



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“EFECTO DEL RASTORJO SOBRE LA DESHIDROGENASA DE SUELO EN
CULTIVO SIMPLE DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*. L) EN AGRICULTURA DE
CONSERVACIÓN”

DESARROLLADO POR
FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ SANTIAGO
08270010

ASESOR
DR. JOAQUIN ADOLFO MONTES MOLINA

REVISORES
DR. REINER RINCÓN ROSALES
DRA. PATRCIA SÁNCHEZ ITURBE
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre del 2012

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	4
II.	JUSTIFICACIÓN.....	6
III.	OBJETIVOS.....	6
	3.1 Generales.....	7
	3.2 Específicos.....	7.
IV.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA.....	7.
V.	PROBLEMÁTICA A RESOLVER.....	8
VI.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	9
	6.1 Alcances.....	9
	6.2 Limitaciones.....	9
VII.	FUNDAMENTO TEÓRICO.....	10
	7.1 Suelo.....	10
	7.2 Carbono orgánico del suelo.....	11
	7.3 Composición química de los rastrojos.....	13
	7.4 Agricultura de conservación.....	15
	7.5 deshidrogenasa.....	17
	7.6 requerimiento agroecológico del frijol.....	18
	7.7 descomposición y cambios en la disponibilidad del N en el suelo.....	19
VIII.	METODOLOGÍAS.....	20
	8.1 Toma de muestra	20
	8.2 Determinación de pH.....	25
	8.3 Método utilizado para la medición del % de humedad gravimétrico....	25.
	8.4 Método para determinación de actividad enzimática Casida.....	26
	8.5 Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA).....	27
IX.	RESULTADOS	28
	9.1 Variables de crecimiento y nodulación en cultivos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> . L.).....	28
	9.1.1 Diámetro de nódulo 60 dde.....	28
	9.1.2 Diámetro de nódulo 75 dde.....	29
	9.1.3 Diámetro de nódulo 90 dde.....	30
	9.1.4 Diámetro de tallo 60 dde.....	31
	9.1.5 Diámetro de tallo 75 dde.....	32
	9.1.6 Diámetro de tallo 90 dde.....	33
	9.1.7 Longitud de tallo 60 dde.....	34
	9.1.8 Longitud de tallo 75 dde.....	35
	9.1.9 Longitud de tallo 90 dde.....	36
	9.1.10 Longitud de follaje 60 dde.....	37
	9.1.11 Longitud de follaje 75 dde.....	38

9.1.12	Longitud de follaje 90 dde.....	39
9.1.13	Longitud de raíz 60 dde.....	40
9.1.14	Longitud de raíz 75 dde.....	41
9.1.15	Longitud de raíz 90 dde.....	42
9.1.16	Número de flores 60 dde.....	43
9.1.17	Número de flores 75 dde.....	44
9.1.18	Número de flores 90 dde.....	45
9.1.19	Número de hojas 60 dde.....	46
9.1.20	Número de hojas 75 dde.....	47
9.1.21	Número de vainas 60 dde.....	48
9.1.22	Número de vainas 75 dde.....	49
9.1.23	Número de vainas 90 dde.....	50
9.1.24	Número de nódulos 60 dde.....	51
9.1.25	Número de nódulos 75 dde.....	52
9.1.26	Número de nódulos 90 dde.....	53
9.1.27	Peso follaje 60 dde.....	54
9.1.28	Peso follaje 75 dde.....	55
9.1.29	Peso follaje 90 dde.....	56
9.1.30	Peso nódulo 60 dde.....	57
9.1.31	Peso nódulo 75 dde.....	58
9.1.32	Peso nódulo 90 dde.....	59
9.1.33	Peso planta 60 dde.....	60
9.1.34	Peso planta 75 dde.....	61
9.1.35	Peso planta 90 dde.....	62
9.1.36	Peso raíz 60 dde.....	63
9.1.37	Peso raíz 75 dde.....	64
9.1.38	Peso raíz 90 dde.....	65
9.2	Capacidad de retención de agua (CRA).....	66
9.2.1	Capacidad de retención de agua año cero.....	66
9.2.2	Capacidad de retención de agua 90 dde.....	67
9.3	Medición del pH.....	68
9.3.1	Medición de pH año cero.....	68
9.3.2	Medición de pH 90 dde.....	69
9.4	producción TPF.....	70
9.4.1	Producción de TPF año cero.....	70
9.4.2	Producción de TPF 90 dde.....	71
X.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
XI.	CONCLUSIONES.....	74
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
XIII.	ANEXOS.....	80

I. INTRODUCCIÓN

La Agricultura de Conservación comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos. La práctica de una agricultura de conservación es beneficiosa para la agricultura, el medio ambiente y el agricultor. Se busca la conservación máxima. El suelo, es un recurso no renovable, ya que el verdadero problema de la agricultura es su pérdida y degradación. Para evitarla hay que adoptar técnicas como la reducción y minimización de labores (de arado y labranza), la rotación de cultivos (implica un cambio en los tipos de raíz de los cultivos), el uso racional de fertilizantes químicos, la utilización de los restos vegetales de las cosechas como medio natural de protección y fertilización de los suelos, consiguiendo aumentar sus niveles de materia orgánica, mejorando su estructura de los mismos y manteniendo la productividad de los cultivos (González 2012).

Para mejorar la calidad de los suelos en siembras de frijol se han empleado procesos de biorremediación, la cual consiste en la adición de nutrientes, enmiendas, agentes texturizantes, entre otros; en los cuales participan los microorganismos. Durante el proceso de biorremediación han sido utilizado bioindicadores para determinar la calidad del suelo. Un tipo de bioindicadores son las enzimas, como es el caso de la enzima deshidrogenasa la cual puede ser una herramienta potencial para el monitoreo de la bioremediación de los suelos contaminados. Los bioindicadores microbiológicos representa una gran ventaja frente al empleo de indicadores fisicoquímicos, entre los cuales destacan su mayor sensibilidad, su carácter integrador, y su alta velocidad de respuesta (Pérez et al., 2008).

La actividad enzimática del suelo en cultivos de frijol es importante porque refleja el estado en el que se encuentran sus poblaciones microbianas y su relación con la biología del suelo, la producción de biomasa, la degradación de contaminantes

y la conservación de ecosistemas (Doran, 2002; Gianfreda y Ruggiero, 2006). En agricultura de conservación, la actividad enzimática y otros indicadores biológicos, como la biomasa microbiana, se emplean como una medida de la fertilidad y del impacto de esta actividad en los suelos (García-Ruiz et al., 2008); en análisis ambiental, como un indicador de contaminación y en biotecnología, como medida de la eficiencia de los tratamientos biológicos para remediar suelos impactados por diferentes contaminantes, incluyendo los hidrocarburos (Margesin et al., 2000).

La liberación de enzimas es un proceso constante y aunque las plantas y animales intervienen, son los microorganismos los que contribuyen en mayor medida a este proceso, debido a su gran biomasa, su alta actividad metabólica y su corto ciclo de vida (Ceron y Melgarejo, 2005). Dicha liberación puede ocurrir por secreción o por lisis celular cuando los organismos mueren (Joinville et al., 2004).

La actividad bioquímica total del suelo está constituida por una serie de reacciones catalizadas por enzimas. De las enzimas determinadas en suelos, son las oxidorreductasa las más estudiadas dentro de las cuales se encuentran la deshidrogenas. En general, se ha demostrado ampliamente que las enmiendas orgánicas incrementan la actividad de las enzimas en el suelo; al menos que estas contengan ciertos contaminantes como metales pesados o compuestos orgánicos tóxicos en concentraciones inhibitorias (Acosta., et al 2005). Estos compuestos contaminantes afectan negativamente la composición y la actividad de la microflora del suelo.) Se ha indicado que la importancia del conocimiento de las actividades enzimáticas en los suelos deriva fundamentalmente del papel que juegan éstas en los procesos de degradación y evolución de la materia orgánica. A esto se agrega el hecho de que procesos como la mineralización y humificación de la materia orgánica se rigen en gran medida por reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis; de ahí la importancia del conocimiento de las oxidorreductasas. La determinación de la actividad de la deshidrogenasa es un reflejo de las actividades oxidativas de la microflora del suelo (Acosta et al., 2005).

II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad se practica la siembra convencional y se ha disminuido en un 20% la quema del rastrojo, sin embargo, en 2011, la práctica de la Agricultura de Conservación y la no quema se han establecido en la zona y los productores han observado los beneficios de esta tecnología (Protocolos y resultados de plataformas 2011).

La Agricultura de Conservación comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos (Reyes. 2002)

El empleo de agricultura de conservación por los agricultores conlleva notables mejoras ambientales y que son los principales beneficios medioambientales y son (Grovaerts y Bolaños, 2012): Reducción de la erosión, incremento en los niveles de materia orgánica, mejora de la estructura, mayor biodiversidad, incremento de la fertilidad natural del suelo, aumento de la actividad enzimática del suelo.

III. OBJETIVO

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del rastrojo sobre la concentración de deshidrogenasa en el suelo de cultivo de frijol en agricultura de conservación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del rastrojo en las variables de crecimiento del cultivo de frijol.
- Evaluar el efecto del rastrojo sobre la actividad de la deshidrogenasa en suelos de cultivo de frijol.

III. CARACTERIZACIÓN DE ÁREA

La colecta de muestras de suelo, plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L.) y la cosecha de las semillas se realizó en el rancho Guapinol del ejido Jesús María Garza que está situado en el Municipio de Villa flores (en el Estado de Chiapas). Se ubica en la Región Socioeconómica VI FRAILESCA. Limita al norte con Ocozocoautla de Espinosa y Suchiapa, al este con Chiapa de Corzo y El Parral, al sur con Villa Corzo y Tonalá; y al oeste con Arriaga y Jiquipilas.

