrica en la planta o a una disminución de la resistencia al flujo de agua a través de ella, debido a una mayor absorción a través de la red de hifas externas del hongo. Se ha demostrado que en los suelos inoculados, producen además, un efecto positivo sobre las características edáficas. Una planta inoculada con micorrizas que crece en suelos arenosos, es capaz de formar mas agregados de partículas de suelo en sus raíces por unidad de masa, que una planta sin micorrizas. La formación de agregados del suelo puede ser un factor importante para disminuir la erosión del suelo (McAfee y Fortin, 1986).

2.4. Fertilizantes químicos

Se entiende por fertilización química, aquella en la que se utilizan productos químicos para aportar los nutrientes en cantidad y calidad necesarios a los requerimientos de las cosechas, con el objetivo de lograr el máximo de rendimientos y calidad comercial de las mismas. Los sistemas de fertilización química se deben fundamentar en el monitoreo de los elementos minerales del suelo, su extracción y aprovechamiento por las plantas, con el objetivo de aportar los mismos en formas solubles y aprovechables, en dosis, momentos y métodos apropiados a la tecnología y condiciones de cultivo (Díaz *et al.*, 1997).

2.4.1. El nitrógeno en el suelo

Domínguez (1993), establece que el nitrógeno es uno de los elementos químicos más importantes para todos los seres vivos sin excepción, es en estado puro, un gas inerte que carece de color y de olor. Aproximadamente el 80% del aire que nos rodea está formado por este gas. Sin embargo, en este estado es inútil para los seres vivos, con única excepción de ciertos microorganismos, de los que se benefician, entre otras plantas, las leguminosas. Así, pues, para ser utilizable por la

generalidad de las plantas debe hallarse combinado con otros elementos químicos, formando compuestos. En las plantas, el nitrógeno participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc. Como estas sustancias sirven de base para la mayoría de los procesos que rigen el desarrollo, crecimiento y multiplicación de la planta, resulta evidente la importancia del nitrógeno en las funciones más características de la vida vegetal. Un suministro adecuado de nitrógeno a la planta produce: un rápido crecimiento, color verde intenso en las hojas, mejoramiento en la calidad de las hojas, aumento del contenido de proteínas y un aumento en la producción de hojas, frutos y semillas. Los caminos principales por los que el nitrógeno es convertido a formas aprovechables por las plantas son los siguientes: fijación por *Rhizobia* y otros microorganismos, fijación por microorganismos que viven libremente en el suelo, fijación, por las descargas eléctricas atmosféricas y fijación como amoníaco, por procesos industriales.

2.4.1.1. Compuestos nitrogenados orgánicos

El nitrógeno que se encuentra en el suelo puede ser generalmente clasificado como orgánico e inorgánico. Las formas orgánicas del nitrógeno en el suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares, y otros complejos. El grupo que consiste en aminoácidos o proteínas consolidados, se halla usualmente en fuerte combinación con arcillas, lignina y otros materiales. La existencia de estas proteínas se deduce de la presencia de aminoácidos hallados en los hidrolizados ácidos del suelo. La facilidad con que se descomponen sugiere también que pueden ser una fuente mas importante de NH_4^+ , el sustrato para las bacterias nitrificantes (De Mont *et al.* 1984).

2.4.1.2. Compuestos nitrogenados inorgánicos

Las formas inorgánicas del nitrógeno en el suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O y nitrógeno elemental. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- son las de mayor importancia: el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un camino negativo, porque representan formas de nitrógeno que se pierden para la utilización en el cultivo a través de la desnitrificación (Chandra y Bollen, 1980).

2.4.1.3. Transformaciones del nitrógeno en los suelos

Las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . Las cantidades de estos dos iones que pueden utilizarse por las raíces de las plantas, dependen en gran parte de las cantidades suministradas como fertilizantes nitrogenados comerciales o en compuestos orgánicos. La mineralización del nitrógeno es simplemente la conversión de nitrógeno orgánico a la forma mineral (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-). La inmovilización del nitrógeno es la conversión del nitrógeno inorgánico o mineral a la forma orgánica. Si el material orgánico tiene una cantidad de nitrógeno pequeña en relación al carbono presente (pajas, rastrojos de cereales maduros), los microorganismos utilizan iones NH_4^+ ó NO_3^- presentes en el medio. Este nitrógeno es necesario para permitir el rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición al suelo de materiales ricos en carbono. Si por otra parte, el material añadido contiene mucho nitrógeno en proporción al carbono presente (frijol,

alfalfa ó trébol), los microorganismos no utilizarán iones NH_4^+ ó NO_3^- y no habrá descenso en el nivel de nitrógeno mineral en el suelo. De hecho, puede haber un incremento rápido en esta fracción del nitrógeno del suelo, causado por su liberación de los materiales orgánicos en descomposición. Como regla general, cuando se añaden al suelo materiales orgánicos con una relación C/N mayor de 30, hay una inmovilización del nitrógeno durante el proceso de descomposición inicial. Para relaciones entre 20 y 30, puede que no haya ni inmovilización ni liberación de nitrógeno mineral. Si los materiales orgánicos tienen una relación C/N menor de 20, hay usualmente una liberación de nitrógeno mineral al principio del proceso de descomposición (Eno y Blue, 1978).

2.4.1.4. Mineralización de los compuestos nitrogenados

La mineralización de los compuestos nitrogenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: aminización, amonificación y nitrificación. Las dos primeras se efectúan a través de microorganismos heterótrofos y la tercera, es realizada sobre todo por bacterias autótrofas del suelo. Los heterótrofos requieren como fuente de energía compuestos carbonados orgánicos. Los autótrofos obtienen su energía de la oxidación de sales orgánicas y obtienen el carbono necesario del CO_2 de la atmósfera que los rodea (Harmsen, 1982).

2.4.1.4.1. Aminización

La población de los microorganismos heterótrofos del suelo se compone de numerosos grupos de bacterias, hongos y actinomicetos, cada uno de los cuales es responsable de una o más etapas en las numerosas reacciones de descomposición de la materia orgánica. Los productos finales resultantes de las actividades de un grupo, proporcionan el sustrato para el siguiente, y de este modo va descendiendo la línea hasta que el material está descompuesto. Una de las etapas finales en la descomposición de los materiales nitrogenados es la descomposición hidrolítica de las proteínas y la liberación de las aminas y de los aminoácidos. Esta etapa es denominada aminización (Harmsen, 1982).

2.4.1.4.2. Amonificación

Las aminas y los aminoácidos liberados son utilizados por otros grupos de organismos heterótrofos, con la liberación de compuestos amoniacales. Esta etapa se denomina amonificación y el amoniaco así liberado sufre destinos diversos en el suelo:

- Puede ser convertido a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.
- Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores.
- Puede ser utilizado por los organismos heterótrofos en ulteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.
- Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los tramados de ciertos tipos de arcillas minerales en expansión (Harmsen, 1982).

2.4.1.4.3. Nitrificación

Algo del NH_4^+ liberado en el proceso de amonificación es convertido a nitrato. Esta oxidación biológica del amoniaco a nitrato se conoce como nitrificación. Es un proceso en dos etapas en el que el amoniaco es convertido primero a nitrito (NO_2^-) y

luego éste a nitrato (NO_3^-). La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas obligadas conocidas como *nitrosomonas*; esta conversión de nitrito a nitrato se efectúa sobre todo por un segundo grupo de bacterias autótrofas obligadas denominadas *nitrobacter*; *nitrosomonas* y *nitrobacter* usualmente son referidas juntas, colectivamente, como nitrobacterias o bacterias nitrificantes (Jung, 1978).

En esta etapa se revelan tres puntos importantes: en primer lugar, para que se pueda llevar a cabo la reacción se requiere oxígeno molecular, con esto la reacción se producirá más fácilmente en suelos bien aireados. Un segundo punto es que la reacción libera iones hidrogeno (H^+). La liberación de estos iones es una resultante de la acidificación del suelo cuando los fertilizantes amoniacales y la mayor parte de los orgánicos nitrogenados son convertidos a nitratos. La utilización continuada de tales formas de nitrógeno dan como resultado un descenso en el pH del suelo; el uso sensato de la cal previene esta condición de acidez. Un tercer punto importante es la implicación de la actividad microbiana, por lo que la rapidez y extensión de la transformación, estará influenciada en gran manera por las condiciones ambientales del suelo, así como la humedad y temperatura (Jung, 1978).

2.4.2. Fertilizantes fosfatados en el suelo

El fósforo, con el nitrógeno y el potasio, se clasifican como elementos nutritivos mayores. Sin embargo, en la mayoría de las plantas se encuentra en menores cantidades que el nitrógeno y el potasio. Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría de ese fósforo en forma del ión primario ortofosfato H_2PO_4^- y en segundo término del HPO_4^{2-} . Las cantidades relativas de estos dos iones absorbidas por las plantas están afectadas por el pH del medio que rodea a las raíces. Valores bajos del pH incrementan la absorción del ion H_2PO_4^- , mientras que los valores más altos del pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} (Chai y Caldwell, 1979).

Otras formas del fósforo, entre las que se encuentran los pirofosfatos y los metafosfatos, también pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas. Ambas formas iónicas se encuentran en ciertos fertilizantes fosfatados. Las plantas pueden también absorber ciertos fosfatos orgánicos solubles. El ácido nucleico y la fitina son tomados por las plantas de los cultivos en arena o soluciones nutritivas,

Un adecuado suministro de fósforo en las primeras etapas de la vida de la planta, es importante para evitar el retraso del crecimiento de las partes reproductivas. El fósforo se ha asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente en los cereales y su carencia es acompañada por una marcada reducción del crecimiento de la planta. Un buen suministro de fósforo activa la madurez de las plantas, se asocia con una solidez de tallos y aumenta la resistencia a las enfermedades.

El fósforo tiene una rápida movilidad en las plantas y cuando se presenta una deficiencia, el elemento contenido en los tejidos más viejos es traslocado a las regiones activas meristemáticas, a través de una reacción de transferencia llamada "fosforilación". El ciclo del fosfato en las plantas presenta tres fases distintas: a) el fosfato inorgánico es absorbido y se combina con las moléculas o radicales orgánicos; b) estos compuestos primeramente fosforilados transmiten el grupo fosforilo a otras

moléculas llamándosele a este paso "transfosforilización"; c) el fosfato o pirofosfato se divide en los fosforilatos intermedios, ya sea por escisión hidrolítica o por sustitución de un radical orgánico (Beater, 1980).

2.4.2.1. Formas de fósforo en el suelo

El contenido total de fósforo varía según el tipo de suelo, pero es en general más alto en los suelos nuevos al cultivo y en áreas en que la lluvia no es excesiva. El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se halla. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos. La fracción inorgánica se halla en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, fluor y otros elementos, que son ligeramente solubles en agua. Los fosfatos reaccionan también con las arcillas para formar complejos suelo-fosfatos, insolubles por lo general (Goring, 1975).

El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que el del fósforo orgánico; el contenido de fósforo orgánico en los suelos se encuentra como fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfatos (Caldwell y Black., 1978). Usualmente el contenido de fósforo es mayor en las capas superficiales que en el subsuelo, a causa de la acumulación de materia orgánica que se alcanza en las capas superficiales del perfil (Goring, 1975).

2.4.2.2. Soluciones de fósforo en el suelo

El fósforo es absorbido por las plantas como iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), que se hallan en la solución del suelo; la concentración de estos iones así como del mantenimiento de esta concentración, son de máxima importancia para el crecimiento de las plantas. Las plantas absorben el fósforo de las soluciones proporcionalmente a la concentración de iones fosfatos que se encuentran en la solución. El mantenimiento de una adecuada concentración de fósforo en la solución del suelo depende, entre otras cosas, de la proporción relativa de descomposición de la materia orgánica y de la capacidad de la fracción inorgánica del suelo para reaccionar o fijar los ortofosfatos solubles en una forma insoluble o ligeramente soluble (Bixby, *et al.* 1974).

La concentración de iones ortofosfato, H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} en la solución del suelo, en un tiempo dado, es pequeña, generalmente nunca mayor que algunas partes por millón y frecuentemente menor que una parte por millón. El fósforo que se elimina al cosechar el cultivo, está usualmente entre 4 y 20 kg por ha; es obvio que si el fósforo en la solución del suelo no fuera continuamente remplazado, el cultivo no tendría suficiente fósforo para crecer hasta la madurez. La concentración de los diferentes iones fosfatos en las soluciones, está íntimamente relacionado al pH del medio; el ion H_2PO_4^- se favorece en un medio más ácido, en tanto que el ion HPO_4^{2-} se favorece por encima de un pH de 7 (Bixby, *et al.* 1974).

2.5. Insecticidas

2.5.1. Efectos y clasificación de los insecticidas

La palabra insecticida proviene de los vocablos *insecto - cida*, que sirve para matar insectos. Los plaguicidas, término en el cual se incluye a los insecticidas, se define como: "las sustancias o ingredientes activos, así como los preparados o formulaciones que contengan una o varias de estas sustancias, destinadas a: prevenir o combatir los agentes nocivos para los vegetales y productos agrícolas; favorecer o regular la producción vegetal; conservar los productos vegetales; brindar protección de la madera; destruir vegetales perjudiciales o prevenir la acción de otros organismos nocivos o indeseables distintos de los que atacan los vegetales (O'Brian, 1996).

Los insecticidas se clasifican, según el grupo a que pertenecen en naturales (nicotina, rotenona y piretrinas) y minerales (aceites, organoclorados, organofosforados y carbamatos). Por su comportamiento en la planta en, sistémicos, penetrantes y superficiales. Por su especificidad sobre el parásito en polivalentes y específicos. Por su acción sobre el parásito de contacto, ingestión, asfixia y mixtos. Y pueden ser atraerentes y/o repelentes (U.S.D.A., 2003).

Los insecticidas que alcanzan el suelo o el material vegetal, empiezan a desaparecer por degradación, absorción, dispersión, volatilización, escurrimiento en las aguas superficiales o lixiviación hacia los mantos freáticos subterráneos. Pueden ser tomados también por las plantas o por los microorganismos del suelo o permanecer en el mismo. La fertilidad de los suelos también puede ser afectada, por la inhibición de la nitrificación, con la consiguiente merma de la fijación de oxígeno por las plantas y los microorganismos del suelo, que son causantes de la degradación microbiana de la materia orgánica del suelo (Pimentel, 1995).

2.5.1.1. Insecticidas utilizados en el ensayo.

2.5.1.1.1. Furadan 350 L. Insecticida-nematicida agrícola sistémico de amplio espectro para el control de nemátodos e insectos de suelo y follaje, cuyo ingrediente activo es el Carbofuran. Insecticida altamente tóxico del grupo de los carbámicos, por lo que se trata de un inhibidor reversible de la colinesterasa; actúa por contacto e ingestión, compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común, excepto con aquellos productos de reacción alcalina, tóxico para peces, crustáceos y animales de sangre caliente (Barbera, 1989).

2.5.1.1.2. Sevin 80% P.H. Insecticida agrícola sistémico traslaminar de amplio espectro en el control de nemátodos e insectos de suelo y follaje, cuyo Ingrediente activo es el Carbaril. Es moderadamente tóxico, del grupo de los carbámicos, por lo que se trata de un inhibidor reversible de la colinesterasa, actúa por contacto e ingestión, compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común, excepto con aquellos productos de reacción alcalina, tóxico para peces, abejas e invertebrados acuáticos (Barbera, 1989).

2.6. Herbicidas

2.6.1. Características Generales

Los herbicidas son productos destinados a destruir "malas hierbas", dando a este término el sentido de "plantas adventicias" que entorpecen el libre desarrollo de los cultivos y cuyos daños pueden resumirse como sigue:

Competencia por luz. A menudo las malezas tienen tasas de crecimiento superiores a las plantas cultivadas de manera que en pocos días éstas son cubiertas y al quedar sin luz, pueden presentar un descenso dramático de su rendimiento.

Competencia por agua. Aunque el poder competitivo de las plantas cultivadas es variable, en cambio la maleza está adaptada a usar agua libremente y florear con rapidez, de modo que arrebatan el agua a los cultivos sobre todo, cuando éstos se han seleccionado para las zonas áridas como semixerófitos.

Competencia por nutrientes. Los elementos químicos que son alimento para los cultivos lo son también para las malezas y a menudo éstas son más hábiles para absorberlos y acumularlos; por ejemplo, el quelite acumula grandes cantidades de nitrógeno. Experimentalmente se ha demostrado que si se fertiliza un cultivo enyerbado, las plantas cultivadas empiezan a responder al fertilizante hasta que las malezas han llenado sus exigencias; es decir, en un cultivo enyerbado el beneficio del fertilizante lo aprovechan las malezas (U.S.D.A., 2003).

Dentro del universo de los herbicidas, se han establecido 10 grupos químicos, con el fin de poder identificar a estos productos en cuanto a su composición y forma de acción sobre las malezas. Los grupos son los siguientes: 1) triazinas; 2) ureas sustituidas; 3) auxínicos; 4) ácidos alifáticos clorados; 5) ácidos aromáticos clorados; 6) carbamatos; 7) amidas; 8) dinitrofenoles; 9) anilinas y 10) herbicidas diversos (Jacobson y Shimabukuro, 1994).

2.6.2. Ventajas y peligros del uso de los herbicidas

El desyerbe químico presenta diversas ventajas con respecto al mecánico, mismas que se pueden encuadrar en los siguientes puntos: a) su aplicación no cambia la estructura del suelo, en tanto que el uso de implementos mecánicos compacta el suelo y rompe la capilaridad; b) el desyerbe químico puede realizarse con bombas de mochila, en caso de que las lluvias impidan el uso de tractor o de animales de tiro; c) los herbicidas que se aplican al suelo antes de la emergencia, eliminan las malas hierbas antes de germinar o al iniciar la brotación, de este modo el cultivo emerge y logra su establecimiento sin competencia por luz, agua y nutrimentos.

En relación a los peligros de los herbicidas, el agricultor debe tener en cuenta que los herbicidas son productos potencialmente peligrosos y que deben aplicarse con cuidados técnicos. La solución herbicida sale de la boquilla fraccionada en gotas muy finas y pueden ser llevadas con facilidad por el viento a cultivos susceptibles. Algunos herbicidas se aplican al suelo, pudiendo seguir varios destinos como puede ser, su adsorción por las partículas del suelo y permanecer activo por más de un ciclo de siembra (Thomson, 1996).

2.6.3. Herbicidas utilizados en el ensayo

2.6.3.1. Lazo.

Herbicida preemergente selectivo para el control de malezas de hoja angosta en los cultivos de maíz, sorgo, frijol, soya y cacahuate. Su ingrediente activo es el Alaclor, moderadamente tóxico y pertenece al grupo químico de las cloroacetamidas; es tóxico a organismos acuáticos y presenta las siguientes características: si las lluvias se retrasan, el producto permanece intacto en el suelo y no entra en actividad sino hasta que haya suficiente humedad para incorporarse en el suelo; bajo buenas condiciones de humedad, la actividad del herbicida dura de cuatro a seis semanas; la cantidad de lluvia o irrigación necesaria para incorporarse al suelo, es de 10 a 20 mm (Barbera, 1989).

2.6.3.2. Afalón.

Herbicida selectivo de acción preemergente y postemergente temprana para el control de malezas de hoja ancha en los cultivos de maíz, sorgo, frijol, soya, tabaco y zanahoria. Su ingrediente activo es Linurón, ligeramente tóxico y pertenece al grupo químico de las ureas sustituidas.

2.6.3.3. Flex.

Herbicida postemergente, de contacto, para el control de la maleza de hoja ancha, la cual deberá tener un máximo de 4 hojas para el buen control. Selectivo para los cultivos de soya y frijol, cuyo Ingrediente activo es el Fomesafén; es ligeramente tóxico, pertenece al grupo químico de los Difenil-éteres; es tóxico para peces y otros organismos acuáticos. Los síntomas en las malezas son la presentación de una necrosis rápida de las hojas; para una mejor acción, la maleza deben estar en crecimiento activo y bajo condiciones de suelo húmedo (Barbera, 1989).

2.6.3.4. Fusilade.

Herbicida pos-emergente sistémico cuyo ingrediente activo es el Fluazifop-p-butil y pertenece al grupo químico de los Ariloxipropionatos. Es ligeramente tóxico, nocivo para todas las plantas gramíneas, no controla la maleza de hoja ancha, ni ciperáceas como juncos y coquillo; es selectivo para cultivos de hoja ancha, por lo que no es fitotóxico para cultivos de hoja ancha. Por ser sistémico, se transporta del follaje a los rizomas o estolones de los zacates perennes y se acumula en los puntos de crecimiento. Interrumpe de inmediato y posteriormente se presenta un enrojecimiento de las hojas más jóvenes, necrosis de los puntos de crecimiento y finalmente la muerte de la planta entre 2 a 4 semanas después de la aplicación. Es un producto tóxico para peces y no se debe utilizar en cultivos monocotiledóneos como maíz, sorgo, trigo, arroz y otros cereales (Barbera, 1989).

2.7. El suelo

Desde el punto de vista agronómico, el suelo se define como la capa superficial de la corteza terrestre que además de brindar soporte, contiene minerales, materia orgánica, aire y agua y nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas superiores (Flamand, 1981, citado por Ibarra, 2005).

2.7.1. Calidad del suelo

El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer sus funciones: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Karlen *et al.*, 1997). El Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of América, define la calidad como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

2.7.2. Indicadores de la calidad del suelo

Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas (Singer y Ewing, 2000). Se sostiene que los indicadores que se empleen deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan, como lo han sugerido Astier *et al.* (2002), quienes establecieron que los indicadores deben permitir: a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; c) monitorear el impacto de las intervenciones atópicas; (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

En este sentido Ascanio (2002), señala que a partir del establecimiento del denominado "Sistema Zapopano de Producción de Maíz" caracterizado por la aplicación de dosis irracionales de fertilizantes químicos, pesticidas, créditos blandos e irrestrictos, maquinaria moderna, altas densidades de siembra, aunque se logró el aumento de los rendimientos agrícolas, fue sobre la base del agotamiento de los suelos en el Municipio de Zapopan. Curiel (1995), establece que este tipo de manejo, ha ocasionado la degradación de los suelos, debido a la pérdida de materia orgánica, la compactación, el laboreo excesivo, incremento de la erosión y el uso indiscriminado de agroquímicos, con la consecuente reducción dramática de la productividad del suelo.

2.7.3. Materia orgánica

La materia orgánica es la porción del suelo que incluye restos de animales y plantas en varios estados de descomposición, que originalmente contiene todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Desempeña importantes funciones, tales como el mejoramiento de la estructura de los suelos y la promoción de una condición física deseable. La materia orgánica fresca retiene seis veces su peso en agua, actuando como una esponja, lo cual es importante especialmente en suelos secos y arenosos; provoca que las partículas del suelo se agrupen para formar agregados del suelo y con esto, se mejora la permeabilidad y capacidad de laboreo; igualmente, contribuye a prevenir la erosión del suelo de 1 a 3 % o más (Edward, 1997; Millar *et al.*, 1972, citados por Ibarra, 2005).

2.7.4. Potencial de Hidrógeno (pH)

Havlin *et al.* (1999), asientan que el pH es el parámetro que describe la acidez o alcalinidad de un suelo, condiciones que afectan el crecimiento de las

plantas. La reacción del suelo se mide con ayuda de la escala de pH, que oscila de 0 a 14 unidades. Los valores de 0 a 7 unidades de pH, indican suelos ácidos, mientras que de 7 a 14 indican suelos alcalinos; el punto medio de la escala, esto es 7.0, es neutro. El grado de acidez o alcalinidad, la da la diferente concentración de iones hidrógeno (H^+) o hidroxilos (OH^-), respectivamente (Ibarra, 2005).

Un suelo con valores bajos de pH, presenta toxicidad del hidrógeno sobre los tejidos de la raíz, provoca cambios enzimáticos, limita la permeabilidad y crecimiento de las membranas de la raíz; además, se perturba el equilibrio de los constituyentes en la solución del suelo, afectando así la disponibilidad de los nutrimentos y aumentando la solubilidad de sustancias tóxicas. Esta condición, también afecta al sistema microbiano del suelo, responsable de la mineralización y humificación de la materia orgánica presente en el suelo.

2.7.5. Conductividad eléctrica (mmhos/cm²)

Porta *et al.* (1999), indican que a la cantidad de flujo eléctrico actual en el suelo, se le llama conductividad eléctrica (CE), el cual es estimulado por la cantidad de sales presentes y se mide en milimhos por centímetro cuadrado (mmhos/cm²); el efecto principal de la salinidad, es hacerle más difícil a las plantas la absorción del agua del suelo. Curiel (1995), establece que la CE es un indicador de la cantidad de sales presentes en solución e indirectamente también señala, el valor de la presión osmótica que se presenta. Dado que una planta toma sus nutrimentos por vía osmótica, es importante conocer la CE del sustrato; en el momento en que la presión osmótica es mayor en el medio, que la presión que tiene internamente la planta, no podrá absorber sus nutrimentos. En suelos no salinos y en el punto de capacidad de campo, aproximadamente la mitad del agua retenida en el suelo, está disponible para las plantas; en los suelos salinos, sólo el 10% del agua del suelo está disponible para las plantas por los iones de la sal (Ibarra, 2005).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Características del sitio experimental

3.1.1. Ubicación geográfica

El ensayo se estableció en terrenos del Campo Experimental ubicado en el predio denominado Las Agujas en el Municipio de Zapopan, Jalisco, perteneciente al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. El sitio se encuentra a una altura de 1578 msnm, situado en los 20° 44' de Latitud Norte y 103° 30' de Longitud Oeste (U. de G., 2004).

3.1.2. Clima

Según la estratificación ambiental del estado de Jalisco, basada en el componente climático (Medina, *et al.*, 1998), Zapopan se considera como subtrópico subhúmedo semi cálido, con precipitación media anual de 906 mm durante los meses de Junio a Octubre y una estación de crecimiento que inicia el 10 de Junio y termina el 5 de Octubre. Mayor información, se incluye en el Cuadro 4.

3.1.3. Suelos

Los suelos dominantes en el Municipio de Zapopan (según clasificación FAO- UNESCO, 1976) corresponden a los tipos Regosol, Feozem, Fluvisol y Litosol, con un proceso de formación *in situ* coluvial y aluvial. El nivel de fertilidad es muy variado, dado que el contenido de arcilla, materia orgánica y humedad cambian según el lugar donde se ubiquen.

Cuadro 4. Estadísticas climatológicas normalizadas para la estación de Guadalajara. Ruiz *et al.*, 2003.

VARIABLE	RANGO
Tipo climático	(A) C (W ¹)
Temperatura máxima media anual	18.4 – 24.0° C
Temperatura mínima media anual	10 – 12° C
Temperatura media anual	20 – 22° C
Zona térmica	Semicálida
Temperatura media periodo Jun.-Oct.	20 – 22° C
Temperatura media periodo Nov.-Abr.	16 – 18° C
Temperatura diurna media anual	20 – 22° C
Temperatura nocturna media anual	18 – 20° C
Unidades calor (5-25) acumulada anual	4500 – 5000 unidades
Unidades calor (10-30) acumulada anual	3500 – 4000 unidades
Unidades calor (15-35) acumulada anual	2100 – 2500 unidades
Horas frío anuales	700 – 1000 horas
Periodo libre de heladas	273 – 304 días
Humedad relativa anual	50 – 60 %
Precipitación acumulada promedio anual	1000 – 1200 mm
Precipitación acumulada promedio para el periodo Junio-Octubre	800 – 1000 mm
Coefficiente de precipitación/evaporación para el periodo Junio-Octubre	0.9 – 1.3
Duración de la estación de crecimiento	117 días
Pendiente del suelo	15 – 30 %
Exposición del terreno	Norte
Unidades del suelo	Vertisol
Textura del suelo	Media
Riesgo de erosión	50 – 200 ton/ha/año
Capacidad productiva de las áreas de temporal	Categoría alta
Oscilación térmica	14.0° C.
Fotoperíodo	12.3 horas
Numero de días con lluvia	90.2 días

3.2. Materiales utilizados

3.2.1. En campo

Los materiales utilizados en la instalación y conducción del ensayo en campo, fueron los siguientes. Físicos: maquinaria agrícola, báscula mecánica con capacidad de 250 g, báscula electrónica, báscula digital de 3,100 g., determinador de humedad electrónico, cubos de yeso, conductímetro, cinta métrica, azadones, estacas, hilo de rafia y bolsas de plástico. Materiales químicos: fertilizantes (urea, superfosfato de calcio triple); insecticidas (Furadán y Sevin 80%); herbicidas preemergentes (Lazo, Afilón); herbicida postemergente (Flex y Fusilade). Materiales orgánicos: composta tipo Bocashi (proceso lento), vermíabono, fermentado aeróbico de caprino y vacuno. Materiales Biológicos: agarres selectivos para cultivos microbiológicos como del tipo;

nutritivo, PDA y CAPEC Dox, micorriza cepa arvascular y semilla de frijol variedad Azufrado Tapatio.

3.2.2. En laboratorio

Los materiales físicos utilizados en la realización del experimento, fueron los siguientes: muestras de suelo, cajas de Petri, matraces Erlenmeyer, autoclave, balanza microgramétrica, microscopio compuesto, incubadora eléctrica, contador de colonias. Medios biológicos: agares Czapek Dox, nutritivo y PDA.

3.3. Métodos

3.3.1. Diseño de tratamientos y diseño experimental

En la definición de los tratamientos se utilizó un diseño factorial 2x2x2 más 5 tratamientos adicionales sumando un total de 13, para estudiar el efecto de la aplicación al suelo de insecticidas, herbicidas preemergentes, herbicidas postemergentes, fertilizantes químicos, vermiabono, fermentado aeróbico, composta y micorriza. En todos los casos, los niveles de aplicación fueron 0 (sin) y 1(con). La matriz de los tratamientos utilizados, se muestran en el Cuadro 5. El total de 13 tratamientos, se ubicaron en campo en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones.