Las coordenadas de la cabecera municipal son: 16°26'6.6" de latitud norte y 93°11'39.4" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 560 metros sobre el nivel del mar. Carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores km 56 vía Suchiapa. (Enciclopedia de los municipios de México 2005).

El rancho guapinol tiene un clima caluroso húmedo, con una temperatura de 15 a 40 °C durante el año, con una precipitación pluvial de 600 a 1,500 mm, con lluvias de mayo a octubre (Protocolos y resultados de plataformas 2011).

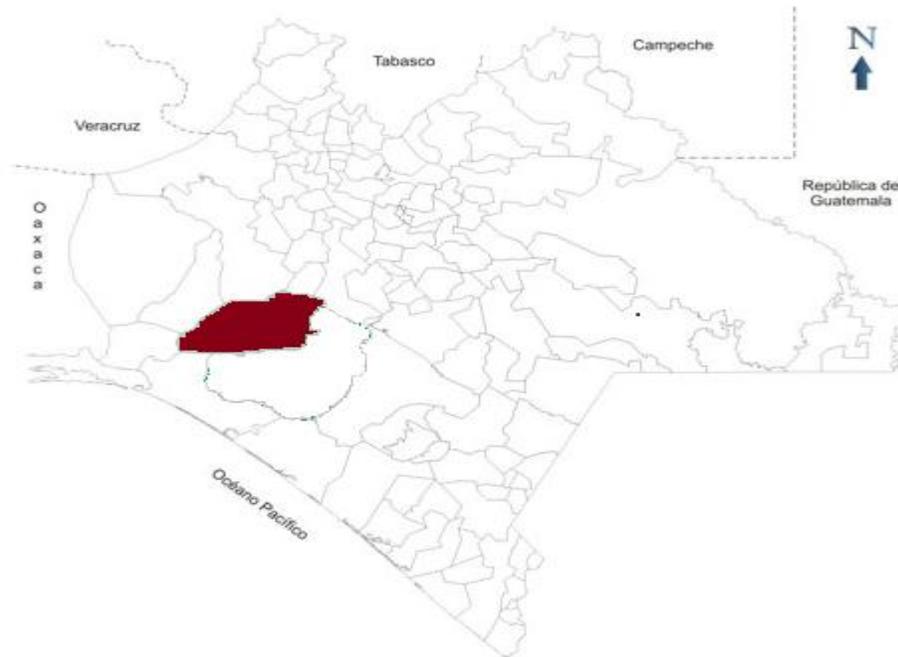


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio donde se colectaron las muestras de suelo, plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) y cosecha de las semillas.

Las determinaciones del suelo son: pH, Casida, CRA, % de humedad. Se efectuaron en laboratorio de “Medio Ambiental” ubicado en el edificio “D” en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) y Así mismo, las determinaciones de nodulación y crecimiento de las plantas de frijol. En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

IV. PROBLEMAS A RESOLVER

La degradación del suelo en especial la erosión y la pérdida de fertilidad son situaciones que agravan de forma paulatina durante las explotaciones agrícolas bajo cultivos convencionales, sobre todo en las regiones climáticas tropicales y subtropicales, que son sometidas a gran presión sobre la tierra. Puesto que si se requiere mantener buenos rendimientos en las cosechas bajo sistemas

convencionales, se requiere aumentar los insumos (capital), la mano de obra (trabajo), o el número de hectáreas (tierra), a si como disminuir la productividad por unidad invertida de los tres factores de producción (González B., 2012).

V. ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1 Alcances

En este proyecto se trató de verificar la diferente actividad enzimática en suelos a diferentes tratamientos (aplicación de bioinsecticida, aplicación de materia orgánica, aplicación de fertilizante, fijación de nitrógeno, etc) y determinar si es un suelo apto para cultivo de frijol, libre de erosión.

Determinar la calidad y diferencia entre los suelos de agricultura de conservación y convencional.

1.6 Limitaciones

La propagación de plagas en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) en la zona, han provocado bajos rendimientos en el crecimiento, por lo tanto eso afecta la producción y los resultados esperados del cultivo.

El escaso material y equipos dentro del laboratorio de ingeniería ambiental, como espectrofotómetro, termómetros, balanzas y estufas para llevar a cabo algunas determinaciones.

Acceso limitado a los alumnos de licenciatura a los laboratorios de físico-química y microbiología para llevar a cabo algunas determinaciones dentro de los mismos.

VI. FUNDAMENTO TEÓRICO

7.1 Suelo

A diferencia del agua y aire, los cuales poseen estándares de calidad, la del suelo es difícil de definir y cuantificar. Esto es debido a que los criterios de calidad de un suelo pueden variar según el uso a que se destine, las prácticas de manejo que se utilicen, e incluso las prioridades socioeconómicas y/o políticas. Los aspectos que se deben tener en cuenta dentro de la definición de la calidad del suelo (Stores et al., 2005).

Las propiedades bioquímicas del suelo son indicadores de la calidad del mismo, aunque estas no garantizan el uso que se le pueda dar. Generalmente las propiedades bioquímicas están vinculadas a los biociclos de los elementos (C, N, P y S), siendo utilizados para evaluar la calidad del suelo. Estas propiedades incluyen ambos parámetros bioquímicos generales (por ejemplo: biomasa microbiana, actividad de deshidrogenasa-C y potencial de mineralización-N) y específicos (Stores et al., 2005)

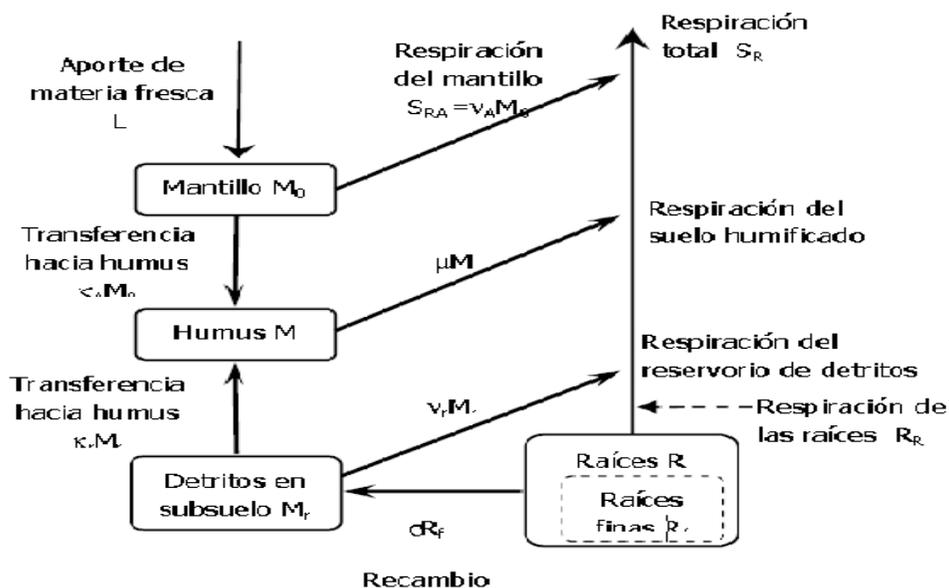
El estudio de la actividad deshidrogenasa se considera un parámetro clave para determinar de una manera rápida los cambios que se producen en la fertilidad del suelo. La actividad deshidrogenasa es un indicador del sistema redox microbiano, por lo que se suele considerar un buen exponente de las actividades oxidativas del suelo y un indicador general de la actividad microbiana del mismo (Miras et al., 2007).

7.2 Carbono orgánico en el suelo

Considérese que el ciclo del carbono comienza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico a través de los procesos de fotosíntesis realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el dióxido de carbono y el agua reaccionan para formar carbohidratos y simultáneamente liberar oxígeno, que pasa a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido carbónico, así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también liberan dióxido de carbono en sus procesos metabólicos. Las plantas y los animales muertos son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en anhídrido carbónico y regrese a la atmósfera. El proceso se esquematiza en la Figura (Orellana et al., 2010).

A partir de la descripción hecha para el ciclo de carbono se puede construir un modelo de reservorios que represente la dinámica del carbono en el suelo. El esquema del modelo. En el esquema (Figura 2) se incluye el aporte de materia orgánica fresca al suelo (L) constituido principalmente por la hojarasca que producen los árboles y demás vegetación caduca, pero que también contiene desechos animales y organismos muertos; al acumularse esta materia orgánica fresca en la superficie del suelo (M0) forma el mantillo (primer reservorio). Cuando la materia orgánica del mantillo se descompone, parte de esta compone CO_2 y vuelve a la atmósfera, mientras otra parte es transformada en materia húmica (M); es a tal transformación a la que se considera una transferencia al “reservorio de humus” (κAM0). Otro aporte de materia orgánica al reservorio de materia húmica proviene de la materia orgánica generada en el subsuelo (Mr). Esta se compone de detritos, en su mayor parte raíces finas muertas. El constante suministro de raíces finas muertas se debe al recambio de raíces, de manera que está directamente relacionada con la densidad y el tipo vegetal de la zona de interés. Igual que en el reservorio de M0, en los reservorios de M y Mr la materia orgánica

está en continua transformación, por esa razón existe una emisión de CO_2 a la atmósfera que se suma a la respiración de las raíces para conjuntar la respiración total del suelo (Orellana et al., 2010).



Esquema del modelo de reservorios representativo de la dinámica del carbono en el suelo

Figura 2. Fuente: (Orellana et al., 2010)

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO_2 para la atmósfera (Reicosky, 2002). Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (West y Post, 2002). La labranza de conservación, que incluye a la cero labranza (FAO, 2001), es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar carbonos en el suelo (Rosell, 1999).