Cuadro 5. Matriz de tratamientos en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

NUMERO DE TRATAMIENTO	FACTORES Y NIVELES I S - HA - HD - FQ - VA - FA - CP - MR
1	0-0-0-0-0-0-0-1
2	1-0-0-0-0-0-0-1
3	0-0-1-0-0-0-0-1
4	1-0-1-0-0-0-0-1
5	0-1-0-0-0-0-0-1
6	1-1-0-0-0-0-0-1
7	0-1-1-0-0-0-0-1
8	1-1-1-0-0-0-0-1
9	0-0-0-1-0-0-0-0
10	0-0-0-0-1-0-0-0
11	0-0-0-0-0-0-0-0
12	0-0-0-0-0-0-1-0
13	0-0-0-0-0-0-0-1

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aeróbico; CP, composta; MR, micorriza.

**Los niveles de los factores son sin aplicación (0) y con aplicación (1).

La unidad experimental consistió de cinco surcos de 5 metros de largo cada uno, trazados a 0.70 m de separación, equivalente a 17.50 m². La parcela útil constó de los tres surcos centrales, eliminando 0.5 m en los extremos (8.4 m²). En total, fueron 56 unidades experimentales, con una superficie total aproximada de 1,200 m², incluyendo andadores.

3.3.2. Manejo agronómico del ensayo

La preparación del terreno previa a la siembra, consistió de un paso de arado, dos pasos de rastra y surcado a 70 cm. La siembra se realizó entre los días 2 y 3 de agosto de 2005, de forma manual y sobre suelo húmedo. Se abrió una raya profunda en el lomo del surco, se aplicaron los insumos correspondientes a cada parcela, se cubrieron con una delgada capa de suelo y se sembró. Se utilizó la variedad de frijol Azufrado Tapatío, cultivar bien adaptado a las condiciones de Zapopan, depositando 100 semillas por metro lineal de surco.

Para prevenir el daño de plagas (*Diabrotica* spp. y *Empoasca* spp.) y enfermedades (*Colletotrichum lindemuthianum*) frecuentes en el sitio del ensayo, en la etapa de prefloración, se aplicaron los siguientes pesticidas: Sevín 80 P.H. y Daconil W 75%, ambos en presentación de polvos humectables, en dosis de 1.0 kg y 1.5 kg por hectárea, respectivamente.

El combate de maleza se realizó de acuerdo al diseño de tratamientos. Los herbicidas preemergentes Lazo y Afalón, se aplicaron en mezcla en dosis de 2.0 litros y 0.750 Kg. por hectárea, respectivamente; la aplicación se realizó dos días después de la siembra. Los herbicidas postemergentes Flex y Fusilade en dosis de 0.4 litros de cada uno, se aplicaron el 5 de septiembre, en etapa de prefloración. Los tratamientos sin herbicida, se mantuvieron limpios de forma manual, permanentemente.

La aplicación del fertilizante químico, tratamiento 60-60-00, se realizó en forma manual en el fondo de la raya de siembra, cubriendo el material con una delgada capa de suelo. Igualmente, los materiales orgánicos composta, vermífabono y los hongos micorrícicos, se aplicaron sobre la raya de siembra antes de depositar la semilla.

Las labores de cosecha que incluyeron arrancado, secado y trilla, se realizaron en forma manual. Las plantas se arrancaron por la mañana, se hicieron pilas entre los surcos y después se trillaron por la tarde. El producto se pesó posteriormente, se midió el porcentaje de humedad de la semilla y se ajustó a un 10% de humedad.

3.3.3. Registro de las variables en la planta de frijol

El registro de las variables en la planta de frijol bajo las condiciones de campo, se realizó en diferentes etapas fenológicas (López, 2000). Las etapas de desarrollo se especifican en el Cuadro 1. Las variables y etapas del registro durante el desarrollo del experimento, fueron las siguientes:

1. Adaptación vegetativa en Fase V4.
2. Número de plantas en surco central en fase V4.

3. Altura de plantas en fase R6.
4. Longitud de raíces en fase R6.
5. Biomasa húmeda en fase R6.
6. Biomasa seca en fase R6.
7. Adaptación vegetativa en fase R8.
8. Numero de plantas en el surco central en fase R8.
9. Longitud del tallo de 10 plantas en fase R8.
10. Biomasa húmeda de 10 plantas en fase R8.
11. Biomasa seca de 10 plantas en fase R8.
12. Número de plantas por parcela útil en fase R9.
13. Número de vainas de 10 plantas en fase R9.
14. Peso de 100 semillas en fase R9.
15. Producción de grano de las parcelas útiles (madurez de cosecha).

Las variables de planta, la fecha y la forma de evaluarlas y registrarlas, se muestran a continuación:

- Adaptación vegetativa en fase V4 (23 de agosto). Se refiere a una apreciación visual del vigor o desarrollo de las plantas. Se realizó en base a una escala numérica de 1 a 9, donde 1 es lo mejor y 9 lo peor; esta escala a su vez se agrupó en tres rangos: bueno (1, 2, 3); regular (4, 5, 6); deficiente (7, 8, 9).
- Valor agronómico en fase R8 (4 de octubre). Se refiere a una apreciación visual que integra a la vez tres caracteres de la planta: adaptación vegetativa, sanidad y potencial de rendimiento. Igualmente, se realizó en base a una escala numérica de 1 a 9, donde 1 es lo mejor y 9 lo peor; esta escala a su vez se agrupó en tres rangos: bueno (1, 2, 3); regular (4, 5, 6); deficiente (7, 8, 9).
- Número de plantas en surco central en fases V4 (24 de agosto) y R9 (10 de octubre). Se llevaron a cabo mediante un conteo de las plantas existentes en el surco central de cada parcela útil en las fechas señaladas.
- Altura de plantas en fase R6 (10 de septiembre). Consistió en llevar a cabo una medición de la altura desde la base del hipocotilo, hasta la parte alta del dosel vegetal. Se tomó un promedio de 10 mediciones con una regla.
- Longitud del tallo de 10 plantas en fase R7 (25 de septiembre). Para esta variable se extrajeron 10 plantas al azar de la parcela útil de cada unidad experimental y se midió la longitud del tallo desde la base del hipocotilo, hasta la punta del tallo.
- Longitud de raíces en fase R7 (25 de septiembre). Se extrajeron cuidadosamente 10 plantas de la parcela útil, se midió mediante una regla la longitud desde el cuello de la planta a la punta de la raíz principal.
- Biomosas húmedas en fases R6 (10 de septiembre) y R8 (4 de octubre). Consistió en extraer 10 plantas al azar de cada unidad experimental, se retiraron los residuos extraños de la muestra y se pesaron en una báscula electrónica.

- Biomásas secas en fases R6 (10 de septiembre) y R8 (4 de octubre). Se aprovecharon las mismas plantas del muestreo de biomasa húmeda, se secaron primero en invernadero y posteriormente en un horno de secado marca Binder y se pesaron en una báscula electrónica.
- Número de vainas de 10 plantas en fase R9 (28 de octubre). Esta variable se registró en precosecha, contando las vainas de 10 plantas extraídas de cada una de las parcelas útiles.
- Peso de 100 semillas (28 de noviembre). De la muestra de grano de cada una de las parcelas útiles del ensayo, se separaron 100 semillas al azar y se pesaron en una báscula electrónica.
- Peso de grano cosechado (4 de diciembre). Después de cosechar, limpiar y secar la semilla de cada una de las parcelas del ensayo, se procedió al pesado de las mismas, utilizando para ello una báscula electrónica con aproximación de dos gramos.

3.3.3.1. Variables edafológicas

1. Materia orgánica (%).
2. Conductividad eléctrica (mmhos/cm²).
3. Potencial Hidrógeno (pH).

3.3.2.1.1. Toma de muestras de suelo para variables edafológicas

Se realizaron tres muestreos de suelo, presiembra, floración y poscosecha; los muestreos se hicieron de acuerdo al manual para muestreo de suelos con fines de fertilidad, editado por la SAGARPA (2004). La primer toma de muestras se realizó el día 29 de Julio de 2005, extrayendo submuestras de todo el terreno y concentrando éstas en una sola muestra; la segunda y tercera extracciones, se realizaron los días 13 de septiembre y 10 de diciembre, respectivamente; se extrajeron muestras en cada una de las 26 unidades experimentales correspondientes a las repeticiones 1 y 3 del ensayo. Cada una de las muestras de 1.5 kg de suelo, se guardó en una bolsa de plástico para su traslado a laboratorio.

3.3.2.1.2. Trabajos de laboratorio

Las determinaciones de las variables edafológicas, se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Para los análisis de materia orgánica se utilizó el método Walkey-Black, en base a una muestra de cinco gramos de suelo. Para la medición del pH, se utilizó un potenciómetro, tomando como muestra base 50 g de suelo. Por lo que se refiere a la Conductividad Eléctrica, ésta se llevo a cabo mediante el método del conductímetro

3.3.3.2. Variables microbiológicas

1. Primera caracterización de bacterias en fase de floración (R6).

2. Primera caracterización de hongos en fase de floración (R6).
3. Primera caracterización de actinomicetos en fase de floración (R6).
4. Segunda caracterización de bacterias en etapa de poscosecha.
5. Segunda caracterización de hongos en etapa de poscosecha.
6. Segunda caracterización de actinomicetos en etapa de poscosecha.

3.3.3.2.1. Preparación de las diluciones de suelo

Se pesaron 10 gramos de suelo de cada una de las 26 muestras por estudiar correspondientes a las repeticiones 1 y 3 del ensayo. Se realizaron 9 diluciones decimales sucesivas de la siguiente manera: se disolvieron 10 gramos de suelo en 90 ml de agua destilada (dilución 1:10), se agitó el matraz hasta obtener una suspensión de suelo homogénea; se extrajo 1 ml de esa dilución y se transfirió a un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada y estéril (dilución 1:100), se agitó el matraz hasta obtener una suspensión de suelo homogénea; nuevamente se extrajo 1 ml de esa dilución y se transfirió a un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada y estéril (dilución 1:1000). De la misma manera se prepararon las restantes diluciones, hasta completar las 9 requeridas. Se observaron las precauciones asépticas en todos los casos, para evitar alguna contaminación. Una vez preparadas las diluciones, se procedió a inocular dentro de los 20 minutos siguientes.

3.3.3.2.3. Inoculación e incubación

Se prepararon 104 cajas de Petri con medio agar nutritivo para bacterias, 104 cajas de Petri con medio Czapek Dox para actinomicetos y 104 cajas de Petri con medio PDA para hongos, conservándolas a una temperatura de 40° C. Se aplicó 1 ml de las diluciones 10^{-3} y 10^{-5} a dos cajas de Petri en cada caso con agar nutritivo, se homogeneizó la dilución y se dejó solidificar. Esta misma operación se realizó para los medios Czapek Dox a las diluciones 10^{-4} y 10^{-6} y agar PDA para las diluciones 10^{-4} y 10^{-6} . El tiempo que transcurrió para esta operación no excedió de los 20 minutos desde la preparación de las diluciones hasta la inoculación de las cajas. Se rotularon las cajas de Petri en el fondo adhiriendo los datos siguientes: identificación de la muestra, dilución, volumen inoculado, tipo de microorganismo, fecha y número de dilución. Se invirtieron las cajas de Petri y se incubaron las bacterias por 24 horas, los hongos 72 horas y los actinomicetos por 6 días.

3.3.3.2.3. Determinaciones cuantitativas de las poblaciones microbianas

Al final del periodo de incubación del microorganismo correspondiente, se procedió a observar mediante un contador de colonias Quebec, el número de colonias por caja de Petri. El cálculo de la Estimación de la Población Microbiana (E.P.M.), se realizó utilizando el método del recuento de microorganismos por vaciado en placa, de la siguiente manera: se contaron las colonias de cada caja, considerando como colonias individuales a todas aquellas que distaron de las colonias próximas, al menos un diámetro de la colonia más pequeña. El valor obtenido se multiplicó por el factor de dilución, resultando así el número de unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en cada muestra, multiplicándose este resultado a su vez por el número de diluciones efectuadas (en este caso, 9) y dividiendo entre diez por los gramos de suelo utilizados. Este valor resulta la E.P.M./g de suelo. Para expresar la cantidad en menor

número de dígitos, se utilizaron exponentes. Para bacterias se utilizó el E.P.M. x g suelo x 10^{-16} ; para hongos y actinomicetos, E.P.M. x g suelo x 10^{-12} .

3.3.3.2.4. Análisis estadístico de las variables

Durante el desarrollo del ensayo en campo se registraron 22 variables, 13 correspondientes a la planta de frijol, tres a suelo y seis sobre la población microbiana presente en el suelo. Con los datos de cada una de las variables se practicaron análisis de varianza y en las variables de mayor interés y/o con efectos significativos de los tratamientos (13), se realizaron las comparaciones de promedios aplicando el método estadístico de la Diferencia Mínima Significativa. También se realizó un análisis de correlación múltiple, con las 15 variables consideradas relevantes. En el caso de las variables microbiológicas, se graficaron además los resultados promedio de los microorganismos en los tres muestreos y los resultados de los 13 tratamientos por cada microorganismo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza

Los resultados de los análisis de varianza practicados en cada una de las 22 variables cuantificadas correspondientes a planta, suelo-planta y variables microbiológicas registradas durante y después del ensayo de frijol, se muestran en los Cuadros 1.A al 22.A del Apéndice. Los Cuadros 6, 7 y 8 del capítulo presente, muestran en resumen los resultados de los análisis de varianza realizados.

4.1.1. Análisis de varianza a las variables de planta

El Cuadro 6 incluye un resumen de los resultados de los análisis de varianza de las variables de planta registradas en las cuatro repeticiones del ensayo y los estadísticos relevantes. En las variables número de ramas en 10 plantas y rendimiento de grano, los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$); en altura de planta, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$); en granos en 10 vainas y peso de 100 semillas, el análisis no detectó diferencias, (valores de F muy bajos, menores a la unidad), por lo que se decidió no continuar el análisis de estas dos variables.

Cuadro 6. Resultados de los Análisis de Varianza de seis variables de planta del ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

No. de variable	Variable	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	Coefficiente Variación
1	Altura de planta en fase de prefloración (R5)	18.543	2.57 *	0.0144	6.34 %
2	Ramas en 10 plantas en fase de madurez (R9)	19.619	2.83 **	0.0079	15.93 %
3	Vainas en 10 plantas en fase de madurez (R9)	761.333	1.83	0.0799	20.81 %
4	<i>Granos en fase de madurez (R9)</i>	143.035	0.83	0.6182	10.90 %
5	<i>Peso de 100 granos</i>	1.778	0.88	0.5745	5.03 %
6	Rendimiento de grano (g/Pu)	98382.231	3.73 **	0.0011	10.35 %

*Diferencias significativas al 0.05% de probabilidad de error.

**Diferencias significativas al 0.01% de probabilidad de error.

Variables registradas en cuatro repeticiones del ensayo.

Variable en cursiva, no se incluirán en la discusión.

4.1.2. Análisis de varianza a las variables de planta-suelo

El Cuadro 7, muestra los resultados de los análisis de varianza practicados en 10 variables con dos repeticiones (1 y 3), siete correspondientes a planta y tres a muestras de suelo. Según los resultados, únicamente se encontraron diferencias

altamente significativas en la variable conductividad eléctrica (CE) en el suelo. A excepción de longitud total de planta y potencial de Hidrógeno (pH), en el resto de los análisis, los coeficientes de variación son en general altos. Esto aunado a los pocos grados de libertad por el bajo número de repeticiones, no permitió detectar diferencias entre los tratamientos en nueve de las 10 variables del Cuadro 7. De manera similar a la medida considerada en las variables del Cuadro 6, en este grupo se continuará el análisis únicamente en las variables 2 (biomasa seca en floración), 7 (biomasa seca en llenado de vaina), 8 (materia orgánica en suelo), 9 (conductividad eléctrica en suelo) y 10 (potencial hidrogeno (pH) en suelo).

Cuadro 7. Resultados de los Análisis de Varianza de 10 variables de planta y suelo en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

No. de variable	Variable	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
1	Biomasa húmeda en fase de floración (R6)	15010.788	1.31	0.3250	25.58 %
2	Biomasa seca en fase de floración (R6)	517.949	1.16	0.4011	23.19 %
3	<i>Longitud total planta en fase de llenado de vaina (R8)</i>	<i>12040.385</i>	<i>0.78</i>	<i>0.6641</i>	<i>14.45 %</i>
4	Longitud de parte aérea en fase de llenado de vaina (R8)	8952.122	0.43	0.9184	24.22 %
5	<i>Longitud de raíz en fase de llenado de vaina (R8)</i>	<i>2810.295</i>	<i>0.91</i>	<i>0.5663</i>	<i>20.79 %</i>
6	Biomasa húmeda en fase de llenado de vaina (R8)	215937.038	0.71	0.7182	48.30 %
7	Biomasa seca en fase de llenado de vaina (R8)	8641.429	1.05	0.4685	40.21 %
8	Materia orgánica en suelo	0.070	0.66	0.7587	19.42 %
9	Conductividad eléctrica en suelo	123.205	6.16**	0.0018	29.75 %
10	Potencial hidrogeno (ph) en suelo	0.109	1.16	0.4028	6.02 %

**Diferencias significativas al 0.01% de probabilidad de error.
 Variables registradas en dos repeticiones del ensayo.
 Variable en cursiva, no se incluirán en la discusión.

4.1.3. Análisis de varianza de las variables microbiológicas

El Cuadro 8 presenta los resultados de los análisis de varianza realizados en las seis variables correspondientes a microorganismos del suelo. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) en la estimación de la población microbiana en bacterias en los dos muestreos (floración y poscosecha) y en el segundo muestreo (poscosecha) de actinomicetos. Dado el interés de estas variables en el estudio, en este caso se continuará con el análisis de las seis variables.

Cuadro 8. Resultados de los Análisis de Varianza de seis variables microbiológicas del cálculo de la estimación de la población microbiana en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

No. de Variable	Variable	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
1	E. P. M. de bacterias en fase de floración (R6)	43554660.737	4.51**	0.0071	33.30 %
2	E. P. M. de bacterias en fase de poscosecha (R9)	4711449.679	4.40**	0.0079	25.37 %
3	E. P. M. de hongos en fase de floración (R6)	1751634.615	0.79	0.6557	34.88 %
4	E. P. M. de hongos en fase de poscosecha (R9)	13169.205	1.24	0.3565	26.54 %
5	E. P. M. de actinomicetos en fase de floración (R6)	3712871.635	2.13	0.1027	38.26 %
6	E. P. M. de actinomicetos en fase de poscosecha (R9)	48037179.167	16.25**	0.000	39.76 %

*Diferencias significativas al 0.01% de probabilidad de error.

**Diferencias significativas al 0.01% de probabilidad de error.

Variables registradas en dos repeticiones del ensayo.

E. P. M., Estimación de la Población Microbiana.

El Cuadro 9 muestra la comparación de promedios de la variable altura de planta en fase de floración. Según la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales entre si, excepto el numero 9, correspondiente a la aplicación de fertilizante químico. En esta etapa, el tratamiento 9 registró menor desarrollo, por efecto de su resiembra 10 días después y no por causas atribuibles al fertilizante. Es decir, en el tratamiento que llevó fertilización química, la resiembra retrasó la emergencia y el desarrollo de la planta, por lo que la altura del frijol en este tratamiento registró un valor significativamente menor. La resiembra fue necesaria, ya que el fertilizante químico aplicado en la primera siembra, quedó cerca de la semilla e impidió la buena germinación y emergencia de las plantas; es decir, hubo una acción logística no planeada a la cual se tuvo que recurrir, más que como un procedimiento metodológico.

Cuadro 9. Resultados promedio en la variable altura de planta en fase de prefloración (R5) en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Altura de Planta (cm)	Comparación Promedios DMS 0.05
1	0-0-0-0-0-0-1-0	44.60	A
6	1-1-0-0-0-0-1-0	44.50	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	44.25	A
13	0-0-0-0-0-0-0-1	44.20	A
8	1-1-1-0-0-0-1-0	43.40	A
12	0-0-0-0-0-1-0-0	43.30	A
11	0-0-0-0-0-0-0-0	42.75	A
10	0-0-0-0-1-0-0-0	42.25	A
7	0-1-1-0-0-0-1-0	41.60	A
5	0-1-0-0-0-0-1-0	41.15	A
3	0-0-1-0-0-0-1-0	41.05	A
4	1-0-1-0-0-0-1-0	41.05	A
9	0-0-0-1-0-0-0-0	36.75	B

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermíabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

El análisis de varianza (ANVA) para la variable ramas en 10 plantas en fase de madurez (R9), encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 10). La prueba DMS establece cuatro grupos de tratamientos estadísticamente iguales entre sí. El primer grupo lo constituyen los tratamientos 6, 8, 5 y 2, los cuales llevaron aplicación de insecticida al suelo, herbicida preemergente y composta como factor común, a excepción de los tratamientos 5 (no insecticida) y el 2 (no herbicida preemergente). Por otra parte, el cuarto grupo de menor número de ramas integrado por los tratamientos 7, 9, 13, 12 y 10, no llevan insecticida al suelo, herbicidas, ni composta, excepto el número 7 que lleva herbicidas y composta. Los resultados anteriores sugieren una asociación positiva entre la aplicación de insecticida al suelo, herbicida preemergente y composta, con mayor número de ramas en la planta de frijol.

Cuadro 10. Resultados promedio en la variable ramas en 10 plantas en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Ramas en 10 Plantas	Comparación Promedios DMS 0.05
6	1-1-0-0-0-1-0	20.75	A
8	1-1-1-0-0-1-0	20.00	AB
5	0-1-0-0-0-1-0	17.75	ABC
2	1-0-0-0-0-1-0	17.25	ABC
4	1-0-1-0-0-1-0	16.75	BC
11	0-0-0-0-0-0-0	16.75	BC
1	0-0-0-0-0-1-0	16.50	BC
3	0-0-1-0-0-1-0	16.25	BC
7	0-1-1-0-0-1-0	15.75	CD
9	0-0-0-1-0-0-0	15.75	CD
13	0-0-0-0-0-0-1	14.75	CD
12	0-0-0-0-1-0-0	14.50	CD
10	0-0-0-1-0-0-0	12.25	D

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

El Cuadro 11, muestra la comparación de promedios de la variable vainas en 10 plantas en fase de madurez (R9). No obstante que el análisis de varianza no encontró diferencias significativas entre tratamientos, se aprecia una tendencia de valores numéricos más altos en los tratamientos que contienen composta, como factor común. De acuerdo con lo asentado en la literatura (Dick y McCoy, 1993; Martínez, 1975), en el ensayo se esperaba un mayor efecto de la adición de composta. Es importante señalar, que en maíz se han obtenido efectos positivos, pero con mayores cantidades de composta (Martínez, 1975).

Cuadro 11. Resultados promedio en la variable vainas en 10 plantas en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Vainas en 10 Plantas	Comparación Promedios DMS 0.05
6	1-1-0-0-0-0-1-0	116.8	A
5	0-1-0-0-0-0-1-0	112.3	AB
2	1-0-0-0-0-0-1-0	108.3	ABC
1	0-0-0-0-0-0-1-0	105.3	ABC
7	0-1-1-0-0-0-1-0	105.0	ABC
11	0-0-0-0-0-0-0-0	103.8	ABC
8	1-1-1-0-0-0-1-0	103.5	ABC
4	1-0-1-0-0-0-1-0	99.50	ABC
3	0-0-1-0-0-0-1-0	97.50	ABC
13	0-0-0-0-0-0-0-1	89.25	ABCD
12	0-0-0-0-0-1-0-0	84.25	BCD
9	0-0-0-1-0-0-0-0	80.50	CD
10	0-0-0-0-1-0-0-0	68.25	D

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Como se ha indicado, se detectaron diferencias altamente significativas en la variable rendimiento de grano. El Cuadro 12 muestra la comparación de promedios, donde la prueba DMS establece seis grupos de tratamientos estadísticamente iguales. El grupo de mayor rendimiento lo constituyen los tratamientos 5, 3, 11, 2, 6, 4, y 10, los cuales llevaron composta como factor común, algunos insecticida al suelo y otros herbicida. El sexto y último grupo de esta variable integrado por los tratamientos 8, 13, 12 y 9, no llevan insecticida al suelo, herbicidas, ni composta, excepto el número 8 que lleva insecticida, herbicidas y composta. En este aspecto, el rendimiento de grano muestra un comportamiento similar a las variables ramas en 10 plantas; es decir, la aplicación de insecticida al suelo, el uso de herbicida y la aplicación de composta, muestran una clara tendencia a incrementar el número de ramas, el número de vainas y a mejorar los rendimientos de grano. Los resultados obtenidos en las tres variables mencionadas, mostraron un comportamiento lógico; es decir, la aplicación de insecticida al suelo, el uso de herbicidas y la aplicación de composta, redundan en un mayor número de ramas y en consecuencia, de un rendimiento mayor. Este resultado concuerda con lo expresado por Martínez, 1975, Dick y McCoy (1993), Chen e Inbar (1993), Huang y Wang (1993), Paino (1996) y Keeling (1994) entre otros, quienes señalan que la aplicación de compostas maduras mejoran la fertilidad del suelo. Igualmente, la aplicación de herbicidas contribuyó a un mejor control de maleza, dando

como resultado una tendencia de mejor desarrollo del frijol y mayor rendimiento (Alemán *et al.*, 1996 y Lépiz *et al.*, 2007).

Por otra parte, las aplicaciones de fertilizante químico, vermiabono, fermentado aeróbico y micorrizas al suelo, no mostraron ningún efecto sobre el rendimiento de grano. En el caso de la ausencia de respuesta del frijol a la fertilización química, contraria a lo señalado en la literatura (Alemán *et al.*, 1996 y Lépiz *et al.*, 2007), se explica por el efecto negativo de la resiembra del frijol realizada 10 días después en este tratamiento, hecho que afectó las variables altura de planta, ramas por planta y rendimiento de grano (Cuadros 9, 11 y 12). Es decir, el efecto negativo de la resiembra fue mayor, al efecto positivo esperado de la fertilización química (Alemán *et al.*, 1996 y Lépiz *et al.*, 2007). Como se explicó previamente, recurrir a la resiembra fue un procedimiento logístico de emergencia, más que metodológico. Por lo que respecta a la ausencia de respuesta del frijol a las aplicaciones de vermiabono y fermentado aeróbico, muy probablemente las dosis utilizadas y la heterogeneidad del terreno, no permitieron apreciar la respuesta esperada.

Cuadro 12. Resultados promedio en la variable rendimiento de grano (g/Pu) en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Rendimiento de Grano (g/pu)**	Comparación Promedios DMS 0.05
5	0-1-0-0-0-0-1-0	1779.00	A
3	0-0-1-0-0-0-1-0	1762.00	AB
11	0-0-0-0-0-0-0-0	1759.00	AB
2	1-0-0-0-0-0-1-0	1657.00	ABC
6	1-1-0-0-0-0-1-0	1620.00	ABCD
4	1-0-1-0-0-0-1-0	1606.00	ABCD
7	0-1-1-0-0-0-1-0	1605.00	ABCD
10	0-0-0-0-1-0-0-0	1557.00	ABCDE
1	0-0-0-0-0-0-1-0	1541.00	BCDE
8	1-1-1-0-0-0-1-0	1434.00	CDEF
13	0-0-0-0-0-0-0-1	1418.00	DEF
12	0-0-0-0-0-1-0-0	1366.00	EF
9	0-0-0-1-0-0-0-0	1284.00	F

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

** Gramos por parcela útil de 17.50 m².

En los Cuadros 13 y 14, se muestran las comparaciones de promedios de la variable biomasa seca en fase de floración (R6) y biomasa seca en madurez (R9). En los dos casos el ANVA no encontró efecto de los tratamientos sobre estas variables, sin embargo, el tratamiento 9 con fertilizante, registró el menor valor numérico. Este resultado es similar al registrado para altura de planta y rendimiento de grano; es decir y como se puntualizó anteriormente para las variables referidas, el efecto negativo de la resiembra fue mayor, al efecto positivo esperado de la fertilización química (Alemán *et al.*, 1996 y Lépiz *et al.*, 2007).

Cuadro 13. Resultados promedio en la variable biomasa seca en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Biomasa seca en R6 g/10 plantas	Comparación Promedio DMS 0.05
8	1-1-1-0-0-0-1-0	115.00	A
7	0-1-1-0-0-0-1-0	107.50	A
6	1-1-0-0-0-0-1-0	102.50	A
1	0-0-0-0-0-0-1-0	100.00	AB
11	0-0-0-0-0-0-0-0	100.00	AB
3	0-0-1-0-0-0-1-0	97.50	AB
10	0-0-0-0-1-0-0-0	95.00	AB
4	1-0-1-0-0-0-1-0	87.50	AB
13	0-0-0-0-0-0-0-1	87.50	AB
12	0-0-0-0-0-1-0-0	85.00	AB
2	1-0-0-0-0-0-1-0	77.50	AB
5	0-1-0-0-0-0-1-0	77.50	AB
9	0-0-0-1-0-0-0-0	52.50	B

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Cuadro 14. Resultados promedio en la variable biomasa seca en fase de madurez (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Biomasa seca en R8 g/10 plantas	Comparación Promedios DMS 0.05
1	0-0-0-0-0-0-1-0	370.50	A
8	1-1-1-0-0-0-1-0	292.00	AB
5	0-1-0-0-0-0-1-0	276.50	AB
6	1-1-0-0-0-0-1-0	255.50	AB
11	0-0-0-0-0-0-0-0	240.50	AB
7	0-1-1-0-0-0-1-0	233.00	AB
3	0-0-1-0-0-0-1-0	223.50	AB
13	0-0-0-0-0-0-0-1	212.00	AB
4	1-0-1-0-0-0-1-0	204.50	AB
2	1-0-0-0-0-0-1-0	196.50	AB
10	0-0-0-0-1-0-0-0	172.00	AB
12	0-0-0-0-0-1-0-0	135.00	B
9	0-0-0-1-0-0-0-0	125.00	B

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiábono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

El Cuadro 15, muestra los promedios de los tratamientos en la variable materia orgánica, donde la prueba de F no detectó efecto de los tratamientos. Este resultado contrasta con lo esperado y señalado por varios autores, en el sentido de que la adición de abonos orgánicos, ente ellos la composta y el vermiábono, incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo (Dick y McCoy, 1993). Es conveniente mencionar que la literatura señala incrementos en la materia orgánica del suelo, con aplicaciones constantes y de mayores volúmenes a los utilizados en esta investigación (Dick y McCoy, 1993; Labrador y Guiberteau, 1995).