El carbono orgánico del suelo, carbono orgánico del suelo, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculado con su:

- 1) calidad (Carter, 2002, Wander et al., 2002),
- 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y
- 3) capacidad productiva (Sánchez et al., 2004) por lo que en un manejo sustentable, el carbono orgánico del suelo debe mantenerse o aumentarse. Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el carbono orgánico del suelo y la productividad del suelo es complejo. Pese a la existencia de abundante literatura que documenta los efectos del carbono orgánico del suelo sobre las propiedades del suelo que favorecen el desarrollo de los cultivos, existe poca información sobre la contribución directa de un aumento de carbono orgánico en el suelo en la productividad del suelo.

7.3 Composición química de los rastrojos

La constitución de los diversos materiales vegetales que entran al suelo es heterogénea. Establece que los constituyentes orgánicos de los vegetales pueden ser divididos en seis grandes categorías:

- 1) Celulosa. Es el constituyente vegetal más importante, pudiendo variar de un 15 a un 60 % del peso seco. Está formado por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). La celulosa es un compuesto orgánico, polisacárido, formado por unidades de glucosa unidas por enlaces β 1-4 en cadenas no ramificadas, encontrada en la pared celular de la célula vegetal
- 2) Hemicelulosa. Generalmente el segundo compuesto orgánico en importancia después de la celulosa. Es un polisacárido, usualmente ramificado, formado por pentosas, hexosas y ácidos urónicos. Se encuentra en la pared celular asociado a la celulosa.

- 3) Lignina puede variar de un 5 a un 30 % del peso seco. Es un polímero de C, H y O de unidades fenil-propano, con estructura no uniforme y muy ramificada. Se encuentra asociado a la celulosa en la pared celular.
- 4) Fracción soluble al agua. Formada por azúcares simples, aminoácidos y ácidos alifáticos.
- 5) Fracción soluble en éter y alcohol. Formada por grasa, aceites, resinas y pigmentos.
- 6) Proteínas portadoras de la mayor parte del nitrógeno (N) y azufre (S) de los vegetales.

Por otra parte, la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) son análisis provenientes del área de nutrición animal que procuran caracterizar la calidad de las plantas. La FDN está compuesta esencialmente por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice. Es posible asimilar FDN a pared celular. La FDA es formada básicamente por los mismos constituyentes que la FDN excepto que excluye a la hemicelulosa (Morón A. 2001).

El porcentaje que ocupa cada gran categoría depende de la especie vegetal considerada y del estado de desarrollo. En general, a medida que la planta avanza en su desarrollo aumenta el contenido de celulosa y lignina y disminuyen las fracciones solubles al agua y las proteínas. En la Figura 2 se observan los cambios mencionados anteriormente (Morón A. 2001).

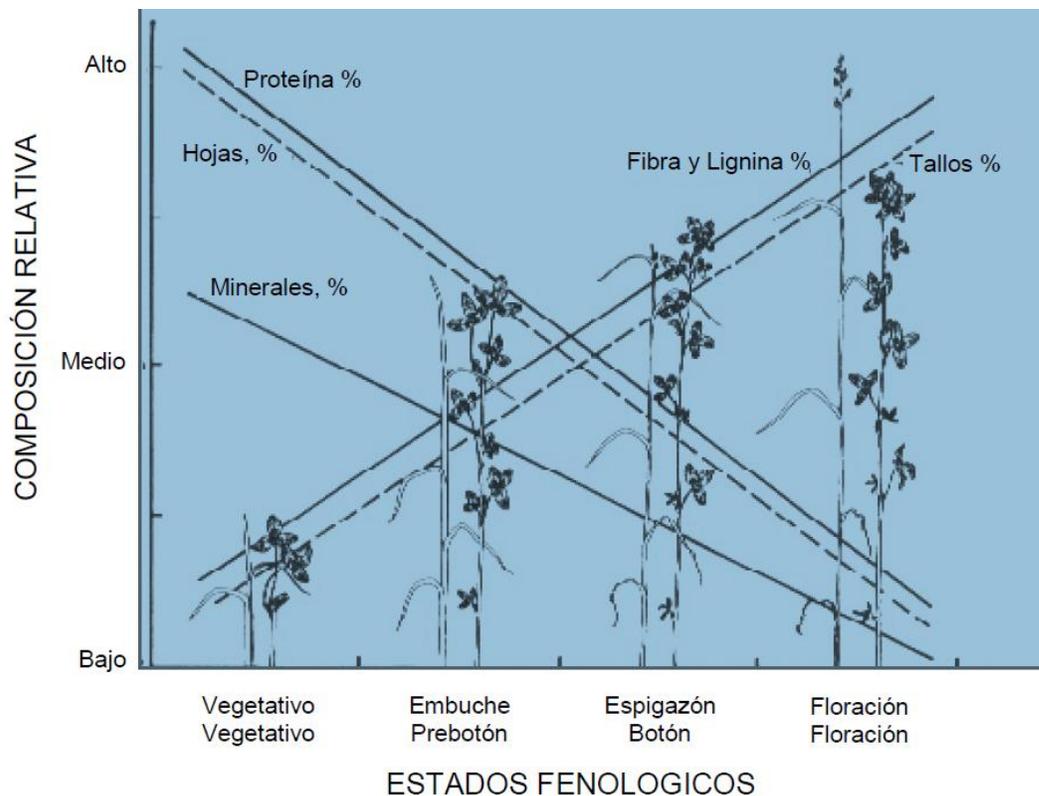


Figura 3. Fuente: (Morón A. 2001)

7.4 Agricultura de conservación

La Agricultura de Conservación no es un paquete tecnológico; por el contrario, es una técnica nueva que se basa en tres principios: dejar el rastrojo en la superficie del suelo, realizar rotación de cultivo con el mínimo movimiento de suelo, que se deben manejar en conjunto y practicar según las condiciones de cada localidad (González 2012).

Para que se activen procesos esenciales para su conservación y la producción de los cultivos de frijol, se necesita que contengan sustrato en forma de materia orgánica. Una forma sencilla de lograrlo se obtiene al dejar todo, o un buen porcentaje del rastrojo anterior, sobre la superficie del suelo; clave práctica en agricultura de conservación (González 2012).

El manejo de los rastrojos en suelos tratados bajo la técnica cero labranza, ha permitido no sólo aumentar los niveles de materia orgánica sino consecuentemente mejorar las características físicas, químicas y biológicas de estos mismos. La cero labranza, al dejar la totalidad de los rastrojos sobre la superficie, crea condiciones de mayor humedad, lo que aumenta la capacidad calórica del suelo e induce menores temperaturas en el suelo en comparación al sistema tradicional, moderando las fluctuaciones a través de las estaciones de crecimiento. Las temperaturas en labranza tradicional presentan una tendencia a ser mayores que en cero labranza en todas las profundidades, pero la diferencia tiende a disminuir con el aumento de la profundidad. Una temperatura más uniforme a lo largo del año, permite mantener activa la población de organismos y microorganismos del suelo, evitando períodos de latencia por bajas temperaturas como puede ocurrir en un sistema de labranza tradicional. De este modo, se obtiene una descomposición más rápida de los rastrojos provenientes de los distintos cultivos (Reyes 2002).

El contenido de humedad aprovechable para las plantas presenta una tendencia a ser mayor en cero labranza que en labranza tradicional, principalmente en 2-5 cm de profundidad. Existe un aumento de agua que infiltra en el suelo, un menor escurrimiento superficial y una menor evaporación superficial. El agua permanece almacenada por más tiempo en el perfil a disposición del cultivo, permitiendo un uso más eficiente de la humedad aprovechable, factor importante en la obtención de mayores rendimientos en los cultivos. Por otro lado, el aumento de la materia orgánica y la consecuente disminución de la densidad aparente del suelo, permite disponer de un mayor volumen o espacio, almacenando más agua y reteniéndola por un tiempo más prolongado (Reyes 2002).

7.4 Deshidrogenasa

Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo. Pertenecen al grupo de las oxidorreductasas, es decir, a las enzimas que remueven electrones (oxidan) o añaden electrones (reducen) a varios sustratos. La principal actividad de las deshidrogenasas es eliminar átomos de hidrógeno de la molécula del sustrato y transferirlos a un cofactor o coenzima (como algunas vitaminas o los nucleótidos NAD, NADP, FAD y FMN) que es reducido al recibir dichos átomos. De esta manera el sustrato queda oxidado y normalmente aparece con un doble enlace entre el oxígeno y el carbono, en las posiciones en las que antes estaba presente un grupo hidroxilo (OH) (Acosta y Paolini 2005).

Esta enzima es la encargada de la oxidación biológica de los compuestos orgánicos mediante el proceso de deshidrogenación; el cual procede según la siguiente reacción general: $XH_2 + A \rightarrow X + AH_2$; donde XH_2 es un compuesto orgánico dador de hidrógenos y A es el correspondiente aceptor de los mismos. Las deshidrogenasas están presentes en todos los seres vivos, en particular en levaduras y bacterias. Son claves en el metabolismo energético de las células, ya que participan en la glucólisis (degradación de la glucosa a ácido pirúvico), la fermentación (degradación anaerobia de la glucosa para obtener energía en forma de ATP) y el ciclo de Krebs (ciclo subsiguiente a la glucólisis de donde se obtiene más ATP). Estas enzimas intervienen en los procesos de descodificación y en el metabolismo de la vitamina A (Acosta y Paolini., 2005).

La actividad de la deshidrogenasa ha sido utilizada como un indicador de la actividad microbiana del suelo (Barajas-Aceves, 2008). La actividad de la deshidrogenasa es mayor en suelos aeróbicos o en inundados en comparación a los suelos incubados en condiciones anaerobias (Subhani *et al.*, 2001).

Se ha encontrado una correlación positiva entre esta actividad y el contenido de hidrocarburos en el suelo. En una primera fase se observa un aumento de la actividad de las deshidrogenasas en el suelo como reflejo de la adaptación y el crecimiento exponencial de los microorganismos, debido a la disponibilidad de nuevas fuentes de carbono introducidas por los hidrocarburos. Posteriormente, y como una consecuencia de la biodegradación, esta actividad decrece cuando el contenido de hidrocarburos disminuye debido a una menor disponibilidad de los compuestos (Margesin, 2005).

El método de Casida se basa en el uso de una sal soluble, en este caso cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolium (TTC), como aceptor terminal de electrones. Después de incubar las muestras de suelo, esta sal es reducida formando trifeniltetrazoliumformazan (TPF) de color rojo. Una vez extraído el TPF con un disolvente como metanol o acetona, su concentración es cuantificada por colorimetría (Alef y Nannipieri, 1998).

7.6 Requerimientos agroecológicos del frijol.

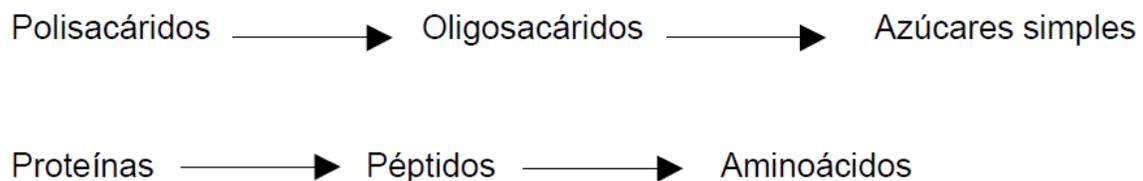
El cultivo de frijol se adapta a regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas, así como zonas subhúmedas. Se le encuentra desde 0 a 2400 msnm. Requiere días cortos; los días largos tienden a demorar la floración y madurez; cada hora mas de luz en el día puede retardar la maduración en 2 o 6 días; sin embargo, algunas variedades pueden ser indiferentes a la duración del día (Martínez *et al.*, 2008)..

El frijol se desarrolla bien de 15° a 27°C; bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas lo aceleran; temperaturas extremosas disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad; temperaturas de 5°C ó 40°C pueden provocar daños irreversibles. Este cultivo requiere de 300 a 500 mm de agua durante el periodo vegetativo (Martínez *et al.*, 2008).

Los mejores suelos para el frijol son los de textura franco-arcillosa. Requiere de una profundidad mínima de 60 cm, sin embargo, puede prosperar en suelos delgados. Con relación al pH del suelo, el rango es de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 5. Los suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento, porque desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso. En suelos con pH mayor de 8.2 se presenta toxicidad por sales y deficiencia de elementos menores. Requiere suelos libres de sales. Tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8-10% y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente (Martínez et al., 2008).

7.7 Descomposición y cambios en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo

La descomposición de los rastrojos es un proceso de importancia similar a la fotosíntesis pero de signo contrario. La fotosíntesis captura C como CO₂ de la atmósfera y la descomposición restituye el C también como CO₂. En general se acepta que la velocidad de descomposición disminuye según el siguiente orden: azúcares y aminoácidos > proteínas > celulosa > lignina (Los microorganismos heterotróficos del suelo están especializados en distintas partes del proceso de descomposición. Comienzan con la producción de enzimas extracelulares (ejemplo celulasa) que producen la división de las grandes moléculas en sus constituyentes básicos o monómeros. En el proceso de la descomposición aeróbica de la celulosa se genera la glucosa, y de las proteínas los distintos aminoácidos. Sintéticamente (Morón A. 2001):



Así, estos constituyentes básicos pueden ser absorbidos por los microorganismos para las distintas funciones metabólicas

Cuadro 1. Composición química de la parte aérea de diferentes rastrojos (Morón A. 2001)

	%C	%N	C/N	%P	%FDN	%FDA
Gramilla (Cynodon)	42,7	1,16	36,8	0,31	75,6	39,1
Lotus corniculatus	42,7	2,44	17,5	0,25	43,2	28,4
Matz-caña	40,5	0,68	59,6	0,25	60,4	30,4
Matz-hoja	41,6	1,85	22,5	0,30	67,2	31,7
Sorgo-caña	39,7	0,29	137,0	0,15	69,9	40,5
Sorgo-hoja	40,3	0,93	43,3	0,23	69,6	35,9
T.blanco	41,3	3,04	13,6	0,33	31,5	23,0

En la Figura 4 se presenta un esquema de la descomposición de un substrato simple. En términos de C, la descomposición puede ser vista como una redistribución del C del substrato donde éste se divide en tres partes:

- a) C-CO₂ producto del proceso de la obtención de energía vía respiración.
- b) C incorporado en las células microbianas.
- c) C en compuestos orgánicos de origen microbiano de los cuales parte es convertido en C humificado.

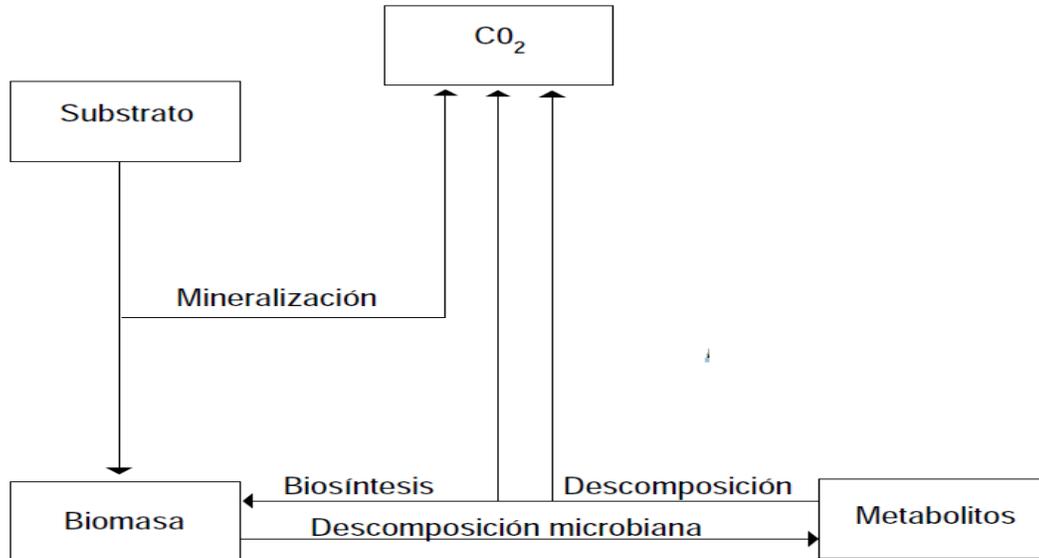
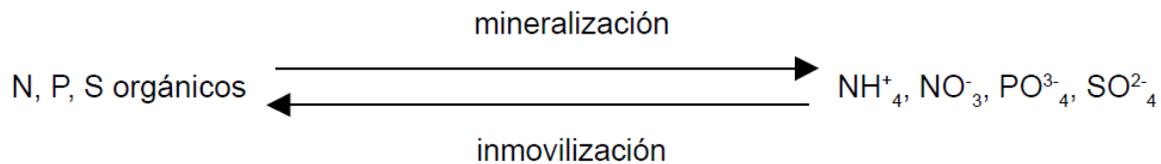


Figura 4. Modelo de descomposición de un sustrato simple en el suelo. **Fuente:** (Morón A. 2001)

En términos generales se considera que 20 a 40 % del C del sustrato es transformado en C microbiano en condiciones aeróbicas. En este aspecto existen diferencias importantes entre los microorganismos. Las menores eficiencias se encuentran en las bacterias anaerobias (2-5%), valores intermedios en las bacterias aeróbicas (5-10 %), y las mayores eficiencias se registran en los hongos (30-40%). Se reportan otros valores de eficiencias pero con idénticas tendencias ubicando a los hongos con los más altos índices de utilización del C (Morón A. 2001).

El crecimiento y desarrollo de los microorganismos inducido por la presencia de un rastrojo o material vegetal implica una retención temporaria de C y otros elementos como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, etc. La magnitud de las necesidades de N de los microorganismos dependerá de la cantidad de C ofrecido vía rastrojo, de la eficiencia de conversión del C rastrojo en C microbiano y de la relación C/N de los microorganismos. El N necesario para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la mayoría de los microorganismos puede tener dos

orígenes: N constituyente del mismo rastrojo o N mineral (amonio, nitrato) presente en la solución del suelo. Cuando los microorganismos toman N mineral del suelo para convertirlo en proteína microbiana el proceso se denomina inmovilización. Esquemáticamente (Morón A. 2001):



La inmovilización y mineralización de N son procesos microbiológicos de importancia agronómica práctica. En la el Cuadro 2 se presenta un ejemplo teórico de inmovilización de N para dos grupos distintos de microorganismos. Los hongos, a pesar de tener una concentración de N inferior que las bacterias en sus células, inmovilizan más N debido a la alta eficiencia de conversión del C del substrato en C microbiano. La liberación ocurrirá cuando se produzca la muerte y descomposición de esas células microbianas. Esos nutrientes, ejemplo N, podrán tener diversos destinos dentro de los cuales pueden mencionarse ser absorbido por las plantas o nuevamente por otros microorganismos (Morón A. 2001).