Cuadro 15. Resultados promedio en la variable materia orgánica, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Materia Orgánica (%)	Comparación Promedios DMS 0.05
5	0-1-0-0-0-0-1-0	1.950	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	1.910	A
4	1-0-1-0-0-0-1-0	1.850	AB
13	0-0-0-0-0-0-0-1	1.815	AB
7	0-1-1-0-0-0-1-0	1.765	AB
10	0-0-0-0-1-0-0-0	1.720	AB
8	1-1-1-0-0-0-1-0	1.675	AB
6	1-1-0-0-0-0-1-0	1.585	AB
12	0-0-0-0-0-1-0-0	1.585	AB
11	0-0-0-0-0-0-0-0	1.585	AB
1	0-0-0-0-0-0-1-0	1.490	AB
3	0-0-1-0-0-0-1-0	1.480	AB
9	0-0-0-1-0-0-0-0	1.315	B

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermífabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

El Cuadro 16, muestra la comparación de promedios de la variable conductividad eléctrica, donde la prueba DMS establece dos grupos de tratamientos. En el primer grupo destaca el tratamiento con fertilizante químico, con el mayor valor. Este resultado sugiere que la adición de fertilizante químico al suelo, modificó la conductividad eléctrica. Porta *et al.* (1999), establecen que el flujo eléctrico en el suelo se estimula por el incremento de sales solubles presentes o adicionadas. En este caso, la adición de fertilizante químico al suelo, posiblemente incrementó la presencia de sales con sus iones respectivos, dando como resultado un valor mayor de la conductividad eléctrica en este tratamiento. También se aprecia cierta asociación, entre la no aplicación de composta y menor conductividad eléctrica. En este sentido Hossner y Juo (1999), establecen que los abonos orgánicos aumentan la capacidad amortiguadora del suelo; la tendencia de una asociación entre adiciones de composta y menor CE, podría deberse a este efecto.

Cuadro 16. Resultados promedio en la variable conductividad eléctrica, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA.2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Conductividad Eléctrica (mmhos/cm ²)	Comparación Promedios DMS 0.05
9	0-0-0-1-0-0-0-0	39.50	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	17.00	AB
4	1-0-1-0-0-0-1-0	15.50	AB
5	0-1-0-0-0-0-1-0	15.00	B
12	0-0-0-0-0-1-0-0	15.00	B
8	1-1-1-0-0-0-1-0	14.50	B
6	1-1-0-0-0-0-1-0	13.50	B
3	0-0-1-0-0-0-1-0	13.00	B
1	0-0-0-0-0-0-1-0	12.50	B
13	0-0-0-0-0-0-0-1	12.00	B
7	0-1-1-0-0-0-1-0	11.00	B
11	0-0-0-0-0-0-0-0	11.00	B
10	0-0-0-0-1-0-0-0	6.000	B

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Tanto la prueba de F, como la DMS del Cuadro 17, muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la variable potencial de hidrógeno (pH). No obstante el bajo coeficiente de variación y la diferencia de casi un punto en el pH entre los tratamientos con mayor y menor valor numérico, las pruebas estadísticas señalan que no hubo efecto de los tratamientos sobre el contenido de iones hidrógeno en el suelo. Lo anterior puede significar, que las cantidades aplicadas de elementos como fertilizante y composta, fueron pequeñas para cambiar el pH del suelo. En este sentido son las afirmaciones de Dick y McCoy (1993), quienes señalan que para lograr un cambio en las propiedades físico-químicas de los suelos, en general se requieren de aplicaciones altas de composta.

Cuadro 17. Resultados promedio en la variable potencial de hidrogeno (pH), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Potencial Hidrogeno (pH)	Comparación Promedios DMS 0.05
6	1-1-0-0-0-0-1-0	5.405	A
13	0-0-0-0-0-0-0-1	5.380	A
7	0-1-1-0-0-0-1-0	5.295	A
1	0-0-0-0-0-0-1-0	5.285	A
11	0-0-0-0-0-0-0-0	5.210	A
4	1-0-1-0-0-0-1-0	5.195	A
3	0-0-1-0-0-0-1-0	5.110	A
12	0-0-0-0-0-1-0-0	5.080	A
10	0-0-0-0-1-0-0-0	5.065	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	4.945	A
9	0-0-0-1-0-0-0-0	4.790	A
5	0-1-0-0-0-0-1-0	4.755	A
8	1-1-1-0-0-0-1-0	4.715	A

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

El análisis de varianza, detectó diferencias altamente significativas entre los tratamientos en la variable número más probable de bacterias. Los Cuadros 18 y 19 muestran la comparación de promedios en los dos muestreos realizados, correspondientes a las fases de floración (R6) y poscosecha. La prueba DMS establece seis grupos de tratamientos estadísticamente iguales para el primer caso y cinco para el segundo. En ambos cuadros se aprecia una clara tendencia de mayor número de bacterias en los tratamientos que no llevaron aplicación de agroquímicos; de igual manera, el número de bacterias es menor en los tratamientos con agroquímicos. Este resultado sugiere que la aplicación de insecticida, herbicidas y fertilizante químico, pudo afectar negativamente a la población bacteriana del suelo. Sobre este particular, Madigan *et al.* (1998), sostienen que algunos factores ambientales como los fertilizantes químicos y pesticidas, afectan al desarrollo microbiano, factores que inhiben el crecimiento, pudiendo incluso causar su muerte.

Adicionalmente, la aplicación de vermiabono, fermentado aeróbico y micorrizas, muestran una asociación positiva con el número de bacterias. Santos (2001) indica que en los suelos sometidos a la aplicación continua de fertilizantes químicos, compactados, con niveles mínimos de materia orgánica y con bajo

contenido de microorganismos, entre ellos las bacterias, se revierte este problema con la aplicación de abonos orgánicos, como estiércoles, compostas, vermíabono y abonos verdes, entre otros.

Cuadro 18. Resultados promedios en la variable estimación de la población microbiana de bacterias por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA.2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Bacterias Fase Floración (R6) ($\times 10^{-16}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
12	0-0-0-0-0-0-0-1	19100.00	A
11	0-0-0-0-0-0-0-0	15940.00	AB
10	0-0-0-0-1-0-0-0	12960.00	ABC
7	0-1-1-0-0-0-1-0	11800.00	BCD
1	0-0-0-0-0-0-1-0	10650.00	BCDE
13	0-0-0-0-0-1-0-0	9730.00	BCDEF
4	1-0-1-0-0-0-1-0	7905.00	CDEF
3	0-0-1-0-0-0-1-0	7713.00	CDEF
9	0-0-0-1-0-0-0-0	7238.00	CDEF
8	1-1-1-0-0-0-1-0	5435.00	DEF
6	1-1-0-0-0-0-1-0	4640.00	EF
2	1-0-0-0-0-0-1-0	4363.00	EF
5	0-1-0-0-0-0-1-0	3833.00	F

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermíabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Cuadro 19. Resultados promedio de la variable estimación de la población microbiana de bacterias por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA.2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Bacterias Fase Poscosecha (R9) ($\times 10^{-16}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
10	0-0-0-0-1-0-0-0	7425.00	A
12	0-0-0-0-0-1-0-0	6050.00	AB
13	0-0-0-0-0-0-0-1	5500.00	ABC
9	0-0-0-1-0-0-0-0	4770.00	BCD
4	1-0-1-0-0-0-1-0	4293.00	BCD
3	0-0-1-0-0-0-1-0	4293.00	BCD
7	0-1-1-0-0-0-1-0	3535.00	CDE
5	0-1-0-0-0-0-1-0	3283.00	CDE
11	0-0-0-0-0-0-0-0	3283.00	CDE
1	0-0-0-0-0-0-1-0	3250.00	CDE
2	1-0-0-0-0-0-1-0	2778.00	DE
6	1-1-0-0-0-0-1-0	2525.00	DE
8	1-1-1-0-0-0-1-0	2020.00	E

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza

Por otra parte se puede observar en la Figura 1 de forma clara, un comportamiento descendente del cálculo en la estimación probable de bacterias en el ensayo, de 17,000 a 4,000 E.P.M/g suelo $\times 10^{-16}$, desde el momento de presiembr (29/07/05), a la época de poscosecha (13/12/05). El descenso observado podría atribuirse a la menor humedad disponible en el suelo en el mes de diciembre, a las temperaturas menores o a una combinación de ambas, condiciones que probablemente mermaron la población de bacterias en el suelo (Madigan *et al.* (1998).

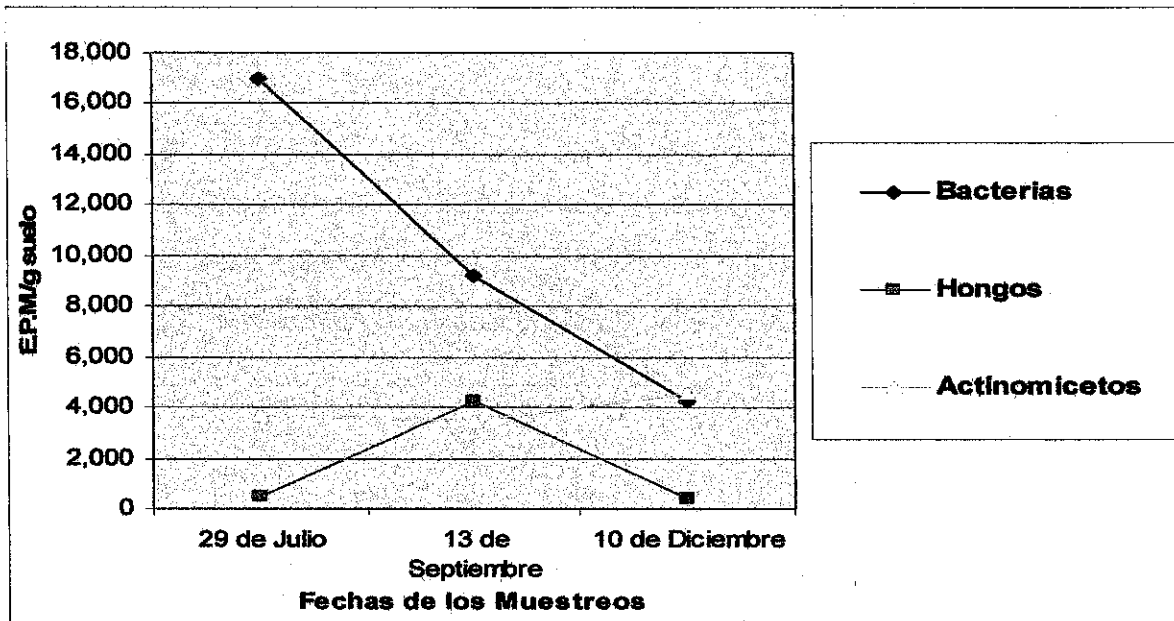


Figura 1. Comportamiento promedio de los microorganismos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.

Adicionalmente, en la Figura 2 se puede apreciar un comportamiento diferente en la población bacteriana en los dos últimos muestreos practicados; en el muestreo de septiembre se observa una amplia variación entre los valores promedio correspondientes a los tratamientos, en tanto que en el muestreo de diciembre, las diferencias entre los valores de población estimada en los tratamientos, son menores. De forma similar a lo explicado en la Figura 1, el comportamiento observado podría atribuirse a la menor humedad disponible en el suelo en el mes de diciembre, a las temperaturas menores o a una combinación de ambas, condiciones que mermaron la población de bacterias en el suelo. Este resultado está de acuerdo con Madigan *et al.* (1998), quienes mencionan que las condiciones físicas del medio ambiente tales como temperaturas, presión osmótica, contenido de agua y radiación, inhiben el desarrollo de estos microorganismos.

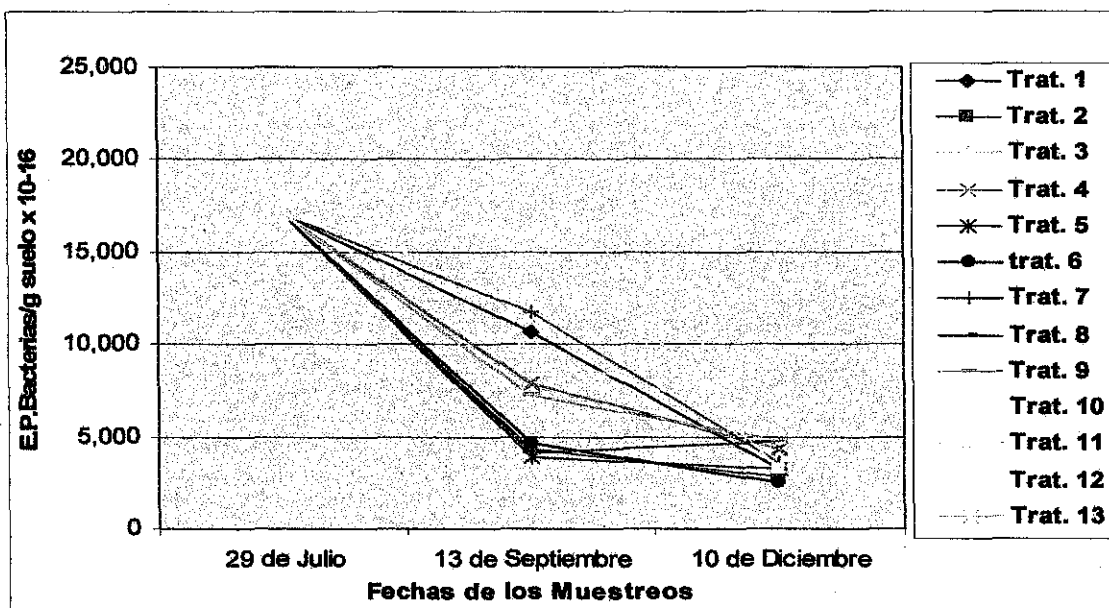


Figura 2. Comportamiento promedio de las bacterias en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.

Los resultados de los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas en la estimación de la población microbiana de hongos en ninguno de los dos muestreos de suelo practicados en floración y poscosecha (Cuadro 8). No obstante el resultado anterior, en los Cuadros 20 y 21 se aprecia en general, que los valores numéricos mayores corresponden a los tratamientos donde no se aplicaron agroquímicos al suelo. Esta aparente tendencia observada muestra similitud a lo encontrado en bacterias y podría apoyarse igualmente en las afirmaciones de *Madigan et al.* (1998), quienes sostienen que los factores ambientales como la aplicación de agroquímicos, afectan al desarrollo microbiano.