Cuando los microorganismos degradan rastrojos con concentraciones de nitrógeno superiores a sus necesidades, el exceso de N es excretado como NH_4^+ , proceso anteriormente definido genéricamente como mineralización y específicamente conocido como amonificación. Los valores de relación C/N debajo de los cuales se produce la amonificación son del orden 20 a 30. Rastrojos con valores superiores inducirán a inmovilización de N mineral en el tejido microbiano (Morón A. 2001).

Cuadro 2. Ejemplo teórico de las necesidades de nitrógeno en bacterias y hongos ante un substrato compuesto de C, H y O (Morón A. 2001).

	Bacterias	Hongos
Substrato, kg C	100	100
kg C en células microbianas formadas del substrato	5-10	30-40
Relación C/N de células microbianas	5:1	10:1
kg N necesario a ser inmovilizado en las células microbianas	1-2	3-4

VII. METODOLOGÍA

8.1 Toma de muestra

Mapa de parcelas de cultivo en Guapinol, cada una solo contiene una unidad experimental.

Cuadro 3. Tratamientos y unidades experimentales de cada una de las parcelas, ejemplo de la parcela de agricultura convencional con rastrojo.

Cada parcela grande contiene tres unidades experimentales			
8 m			
	1.60 m	1.60 m	1.60 m
8 m	3 unidad experimental convencional con rastrojo canavalia	2 unidad experimental convencional con rastrojo maíz	1 unidad experimental convencional con rastrojo frijol

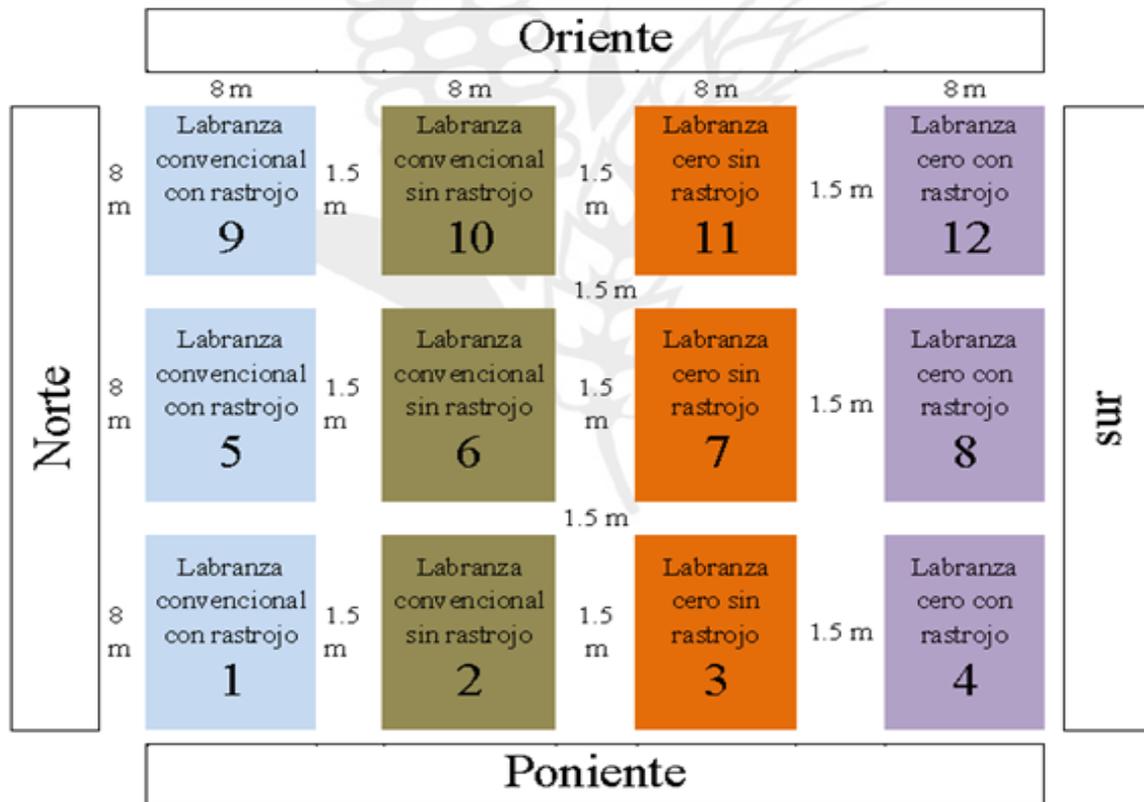


Figura 5 Esquema del cultivo de siembra en Rancho Guapinol

Se tomaron 5 plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) experimentales por cada tratamiento. Luego fueron llevadas al laboratorio de "Ambiental" en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, y después llevarlos al análisis estadístico. Esto se hizo a los 60, 75 y 90 días después de la exposición (dde). Para hacer las determinaciones de nodulación y crecimiento lo cual se midió las siguientes variables:

- Peso total de la planta
- Peso follaje
- Peso raíz
- Peso nódulos
- Peso de semillas
- Longitud total

- Longitud follaje
- Longitud raíz
- Número de hojas
- Número de nódulos
- Número semillas
- Número de semillas/ vaina
- Numero de flores
- Número de vainas

8.2 Determinación de pH

Para la determinación del pH se utiliza el método potenciométrico (Willard *et al.*, 1973).

- 1) Pesar en balanza analítica 1 g de cada una de las muestras de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 ml.
- 2) Agregar 10 ml de agua destilada.
- 3) Agitar con agitador magnético y dejar reposar 10 minutos.
- 4) Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras pH 7 y 4.
- 5) Pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro.
- 6) Hacerlo por triplicado

8.3 El método utilizado para la medición de % humedad gravimétrico, para determinar únicamente la cantidad de agua de los suelos (Topp, 1993).

- 1) Pesar 1 g de muestra sobre un papel o charola de aluminio a peso constante.
- 2) Colocar la muestra dentro de la estufa a 80°C de 12 a 24 horas.
- 3) Sacar la muestra de la estufa y colocarla dentro de un desecador para que se enfríe.
- 4) Pesar la muestra con todo y papel.

5) Calcular los porcentajes de humedad en el suelo por la diferencia de pesos.

8.3 Método para la determinación de actividad enzimática Casida (Barajas-Aceves, 2008)

Incubación de las muestra

Se pesan, por separado, tres porciones de suelo de 2 g cada una y se colocan en tubos de ensayo forrados con papel aluminio (ya que el TTC y el TPF son sensibles a la luz). A cada tubo se le adicionan 0.0335 g de CaCO_3 , 0.5 mL de la solución de TTC al 3 % y 1.75 mL de agua destilada. Los contenidos son mezclados en el vortex. Los tubos son incubados durante 24 h a 37 °C. Todo este procedimiento debe realizarse con luz difusa.

Extracción y medición del 1,3,5-trifenilformazano

Al finalizar la incubación, el TPF formado por la reducción del TTC se extrae en un embudo de separación con 5 mL de metanol (figura 1.3), agitando durante 5 minutos. Después, se filtra. Este procedimiento se repite añadiendo metanol hasta llegar a un volumen de 40 mL. El extracto total se deposita en un matraz de 50 mL para aforar. Se analizan las muestras en el espectrofotómetro a una longitud de onda 485 nm, usando metanol como blanco.



Figura 5. Extracción de 1,3,5-trifenilformazano (TPF)

Preparación de la curva de calibración de 1,3,5-trifenilformazano

Se toman 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mL de la solución de TPF en matraces volumétricos de 50 mL. Se adicionan 8.3 mL de solución de amortiguador TRIS pH 7.6 a cada matraz y se aforan con metanol (o acetona) a 50 mL. Las concentraciones finales que se obtienen son 0, 5, 10, 20, 30 y 40 µg TPF/mL. Se lee en espectrofotómetro a una longitud de onda de 485 nm.

Controles

Los controles se preparan con 5 mL de solución amortiguadora TRIS sin adicionar TTC, y se tratan igual que las muestras.

8.4 Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) (Doming2002).

- 1.- Se pesa el papel filtro y se anota el peso
- 2.- Se toman 10g de suelo seco previamente, para luego colocarlo en el papel filtro con el embudo
- 3.- Se dejan caer suavemente sobre la tierra 100ml de agua destilada
- 4.- Se sella con papel aluminio y se deja reposar 24hrs
- 5.- Pasados las 24hrs se toma el peso de la muestra húmeda y se realizan los cálculos con la fórmula.