Cuadro 20. Resultados promedios en la variable estimación de la población microbiana de hongos por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Hongos Fase Floración (R6) ($\times 10^{-12}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
9	0-0-0-1-0-0-0-0	5550.00	A
4	1-0-1-0-0-0-1-0	5250.00	A
13	0-0-0-0-0-0-0-1	5150.00	A
12	0-0-0-0-0-1-0-0	4850.00	A
1	0-0-0-0-0-0-1-0	4775.00	A
6	1-1-0-0-0-0-1-0	4475.00	A
5	0-1-0-0-0-0-1-0	4425.00	A
11	0-0-0-0-0-0-0-0	4400.00	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	3975.00	A
10	0-0-0-0-1-0-0-0	3925.00	A
7	0-1-1-0-0-0-1-0	3600.00	A
8	1-1-1-0-0-0-1-0	2750.00	A
3	0-0-1-0-0-0-1-0	2400.00	A

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiábono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Cuadro 21. Resultados promedio en la variable estimación de la población microbiana de hongos por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamiento IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Hongos Fase Poscosecha (R9) ($\times 10^{-12}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
13	0-0-0-0-0-0-0-1	535.00	A
11	0-0-0-0-0-0-0-0	514.00	AB
12	0-0-0-0-0-1-0-0	464.50	ABC
5	0-1-0-0-0-0-1-0	448.00	ABC
3	0-0-1-0-0-0-1-0	394.50	ABC
7	0-1-1-0-0-0-1-0	386.50	ABC
8	1-1-1-0-0-0-1-0	385.00	ABC
6	1-1-0-0-0-0-1-0	362.50	ABC
9	0-0-0-1-0-0-0-0	332.50	ABC
1	0-0-0-0-0-0-1-0	319.00	ABC
10	0-0-0-0-1-0-0-0	310.50	BC
2	1-0-0-0-0-0-1-0	307.50	BC
4	1-0-1-0-0-0-1-0	283.50	C

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Adicionalmente, la Figura 3 muestra que en el muestreo practicado en septiembre, hubo un incremento en la amplitud de la variación en la población de hongos entre los tratamientos, así como una mayor población en relación a los muestreos de presiembra y poscosecha (Figura 1). La amplitud en la variación de la población de hongos en el muestreo de septiembre, muestra similitud con lo registrado en bacterias (Figura 2). Posiblemente la mayor disponibilidad de humedad y las temperatura más altas presentes a mediados de septiembre, favorecieron el desarrollo de una mayor población de hongos.

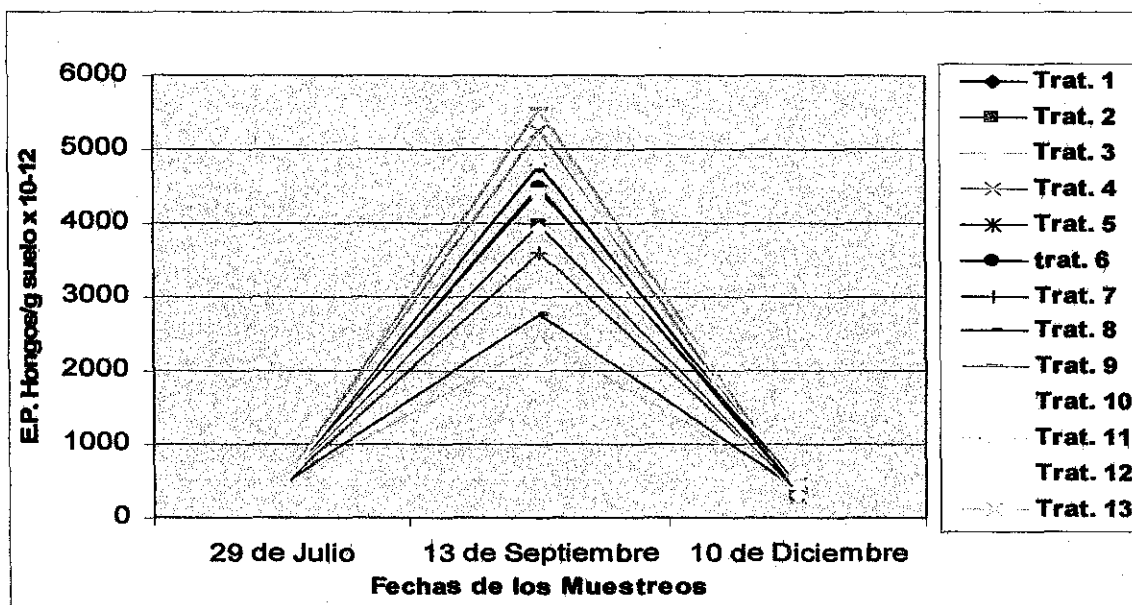


Figura 3. Comportamiento promedio de los hongos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.

En relación a la variable estimación de la población microbiana en actinomicetos, el análisis de varianza no encontró diferencias significativas en el muestreo en la etapa de floración, pero sí en el de poscosecha (Cuadro 8). En ambos casos, el tratamiento 9 que llevó fertilizante químico, se ubicó como primero en las tablas de comparación de promedios (Cuadros 22 y 23); los tratamientos 4, 8 y 2, del grupo de mayor población de actinomicetos (Cuadro 23), llevaron insecticida y dos de ellos herbicida. Este resultado permite inferir, que la aplicación de agroquímicos al suelo favoreció de alguna manera la población de actinomicetos, resultado inverso al comportamiento general observado en bacterias, donde los productos químicos mostraron una tendencia de reducir la población del microorganismo señalado. En el Cuadro 23 se puede observar también que el grupo de tratamientos con número de actinomicetos significativamente menor en la etapa de poscosecha, no llevaron aplicación de insecticida, fertilizante químico, ni micorrizas. Los resultados encontrados con actinomicetos, concuerdan con lo reportado en la literatura, que señala que los actinomicetos presentes en el suelo, pueden constituir hasta el 50% de la comunidad total de microorganismos, especialmente cuando hay sequedad y la presencia y competencia de bacterias y hongos se reduce; bajo estas condiciones de un medio relativamente adverso y en ausencia de competencia por bacterias y hongos, la población de actinomicetos es significativamente alta (Sykes y Skinne, 1999).

Cuadro 22. Resultados promedios en la variable estimación de la población microbiana de actinomicetos por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Actinomicetos Fase Floración (R6) ($\times 10^{-12}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
9	0-0-0-1-0-0-0-0	5500.00	A
1	0-0-0-0-0-0-1-0	5350.00	AB
12	0-0-0-0-0-1-0-0	4675.00	ABC
13	0-0-0-0-0-0-0-1	4550.00	ABC
10	0-0-0-0-1-0-0-0	4513.00	ABC
11	0-0-0-0-0-0-0-0	4013.00	ABCD
7	0-1-1-0-0-0-1-0	3000.00	ABCD
2	1-0-0-0-0-0-1-0	2768.00	ABCD
8	1-1-1-0-0-0-1-0	2525.00	BCD
3	0-0-1-0-0-0-1-0	2250.00	CD
4	1-0-1-0-0-0-1-0	2250.00	CD
5	0-1-0-0-0-0-1-0	2000.00	CD
6	1-1-0-0-0-0-1-0	1500.00	D

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Cuadro 23. Resultados promedios en la variable estimación de la población microbiana de actinomicetos por gramo de suelo en muestras extraídas en fase de poscosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

No. de Tratamiento	Tratamientos IS-HA-HD-FQ-VA-FA-CP-MR*	Actinomicetos Fase Poscosecha (R9) ($\times 10^{-12}$)	Comparación Promedios DMS 0.05
9	0-0-0-1-0-0-0-0	11910.00	A
4	1-0-1-0-0-0-1-0	112920.00	A
8	1-1-1-0-0-0-1-0	10250.00	A
2	1-0-0-0-0-0-1-0	8808.00	AB
13	0-0-0-0-0-0-0-1	6433.00	B
11	0-0-0-0-0-0-0-0	6135.00	B
6	1-1-0-0-0-0-1-0	542.00	C
10	0-0-0-0-1-0-0-0	370.00	C
3	0-0-1-0-0-0-1-0	172.00	C
7	0-1-1-0-0-0-1-0	120.00	C
5	0-1-0-0-0-0-1-0	75.00	C
12	0-0-0-0-0-1-0-0	62.50	C
1	0-0-0-0-0-0-1-0	60.00	C

*IS, insecticida al suelo; HA, herbicida preemergente; HD, herbicida postemergente; FQ, fertilizante químico; VA, vermiabono; FA, fermentado aerobio; CP, composta; MR, micorriza.

Por su parte, la Figura 1 muestra que la población promedio de actinomicetos fue similar en los tres muestreos practicados (presembrado, floración y poscosecha); sin embargo, la Figura 4 señala que en el muestreo de poscosecha, hubo una amplia variación del número más probable de actinomicetos entre los tratamientos estudiados, donde los tratamientos 9, 4, 8 y 2 presentaron poblaciones significativamente mayores. Estas observaciones ratifican lo encontrado en los análisis de varianza, donde en el muestreo de poscosecha hubo efectos altamente significativos de algunos tratamientos.

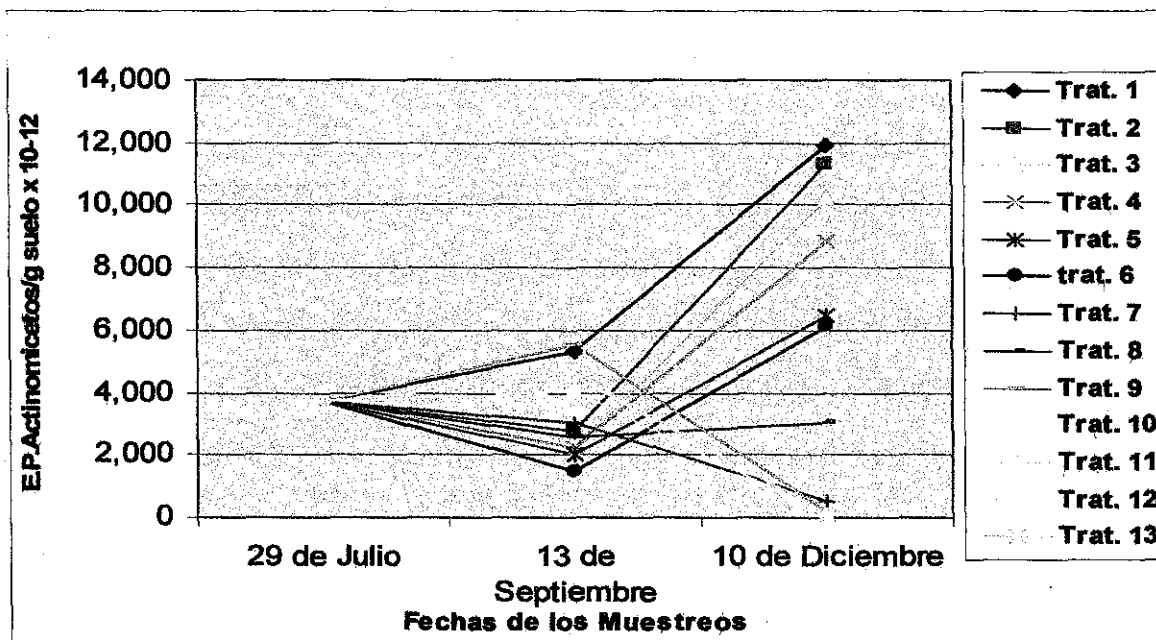


Figura 4. Comportamiento promedio de los actinomicetos en todos los tratamientos y muestreos. CUCBA, 2005.

Por lo que respecta al contenido de humedad en el suelo, se puede afirmar que al momento de la siembra, este fue alto y se mantuvo a capacidad de campo prácticamente hasta el 15 de septiembre; debido a la falta de precipitación en un período cercano a las dos semanas, entre el 25 de septiembre y el 8 de octubre, la humedad aprovechable del suelo bajó a menos del 40% (Figura 5), para llegar nuevamente a capacidad de campo el 15 de octubre, manteniéndose en ese nivel hasta el 30 del mismo mes, fecha en que por la ausencia de las lluvias volvió a descender. Al relacionar la población microbiana con el contenido de humedad en el suelo, se puede afirmar que en los muestreos de presembrado y en etapa de floración del frijol, la humedad fue alta; en el tercer y último muestreo de poscosecha, la humedad ya había descendido a niveles de punto de marchitamiento permanente.

Al relacionar el factor humedad en el suelo con la población microbiana, de acuerdo con lo encontrado en los tres muestreos practicados, se puede decir que los microorganismos estudiados, mostraron un comportamiento diferente. Las bacterias redujeron la población de manera significativa en el segundo y tercer muestreos (Figuras 1 y 2); los hongos mostraron una tendencia de incremento en el segundo muestreo (Figuras 1 y 3), en tanto que los actinomicetos, aunque los promedios fueron similares en los tres muestreos, en el muestreo de poscosecha con menor contenido de humedad, presentaron una amplia variación entre tratamientos, mostrando algunos de ellos poblaciones significativamente altas (Figuras 1 y 4).

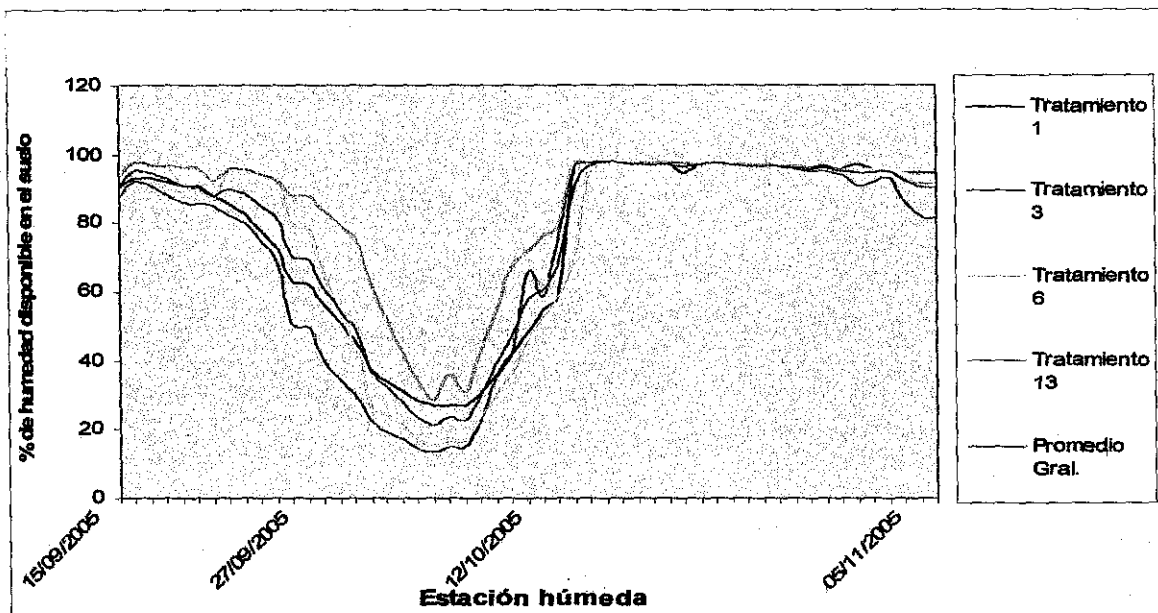


Figura 5. Contenido de humedad disponible en el suelo en algunos tratamientos, durante las etapas de prefloración (R5), a madurez de cosecha (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos. CUCBA, 2005.

Finalmente, la disponibilidad de agua en el suelo durante el ciclo con una disminución significativa en la tercera decena de septiembre, afectó significativamente el rendimiento promedio de frijol. En años con ausencia del período seco registrado en 2005, la variedad Azufrado Tapatío utilizada en la investigación, registra conservadoramente promedios de 2,500 kg/ha (Lépiz *et al.*, 2007); en el ensayo, los mejores tratamientos no llegaron a las dos toneladas de grano por hectárea (Cuadro 12). Es decir, la falta de agua ocurrida en la etapa de formación de vainas e inicio de llenado de grano, afectó de manera general y significativa el desarrollo y los rendimientos de grano del frijol en el ensayo.

4.1.4 Correlaciones

El Cuadro 24 muestra el resultado de la correlación múltiple ente 15 variables finales consideradas en el trabajo. En total hubo 18 correlaciones con valores significativos, cinco de las cuales mostraron correlación altamente significativa. Con rendimiento de grano, la variable de planta agrónomicamente más importante, mostraron valores de correlación positivos las otras 5 variables de planta consideradas (altura, biomasa R6, biomasa R8, ramas R9 y vainas R9), dando valores significativos las correlaciones de biomasa R8 y vainas R9. Este resultado lógico, está de acuerdo con lo esperado y con lo reportado en la literatura, pues en todos los casos, una mayor producción de biomasa, ramas y vainas, se asocia con un mayor rendimiento (Adams, 1993; White e Izquierdo, 1991).

Las variables de suelo materia orgánica (MO) y potencial hidrógeno (pH), mostraron valores positivos no significativos con rendimiento, en tanto que la variable conductividad eléctrica (CE), se correlacionó de forma negativa y significativa. Es de esperar que la adición de MO muestre una tendencia a asociarse con rendimiento y

que al subir los niveles de pH en los suelos ácidos del Campo Experimental (promedios de 5.0), también el frijol tiende a subir los rendimientos, según lo refiere la literatura (Madigan *et al.*, 1998 y Havlin *et al.*, 1999). El caso de la correlación negativa de la CE con rendimiento, es un resultado inesperado; posiblemente se debe a que en el tratamiento con fertilizante químico a la siembra (60-60-0 a base de Urea y Superfosfato de Calcio Triple), por una parte se afectó el rendimiento del frijol por la fecha de resiembra retrasada (como ya se explicó, hubo resiembra de este tratamiento) y por la otra la adición de fertilizante, incrementó el número de iones en el suelo, incrementando de esta manera los valores de conductividad eléctrica.

Por su parte, la población microbiana mostró ausencia de correlación con el rendimiento de grano. Sin embargo, se puede apreciar que las bacterias en ambos muestreos, mostraron una tendencia de correlación negativa; los hongos mostraron resultados mixtos, pero con valores muy bajos. El caso de los actinomicetos con valores de correlación cercanos a la significancia (valor absoluto alrededor de 0.5), en el muestreo de floración los valores fueron negativos y positivos en el de madurez. Una posible explicación puede derivarse de la Figura 1, donde se muestra que los actinomicetos en el muestreo de poscosecha y en algunos tratamientos (4, 8, 2), mostraron un incremento al final de la estación de crecimiento, tratamientos que mostraron también buenos rendimientos.

Cuadro 24. Resultados de la correlación múltiple entre 15 variables en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA. 2005.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
V1	1.000														
V2	0.604	1.000													
V3	0.490	0.592	1.000												
V4	0.225	0.288	0.517	1.000											
V5	0.371	0.341	0.664	0.828	1.000										
V6	0.348	0.329	0.546	0.155	0.553	1.000									
V7	0.338	0.042	0.086	0.041	0.253	0.260	1.000								
V8	-0.711	-0.768	-0.410	0.101	-0.164	-0.588	-0.377	1.000							
V9	0.475	0.315	0.110	-0.140	0.088	0.235	-0.008	-0.411	1.000						
V10	0.087	0.112	-0.307	-0.655	-0.496	-0.158	-0.199	-0.272	0.326	1.000					
V11	-0.228	-0.310	-0.639	-0.901	-0.907	-0.308	-0.087	-0.066	0.164	0.581	1.000				
V12	-0.166	-0.611	-0.271	-0.218	-0.200	-0.281	0.142	0.418	0.251	0.209	0.281	1.000			
V13	0.193	0.105	-0.011	-0.064	0.039	0.180	0.047	-0.212	0.192	0.371	0.068	0.033	1.000		
V14	-0.146	-0.344	-0.237	-0.658	-0.668	-0.445	-0.343	0.279	0.065	0.591	0.544	0.478	0.104	1.000	
V15	0.212	-0.024	0.436	0.308	0.512	0.534	0.014	-0.074	0.087	-0.453	-0.393	-0.115	-0.493	-0.367	1.000

1, Altura de Planta en Floración (R6); 2, Biomasa Seca en Floración (R6); 3, Biomasa Seca en Llenado de Vaina (R8); 4, Ramas de 10 Plantas en Madurez (R9); 5, Vainas de 10 plantas en Madurez (R9); 6, Rendimiento de Grano (g/pu); 7, Materia Orgánica en el suelo (%); 8, Conductividad Eléctrica en el suelo (mmhos/cm²); 9, Potencial Hidrogeno en el suelo (pH); 10, Bacterias M1 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹⁶); 11, Bacterias M 2 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹⁶); 12, Hongos M1 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹²); 13, Hongos M2 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹²); 14, Actinomicetos M1 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹²); 15, Actinomicetos M2 (E.P.M./g suelo x 10⁻¹²).

En relación a las correlaciones de los microorganismos en el suelo con el resto de variables, se puede apreciar que las correlaciones significativas con las variables de planta, en todos los casos fueron negativas. Por ejemplo, en bacterias R9, se observa una correlación negativa y significativa con biomasa R9, ramas R9 y vainas R9. Según se ve en la Figura 1, las bacterias mostraron un descenso pronunciado al final del ciclo del cultivo. Según los resultados del Cuadro 24, hubo ausencia de correlación de los microorganismos con las variables del suelo (MO, pH CE). Es decir, los niveles de MO, pH y CE registrados en los diferentes tratamientos del ensayo, no mostraron asociación con ninguno de los tres microorganismos cuantificados. Como se explicó anteriormente, este resultado podría deberse a que los niveles de insumos en los tratamientos, no afectaron a estas variables de suelo y en consecuencia, tampoco la población microbiana.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo, con los factores y niveles estudiados, los materiales empleados y bajo las condiciones en que la investigación se realizó, se concluye lo siguiente.

5.1. En relación a los objetivos planteados

- 5.1.1. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de insecticida al suelo, el uso de herbicidas y la aplicación de composta, afectaron positivamente a las variables ramas en madurez (R9) y rendimiento de grano del frijol.
- 5.1.2. La aplicación de composta mostró cierta tendencia de incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, la conductividad eléctrica se incrementó en el tratamiento con fertilización química y el pH no mostró cambios con ninguno de los tratamientos aplicados al suelo.
- 5.1.3. La población de bacterias del suelo resultó afectada por la aplicación de agroquímicos y mostró un claro descenso de siembra a poscosecha; los hongos no mostraron efecto de los tratamientos, aunque presentaron un ligero incremento en la etapa de floración; la población de actinomicetos fue significativamente diferente en la etapa de poscosecha, mostrando asociación positiva con la aplicación de agroquímicos al suelo.
- 5.1.4. El rendimiento de grano, la variable de planta agrónomicamente más importante, mostró valores de correlación positivos con las variables altura de planta, biomasa R6, biomasa R8, ramas R9 y vainas R9, dando valores significativos las correlaciones de biomasa R8 y vainas R9.
- 5.1.5. Las variables de suelo materia orgánica y pH, mostraron valores de correlación positivos no significativos con rendimiento, en tanto que la variable conductividad eléctrica, se correlacionó de forma negativa y significativa.
- 5.1.6. La población microbiana mostró en general, ausencia de correlación con el rendimiento de grano; sin embargo, se puede apreciar que las bacterias en ambos muestreos mostraron una tendencia de correlación negativa y los actinomicetos en el muestreo de poscosecha, valores de correlación positiva.

5.2. En relación a las hipótesis establecidas

- 5.2.1. No se obtuvieron evidencias suficientes para aceptar la hipótesis general que establece que las aplicaciones de insecticidas, herbicidas, fertilizantes químicos y abonos orgánicos, influyen en el desarrollo y producción del frijol.
- 5.2.2. Se acepta parcialmente la hipótesis general, que afirma que la adición de insecticidas, herbicidas, fertilizantes químicos y abonos orgánicos, influyen en la población microbiana del suelo; se acepta para bacteria y actinomicetos, no así para los hongos.

5.2.3. No se obtuvieron evidencias suficientes para aceptar la hipótesis general que establece que la aplicación de insecticidas, herbicidas, fertilizantes químicos y abonos orgánicos, influyeron en las propiedades físicas y químicas del suelo.

5.3. Conclusiones adicionales

5.3.1 La ausencia de precipitación entre el 25 de septiembre y 8 de octubre coincidente con la etapa de llenado de vainas, redujo la humedad disponible en el suelo y afectó negativamente los rendimientos promedio de grano de frijol.

5.3.2. La heterogeneidad del suelo en el sitio experimental, no permitió estimar con mayor precisión los efectos de los factores y niveles utilizados en el estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, W. 1973. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In: CIAT (Ed.). Potentials of field beans and other food legumes in Latin America. CIAT, Cali, Colombia. P. 37-67.
- Albert, A. 1997. Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo. México, D. F. 37 p.
- Alemán, V., S. Núñez, H. Flores, P. Alemán y J. Aceves. 1996. Guía para producir frijol en los Altos y Centro de Jalisco. Agenda Técnica No. 2. Campo Experimental de Los Altos de Jalisco. CIRPAC, INIFAP. 36 p.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. 2ª Edición. A.G.T. Editores, S.A. México. 334 p.
- Ascanio, M. 2002. Uso y manejo agroecológico de los suelos. II Seminario Internacional de Cooperativas, Universidad de la Habana. Cuba. 29-47 p.
- Astier, M., M. Mass-Moreno y J. Etchevers. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36.
- Aranda C., J. 2006. Evaluación y selección de variedades de frijol para las regiones Altos, Centro y Sur de Jalisco. Tesis M.C. CUCBA, UDG. Jalisco, México. 60 p.
- Atlas R., M. y R. Bartha. 1997. Microbial Ecology. Fundamentals and applications. 4ª Edition. Benjamin/Cummings Science Publishing. U. S. A. 567 p.
- Beater, B. 1980. A rapid method for obtaining readily soluble Phosphorus and Phosphorus fixation in soils. *Plant Soil*. 90 p.
- Bifanni, P. 1996. Medio ambiente y desarrollo. Universidad de Guadalajara. C.U.C.B.A. Mexico. 180 p.
- Bixby, D., D. Rucker and S. Tisdale. 1974. Phosphoric fertilizers, properties and processes. Tech. Bull. No. 8 Washington, D.C. 151 p.
- Bradsha, J. 1976, Microbiología de Laboratorio. Universidad Estatal de California. El manual Moderno S.A. de C.V. Primera Edición. México. 235 p.
- Brundrett, M. and L. Abbott. 1991. Roots of jarrah forest plants. International Mycorrhizal Associations of Shrubs and Herbaceous Plants. Australian . 457 p.
- Bougher, N. and N. Malajczuk. 1990. Effect of high soil moisture on formation of Ectomycorrhizas and growth of karri (*Eucalyptus diversicolor*.) Seedlings inoculated with *Descolea maculata*, *Pisolithus tinctorius* and *Laccaria laccata*. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 367 – 386 p.

- Caldwell, A. and C. Black. 1978. Inositol hexaphosphorus. Content in soils. Soil Science Society of America (SSSA) Inc. Special publication. Number 35. Madison, W. USA. 35-43 p.
- CEA. 2001. Situación actual y perspectiva de la producción de frijol en México. Centro de Estadística Agropecuaria y Pesquera. SAGARPA. México, D. F. 61 p.
- Chen, Y. and Y. Inbar. 1993. Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. In: Hoitink, H. and H. Keener (Eds.) Science and Engineering of composting: Design. Environmental, microbiological and utilization aspects. The Ohio State University. 126-196.
- Chai, M. and A. Caldwell. 1979. Forms of Phosphorus and Fixation in Soils. Ed. Soil Science Society of America. (SSSA). Washington, USA. 23-75 p.
- Chandra, P. and W. Bollen. 1980. Effects of gribel on nitrification and sulfur oxidation in different Oregon soils apply. Journal Microbial. 31- 40 p.
- Claudio, L. E. 2004. Manual de prácticas de microbiología del suelo. Universidad de Guadalajara. 46 p.
- Curiel, A. 1995. Historia Natural y Ecosistemas. Ayuntamiento de Zapopan, Jalisco, México. 87 p.
- Dallzell, H., M. Biddlestone, K. Gray y C. Thurairajan. 2004. Manejo del suelo: producción y uso de la composta en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín No. 56 de suelos de la FAO. Roma-Italia.
- Debouck, D. y R. Hidalgo. 1985. Morfología de la planta de frijol común. In: López, M., F. Fernández y A. v. Schoonhoven (Eds.). Frijol: investigación y producción. CIAT, Cali, Colombia. p. 7-41.
- De Mont, J., C. Hunt and G. Stan. 1984. Nitrogen fertilizers hydrolysis, nitrification and Nitrogen availability of oxamide as influenced by granule size. Agr. Food Chemical. The World Bank, Washington D.C. USA. 87: 32 - 41 p.
- Díaz, B., S. Mayea y A. Dávila. 1997. Sustitución total o parcial del fertilizante químico (NPK) en el cultivo del maíz (*Zea maíz*). In: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programas y Resúmenes. Universidad Central de Las Villas. Cuba. 56 - 120 p.
- Dick, W. and E. McCoy. 1993. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: Science and Engineering of composting: Design. environmental, microbiological and utilization aspects. The Ohio State University.
- Domínguez, A. 1993. Abonos Orgánicos. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 105 p.

- Eno, C. y G. Blue. 1978. The effect of anhydrous ammonia on nitrification and the microbial population in sandy soils. Soil Science Society of America, (SSSA). Proc. 18-178 p.
- FAO-UNESCO. 1976. Mapa mundial de suelos. Volumen 1. UNESCO, Paris. 68 p.
- Ferrera-Cerrato, R., M. González y M. Rodríguez. 1993. Manual de Agromicrobiología. Editorial Trillas. 1ª Edición. México. 142 p.
- Fernández, F., P. Gepts, y M. López. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: López, M., F. Fernández y A. v. Schoonhoven (Eds.). Frijol: investigación y producción. CIAT, Cali, Colombia. p. 61-78.
- Flamand, R. 1981. Introducción a la mecánica de los suelos. 1ª Edición. Editorial Patronato UACH (Universidad Autónoma de Chapingo), Departamento de Irrigación. Chapingo, México. 405 p.
- Fuentes, L. 1998. La fertilización en una agricultura alternativa. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid-España.
- Garassini, L. 1962. El suelo y su microflora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 225 p.
- Gepts, P. and D. Debouck. 1991. Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Van Schoonhoven and O. Voysest. Common beans. Research for crop improvement. CIAT. CAB International. P. 7-53.
- Gregory, J. and D. Gummer. 1998. Evidence of atmospheric transportation and deposition of pesticides in arctic snow environ. Science Technol. 229 p.
- Goring, A. 1975. Biological transformations of phosphorus in soils. Theory and methods. In: Journal Plant and Soil. P. 6-17.
- Harmsen, W., and A. Van Schreven. 1982. Mineralization of organic Nitrogen in soil. Advance Agronomic. 300 p.
- Havlin, J., J. Beaton, S. Tisdale and L. Werner. 1999. Soil fertility and fertilizers an introduction to nutrient management. Sixth Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. USA. 487 p.
- Herrera, L., I. Fernández y N. González. 2002. Fertilización a partir de materiales orgánicos en una rotación de cultivos. In: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programas y Resúmenes. Universidad Central de las Villas. Cuba. 1997. p. 4-12.
- Hossner L., and S. R. Juo. 1999. Soil nutrient management for sustained food crop production in upland farming systems in the tropics. Food & Fertilizer Technology Center. Extension Bulletin 12; 47 p.