VIII. RESULTADOS

En esta sección se darán a conocer los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos realizados, tanto al suelo como a los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L)

9.1 Variables de crecimiento y nodulación en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L)

9.1.1 Diámetro de nódulos

A continuación se muestran en la figura 6 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de nódulo (D nod), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

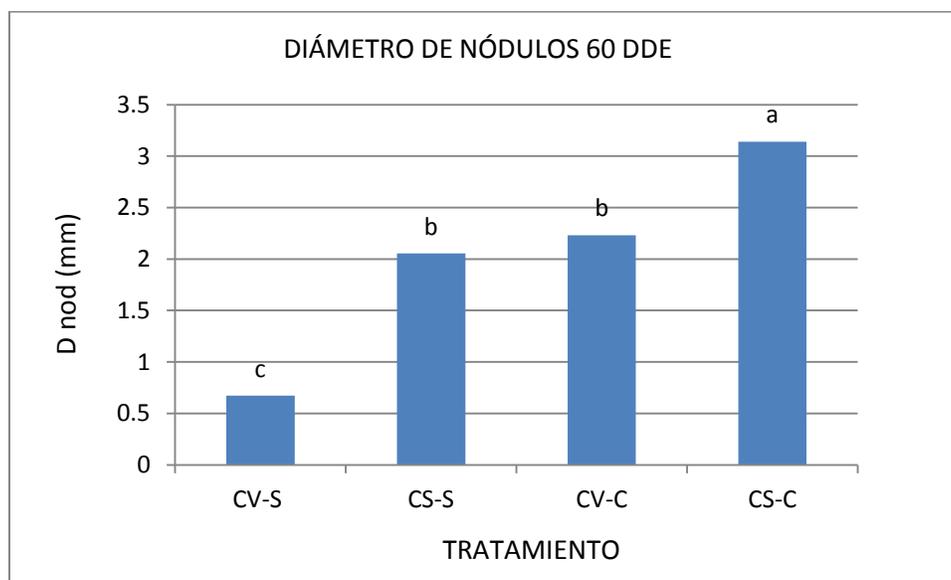


Figura 6 .- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de nódulo por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro de nódulo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 79.9% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.2 Diámetro de nódulos

A continuación se muestran en la figura 7 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de nódulo (D nod), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

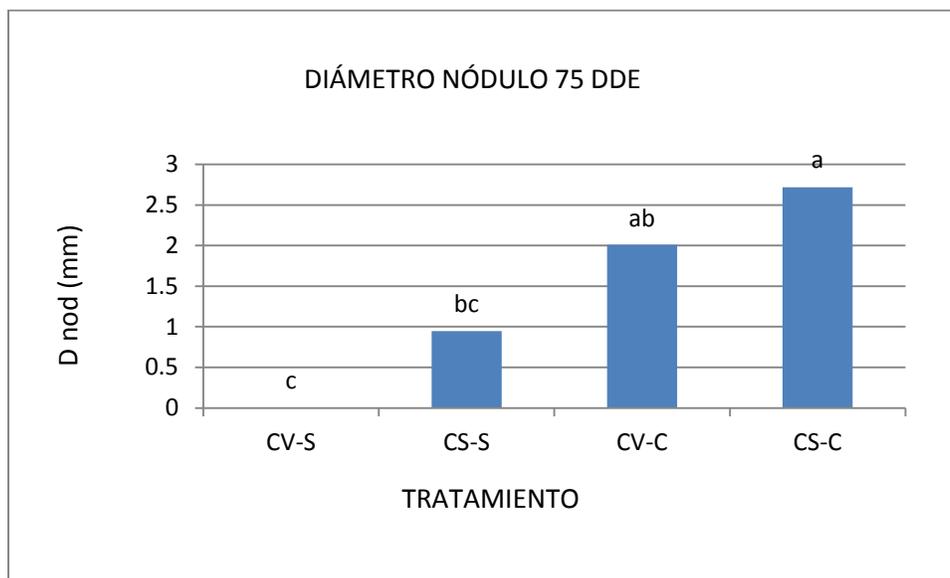


Figura 7.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de nódulo por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del nódulo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 100% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.3 Diámetro de nódulos

A continuación se muestran en la figura 8 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de nódulo (D nod), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

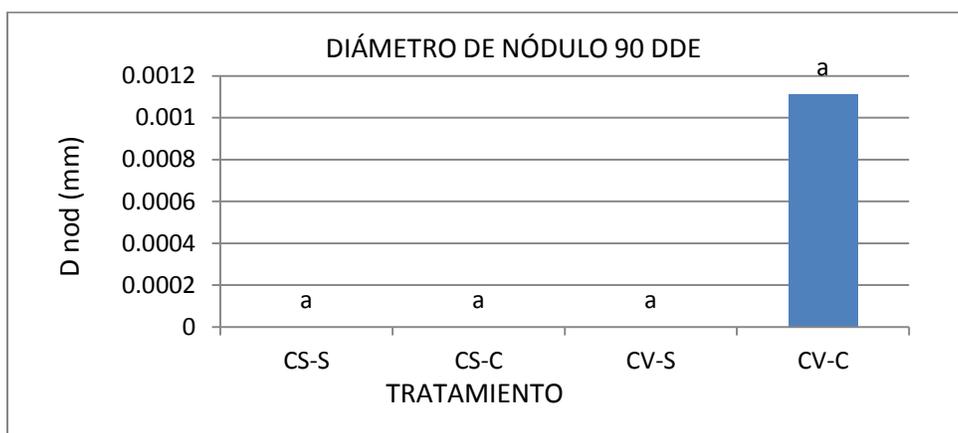


Figura 8.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de nódulo por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del nódulo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento convencional con rastrojo fue mayor por un 100% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.4 Diámetro de tallo.

A continuación se muestran en la figura 9 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de tallo (D tall), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

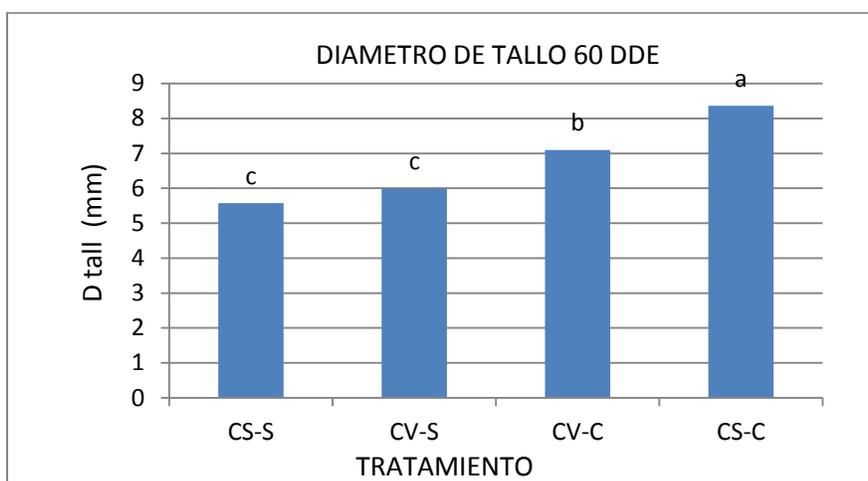


Figura 9.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de tallo por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del tallo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 32.9% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.5 Diámetro de tallo.

A continuación se muestran en la figura 10 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de tallo (D tall), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

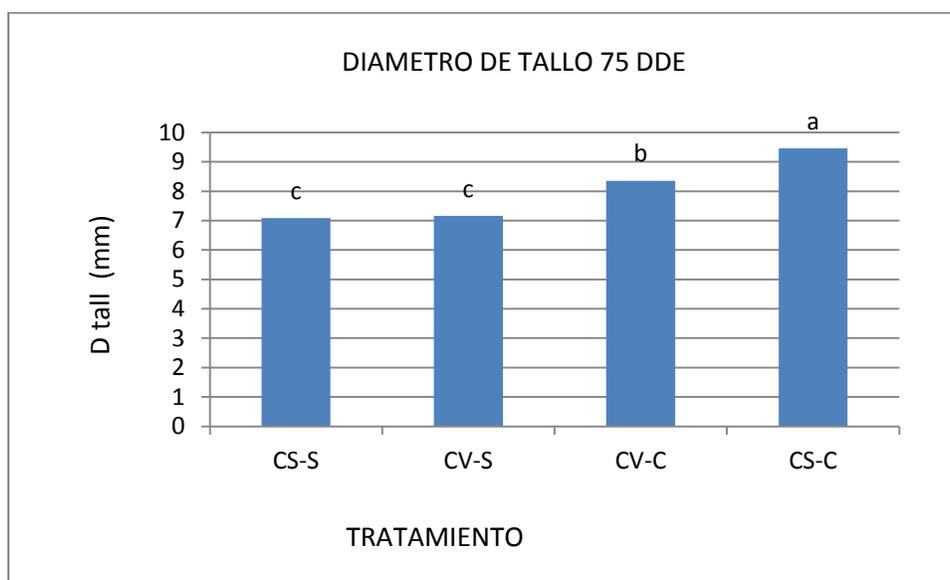


Figura 10.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de tallo por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del tallo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 23.9% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.6 Diámetro de tallo

A continuación se muestran en la figura 11 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro de tallo (D tall), expresado en milímetros (mm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

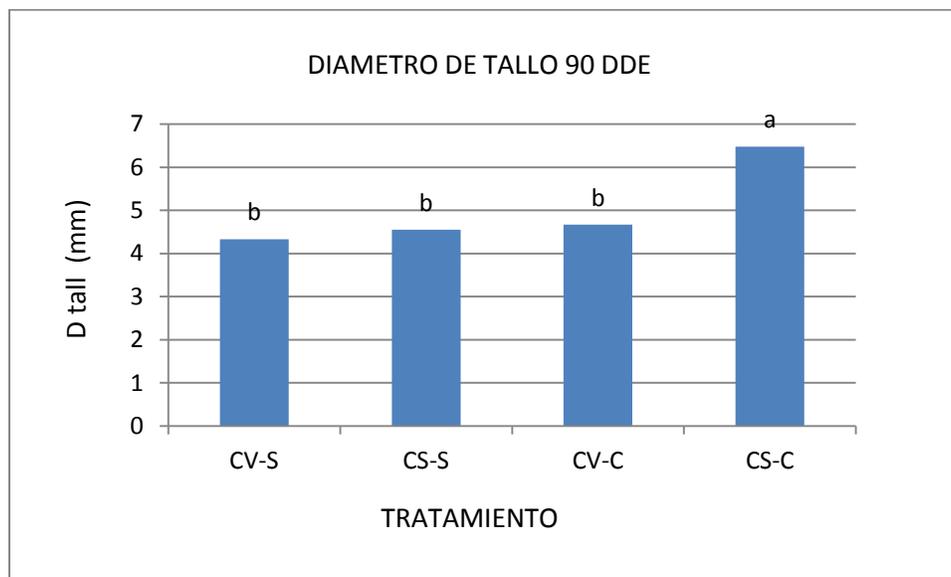


Figura 11.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el diámetro de tallo por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del tallo de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 33.8% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptable.