- Huang, M. and P. Wang. 1993. The effects of organic fertilizer on crops production and chemical properties. 7th. International Congress of the Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceanic (SABRAO) and International Symposium of World Sustainable Agriculture Association (WSAA) in Taipei, Republic of China.
- Ibarra, D. 2005. Identificación de variables edáficas limitantes para la agricultura de Zapopan mediante la aplicación de SIG. Tesis M. C., CUCBA. U. de G. 77 p.
- Jacobson, A. and H. Shimabukuro. 1994. Journal of the Assoc. Britanic Organic Fertilizers Food Chemical. London. 42 p.
- Jairo, R., 2005. Agricultura orgánica, biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Fundación Juqira Candiru, Río de Janeiro, Brasil. 96 p.
- Jenkinson, S. 1992. La materia orgánica del suelo su Evolución. In: Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Mundi-Prensa. Madrid, España p. 82-106.
- Jung, J. 1978. Tests with different mixtures of crotonylidene-diurea with quick acting forms of fertilizers. Landwirtsch. Forsch. 246 p.
- Karlen, L., J. Mausbach., W. Doran., R. Cline., F. Harris and E. Schuman. 1997. Soil quality. A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America*. 20: 380-4 10.
- Keeling, A. 1994. Germination and growth of the plants in media containing unstable refuse derived compost. In: Soil Biological. Biochemical. 26:767-772.
- Kolmans, E. 1995. La Agricultura como base para un desarrollo rural sustentable. Centro Americano sobre Agricultura Orgánica. Acuerdo Bilateral de Desarrollo Sustentable Costa Rica-Holanda. 215 p.
- Labrador, J. y A. Guiberteau. 1995. La agricultura ecológica. Hojas divulgadoras No. 11. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agraria. Servicio de Extensión Agrícola. Madrid, España. 31 p.
- Lépiz, I. R. 1997. Valor agronómico, un criterio de evaluación. Hojas de PROFRIJOL No. 4. Guatemala, C. A.
- Lépiz, I. R. 2000. Sistema para caracterización y evaluación de germoplasma de frijol. CUCBA, UDG. 7 p.
- Lépiz I, R., E. López, S. Núñez, I. J. González, A. Ledesma y S. Herrera. 2000. Perspectivas del frijol en el occidente de México. U. de G., INIFAP. Documento de circulación interna. 40 p.
- Lépiz, I. R. 2006. Mejoramiento genético de plantas. Curso de Genotecnia Vegetal. CUCBA, U. de G. Inédito 54 p.

- Lépez I., R., S. Sánchez, E. López, A. González y S. Núñez. 2007. El cultivo de frijol en la regiones Centro y Sur de Jalisco. Tecnología para altos rendimientos. U. de G., INIFAP. En prensa. 42 p.
- Madigan, T., J. Martinko y J. Parker. 1999. Biología de los microorganismos. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 1664 p.
- Manzur, M. 1983. Effect of composted urban waste on availability of phosphorus in an acid soil. In: Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 7:153-156.
- Martínez, E. 1975. El compost, su valor como materia orgánica y la importancia de su aplicación en suelos agrícolas. Tesis profesional. U. de G. Guadalajara, Jalisco. 47 p.
- McAfee, J. and A. Fortin. 1986. Comparative effects of the soil microflora on ectomycorrhizal inoculation of conifer seedlings. *New Phytologist* 18:108-197.
- Medina, G., J. A. Ruiz y R. Martínez. 1998. Los climas de México. INIFAP-SAGARPA. 108 p.
- Millar, C., I. M. Turk. 1972. Fundamento de la ciencia del suelo. Editorial Continental. México, D. F. 454 p.
- O'Brian, R. 1996. Biochemical toxicology of insecticides. *Journal; soil water conservation, New York.* 50:229-236.
- Paino, V. 1996. Municipal tropical compost: effects on crops and soil properties. In: *Compost Science & Utilization.* Springfield. Vol. 4, No. 2,
- Pimentel, D. 1995. Amount of pesticides reaching target pests. *Environmental Impacts and Ethics. Journal. Agric. Environ Ethics.*
- Porta, C., J. López-Acevedo, M. Regerin y L. C. Rokero. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ª. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España 917 p.
- Reines, M. 1994. Composición del humus de lombriz roja. In: Marrero. L. P. y O. Cruz (Eds.) *Notas del curso: "La producción orgánica con un enfoque agroecológico"* Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Reines, M. 1998. Lombricultura, alternativa del desarrollo sustentable. Universidad de Guadalajara, CUCBA. México. 67 p.
- Reines, M., S. H. Contreras y M. A. Loza, 2001. Lombricultura. Conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico. U. de G./Fundación Produce, A. C. 14 p.
- Rodríguez, M. and R. Ferrera-Cerrato. 1999. Vermicompost as an alternative carrier for the agricultural production. In: *Transactions of 15th. World Congress of Soil Science.* Acapulco, Gro., México. 15-19 p.

Ruiz, J. A., I. J. González, J. Anguiano, I. Vizcaíno, D. Ibarra, J. Alcalá, S. Espinoza, y H. E. Flores. 2003. Estadísticas climatológicas básicas para el estado de Jalisco (Periodo 1961-2000). INIFAP-SAGARPA.

SAGARPA. 2004. Instructivo para Toma de Muestras de Suelos. Folleto. 22 p.

Santos, T. 2001. El Papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos. In: Memoria V Curso Internacional Lombricultura y Agricultura Sustentable. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 840 p.

Singer, M. and S. Ewing. 2000. Soil quality. In: Sumner, M. (Ed.) Handbook of Soil Science. P. 271-298.

Springett, A. 1993. Effect of live species of earthworm on some soil properties. Journal of Applied Ecology. 20: 865-872.

Sykes, G. and F. Skinne 1999. Magazine *Actinomycetales*. Academic Press, University of New York. USA. 123:45-62.

Thomson, W. 1996. Agricultural chemicals, 2° Edic. Thomson Pub. Fresno, California. 52 p.

U. de G. 2004. Analisis geoeconómico de Zapopan. Instituto de Geografía y Estadística. Guadalajara, Jalisco. Mexico. 89 p.

U. S. D. A. 2003. Nature Resources Conservation Service. 347 p.

Van Derlinden A., J. A. Van Been and J. Frissel. 1987. Modeling soil organic matter levels after long-term applications of crop residues and farmyard and green manures. Journal: Plant and Soil. 101:21-28.

White, J. 1991. Conceptos básicos de fisiología de frijol. In: López, M., F. López y A. Schoonhoven (Eds.). Frijol: Investigación y Producción. CIAT, Cali, Colombia. 419 p.

White, J. y J. Izquierdo. 1989. FRIJOL: Fisiología del potencial de rendimiento y la tolerancia al estrés. CIAT-FAO. Santiago, Chile. 91 p.

7. APÉNDICE

Cuadro 1.A. Resultados del análisis de varianza de la variable altura de planta en fase de prefloración (R5), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	110.40	36.801	5.09	0.0048	6.34 %
Tratamientos	12	222.51	18.543	2.57	0.0144	
Error Experimental	36	260.05	7.224			
Total	51	592.96				

Cuadro 2.A. Resultados del análisis de varianza de la variable ramas en diez plantas en fase de madurez (R9) en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	17.69	5.897	0.85	0.4758	15.93 %
Tratamientos	12	235.42	19.619	2.83	0.0079	
Error Experimental	36	249.81	6.939			
Total	51	502.92				

Cuadro 3.A. Resultados de los análisis de varianza de la variable vainas en diez plantas en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	358.31	119.436	0.29	0.8342	20.81 %
Tratamientos	12	9136.00	761.333	1.83	0.0799	
Error Experimental	36	14965.69	415.714			
Total	51	24460.00				

Cuadro 4.A. Resultados de los análisis de varianza de la variable granos en fase de madurez (R9), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en Frijol CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	1400.52	466.840	2.72	0.0591	10.92 %
Tratamientos	12	1716.42	143.035	0.83	0.6182	
Error Experimental	36	6189.73	171.937			
Total	51	9306.67				

Cuadro 5.A. Resultados de los análisis de varianza de la variable peso de 100 granos, en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en Frijol CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	30.06	10.021	4.96	0.0056	5.03 %
Tratamientos	12	21.33	1.778	0.88	0.5745	
Error Experimental	36	72.79	2.022			
Total	51	124.18				

Cuadro 6.A. Resultados del análisis de varianza de la variable rendimiento de grano (g/Pu) en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	3	426433.69	142144.56	5.39	0.0036	10.35 %
Tratamientos	12	1180586.77	98382.231	3.73**	0.0011	
Error Experimental	36	948702.31	26352.842			
Total	51	2555722.77				

Cuadro 7.A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa húmeda en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	581.88	581.885	0.05	0.8257	25.58 %
Tratamientos	12	180129.46	15010.788	1.31	0.3250	
Error experimental	12	137803.62	11483.635			
Total	25	318514.96				

Cuadro 8. A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa seca en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	188.46	188.462	0.42	0.5283	23.19
Tratamientos	12	6215.38	517.949	1.16	0.4011	
Error Experimental	12	5361.54	446.795			
Total	25	11765.38				

Cuadro 9. A. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud total de planta en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	5553.85	5553.846	0.36	0.5601	14.455 %
Tratamientos	12	144484.62	12040.385	0.78	0.6641	
Error Experimental	12	185546.15	15462.179			
Total	25	335584.62				

Cuadro 10. A. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de follaje en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	1569.38	1569.385	0.08	0.7872	24.22 %
Tratamientos	12	107425.46	8952.122	0.43	0.9184	
Error Experimental	12	247187.62	20598.968			
Total	25	356182.46				

Cuadro 11. A. Resultados del análisis de varianza de la variable longitud de raíz en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	3.12	3.115	0.00	0.9752	20.79 %
Tratamientos	12	33723.54	2810.295	0.91	0.5663	
Error Experimental	12	37213.38	3101.115			
Total	25	70940.04				

Cuadro 12. A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa húmeda en fase de llenado de vaina (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	368424.04	368424.03	1.21	0.2924	48.30 %
Tratamientos	12	2591244.46	215937.03	0.71	0.7182	
Error Experimental	12	3645320.46	303776.70			
Total	25	6604988.96				

Cuadro 13. A. Resultados del análisis de varianza de la variable biomasa seca en fase de madurez (R8), en 2 Repeticiones, en el ensayo de frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	14171.12	14171.115	1.72	0.2145	40.21 %
Tratamientos	12	103697.15	8641.429	1.05	0.4685	
Error Experimental	12	98974.38	8247.865			
Total	25	216842.65				

Cuadro 14. A. Resultados del Análisis de varianza de la variable materia orgánica en el suelo (%), en 2 Repeticiones, en el ensayo de frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	0.17	0.171	1.63	0.2264	19.42 %
Tratamientos	12	0.83	0.070	0.66	0.7587	
Error Experimental	12	1.26	0.105			
Total	25	2.27				

Cuadro 15. A. Resultados del análisis de varianza de la variable conductividad eléctrica (mmho/cm²), en 2 Repeticiones, en el ensayo de frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	32.35	32.346	1.62	0.2277	29.75 %
Tratamientos	12	1478.46	123.205	6.16	0.0018	
Error Experimental	12	240.15	20.013			
Total	25	1750.96				

Cuadro 16. A. Resultados del análisis de varianza de la variable potencial hidrogeno (pH), en 2 Repeticiones, en el ensayo de frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	1.13	1.130	11.99	0.0047	6.02 %
Tratamientos	12	1.31	0.109	1.16	0.4028	
Error Experimental	12	1.13	0.094			
Total	25	25				

Cuadro 17. A. Resultados del análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-16}$ de bacterias, en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	42662424.04	42662424.0	4.42	0.0573	33.30 %
			4			
Tratamientos	12	522655928.8	43554660.7	4.51	0.0071	
		5				
Error Experimental	12	115859763.4	9654980.3			
		6				
Total	25	681178116.3				
		5				

Cuadro 18. A. Resultados del Análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-16}$ de bacterias, en fase de poscosecha (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	162424.04	162424.038	0.15	0.7036	25.37 %
Tratamientos	12	56537396.15	4711449.679	4.40	0.0079	
Error Experimental	12	12837288.46	1069774.038			
Total	25	69537108.65				

Cuadro 19. A. Resultados del Análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-12}$ de hongos, en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	7061634.62	7061634.615	3.18	0.0997	34.88 %
Tratamientos	12	21019615.38	1751634.615	0.79	0.6557	
Error Experimental	12	26629615.38	2219134.615			
Total	25	54710865.38				

Cuadro 20. A. Resultados del Análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-12}$ de hongos, en fase de poscosecha (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	158964.96	158964.962	15.00	0.0022	26.54 %
Tratamientos	12	158030.46	13169.205	1.24	0.3565	
Error experimental	12	127203.54	10600.295			
Total	25	444198.96				

Cuadro 21. A. Resultados del análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-12}$ de actinomicetos, en fase de floración (R6), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	37316.35	37316.346	0.02	0.8862	38.26 %
Tratamientos	12	44554459.62	3712871.635	2.13	0.1027	
Error experimental	12	20943921.15	1745326.763			
Total	25	65535697.12				

Cuadro 22. A. Resultados del Análisis de varianza de la variable estimación de la población microbiana $\times 10^{-12}$ d de de actinomicetos, en fase de poscosecha (R8), en el ensayo de agroquímicos y abonos orgánicos en frijol. CUCBA, 2005.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad	C. V.
Repeticiones	1	13870003.9	13870003.85	4.69	0.0512	39.76 %
Tratamientos	12	576446150.0	48037179.17	16.25	0.0000	
Error experimental	12	35480096.2	2956674.68			
Total	25	625796250.0				

Cuadro 23. A. Resultados de la caracterización de la composta aplicada. Laboratorio de Agrología de la División de Ciencia Agronómicas del Departamento de Producción Agrícola del CUCBA.

DETERMINACIONES	METODO	COMPOSTA
Materia Orgánica (%)	Walkey - Black	34.50
C.I.C. (meq. / 100 grs.)	Acetato de Amonio	94.00
CATIONES INTERCAMBIABLES		
Ca + Mg Meq. / 100 gr.	Volumétrica	23.40
Ca Meq. / 10 grs.	Volumétrica	12.82
Mg Meq. / 100 grs.	Calculado	10.53
Na Meq. / 100 grs.	Flamometria	11.30
K meq. / 100 grs.	Flamometria	31.79
FERTILIDAD		
Potencial Hidrogeno (pH)	Potenciómetro	9.28
Nitrógeno nítrico p.p.m.	Morgan	100
Nitrógeno amoniacal p.p.m.	Morgan	280
Fósforo ppm	Morgan	25
Potasio p.p.m.	Morgan	250
Calcio ppm	Morgan	1,600
Magnesio ppm	Morgan	125
Manganeso ppm	Morgan	5
C. E. (mmhos. / cm ²)	Conductímetro	3.20
Cenizas %	Calcinación	68.81