9.1.7 Longitud de planta

A continuación se muestran en la figura 12 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de tallo (Lpla), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

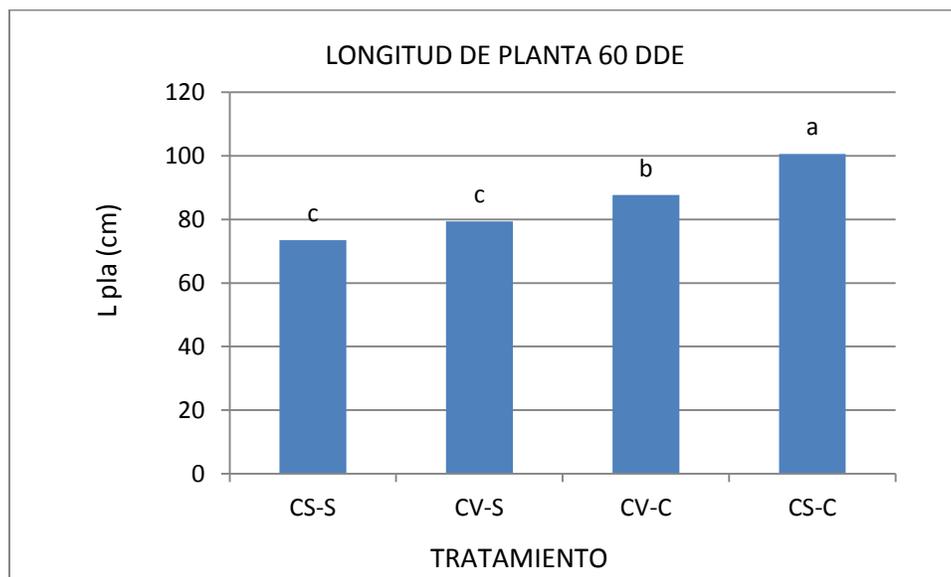


Figura 12.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de tallo por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud de plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 23.8% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.8 Longitud de planta

A continuación se muestran en la figura 13 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de tallo (Lpla), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

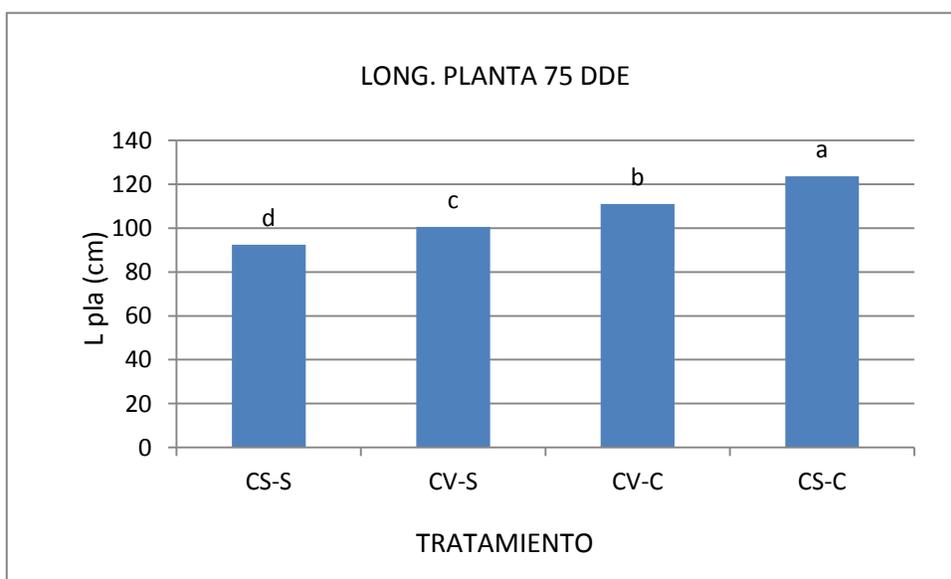


Figura 13.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de tallo por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud de plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 23.3% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.9 Longitud de planta

A continuación se muestran en la figura 14 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de tallo (Lpla), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

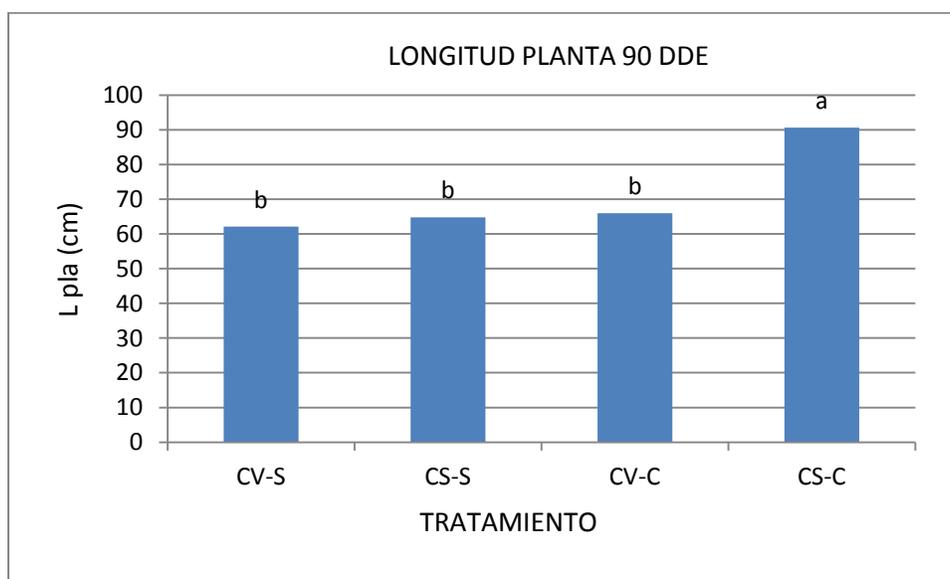


Figura 14.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de tallo por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud de plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 28.3% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.10 Longitud del follaje

A continuación se muestran en la figura 15 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud del follaje (Lf), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

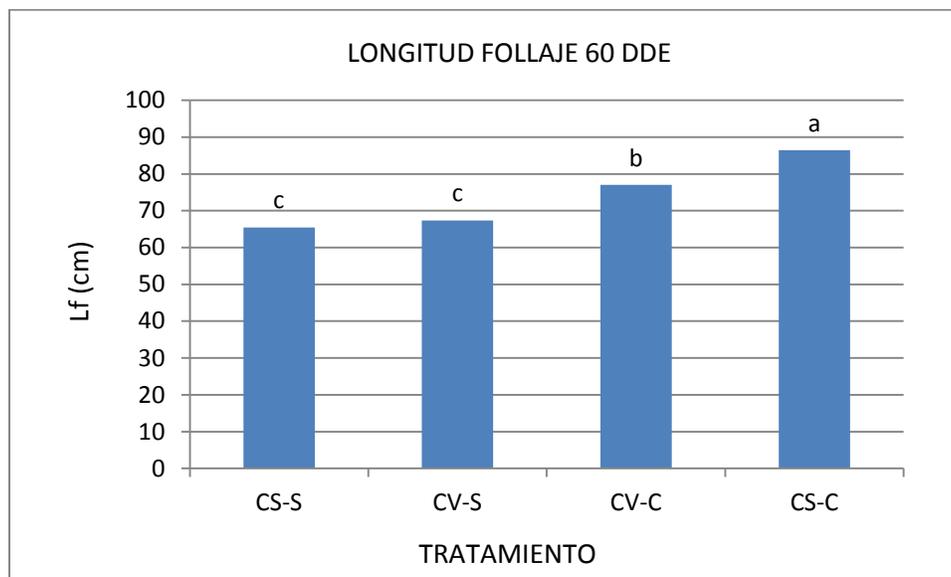


Figura 15.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 22.7% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.11 Longitud del follaje

A continuación se muestran en la figura 16 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud del follaje (Lf), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

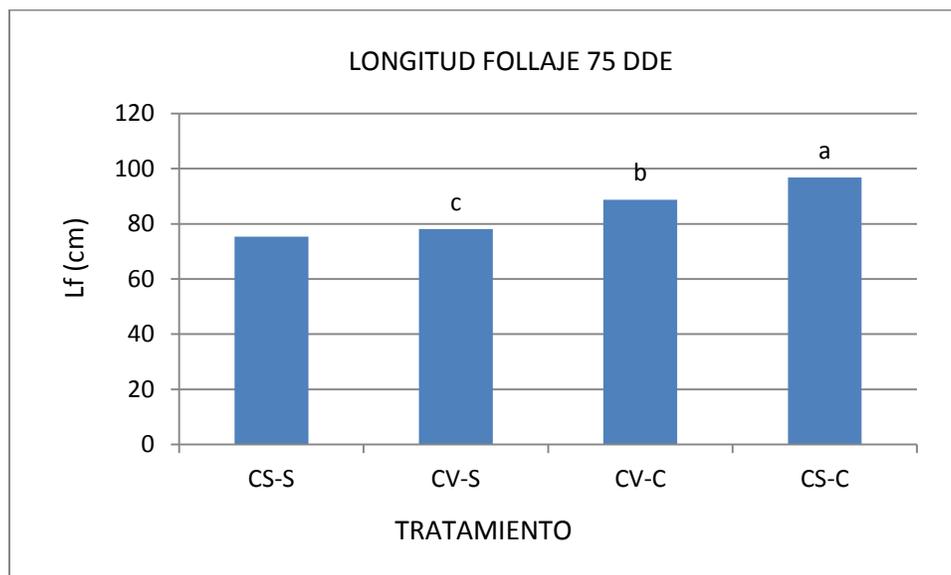


Figura 16.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 20.7% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.12 Longitud del follaje

A continuación se muestran en la figura 17 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud del follaje (Lf), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

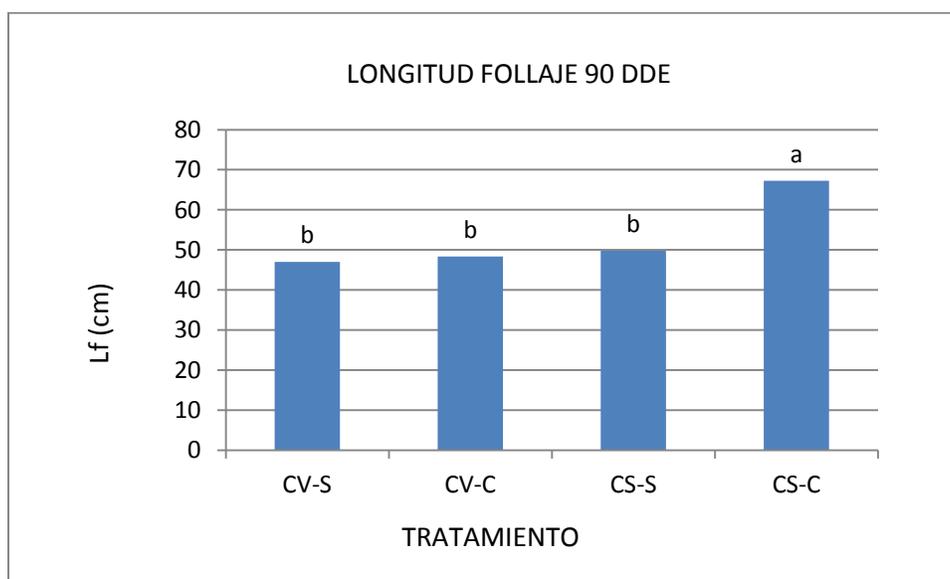


Figura 17.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 32.4% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.13 Longitud raíz

A continuación se muestran en la figura 18 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de raíz (Lr), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

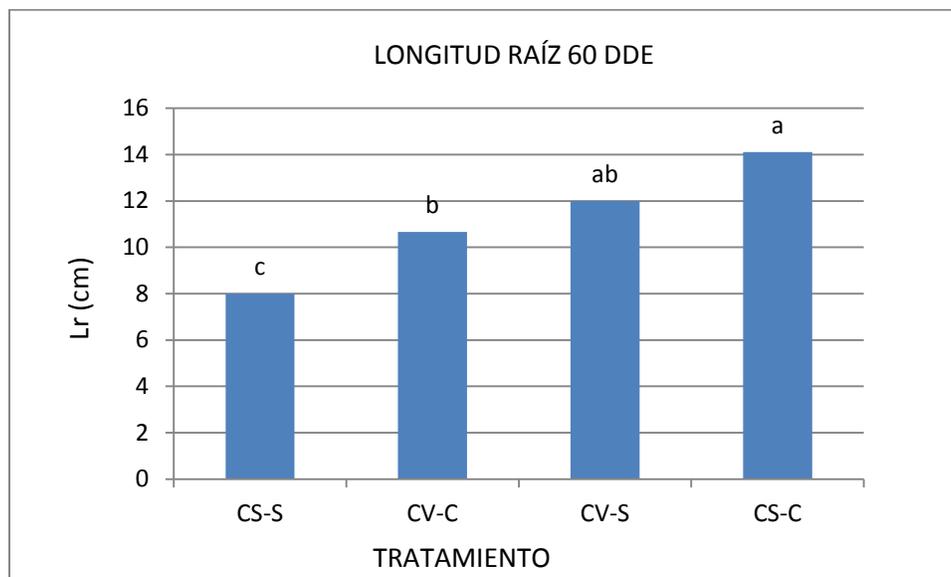


Figura 18.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 42.8% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.14 Longitud raíz

A continuación se muestran en la figura 19 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de raíz (Lr), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

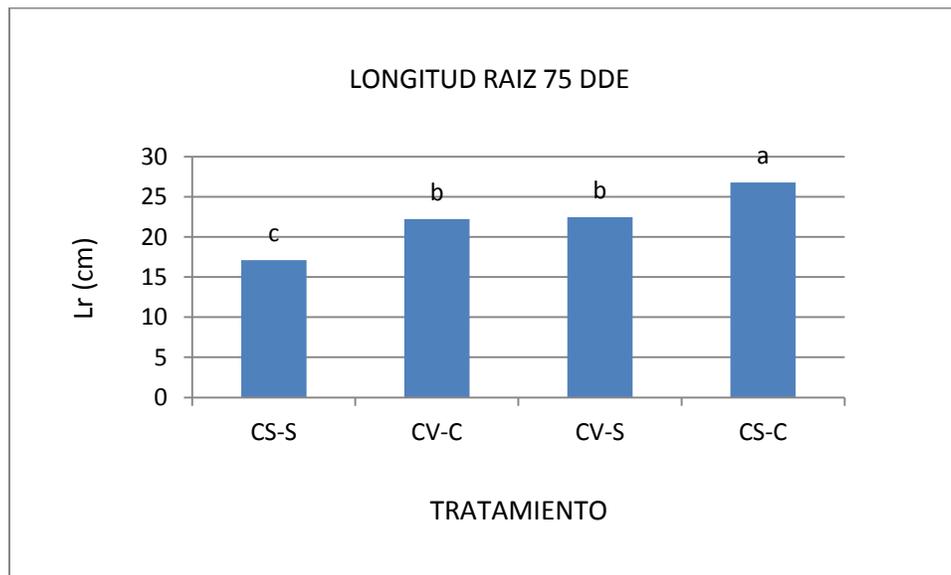


Figura 19.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 33.3% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.15 Longitud raíz

A continuación se muestran en la figura 20 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, longitud de raíz (Lr), expresado en centímetros (cm), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

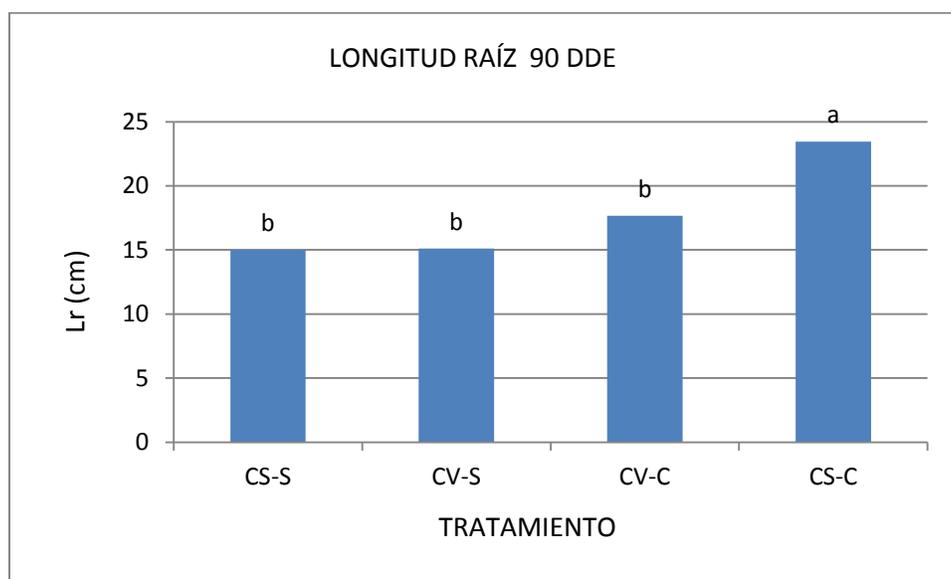


Figura 20.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para la longitud de follaje por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de longitud del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 34.8% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.16 Número de flores

A continuación se muestran en la figura 21 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de flores (N° flores), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

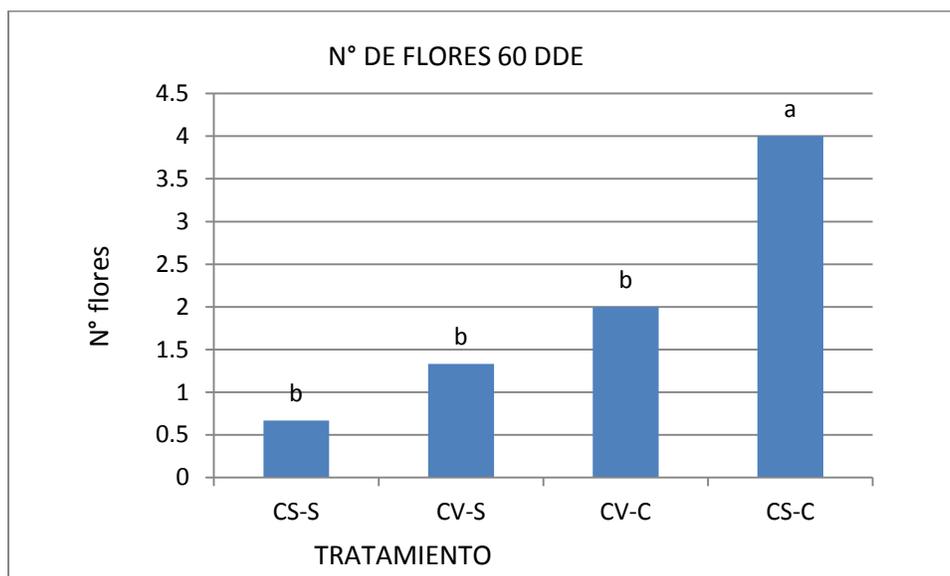


Figura 21.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de flores por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de flores de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 85% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.17 Número de flores

A continuación se muestran en la figura 22 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de flores (N° flores), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

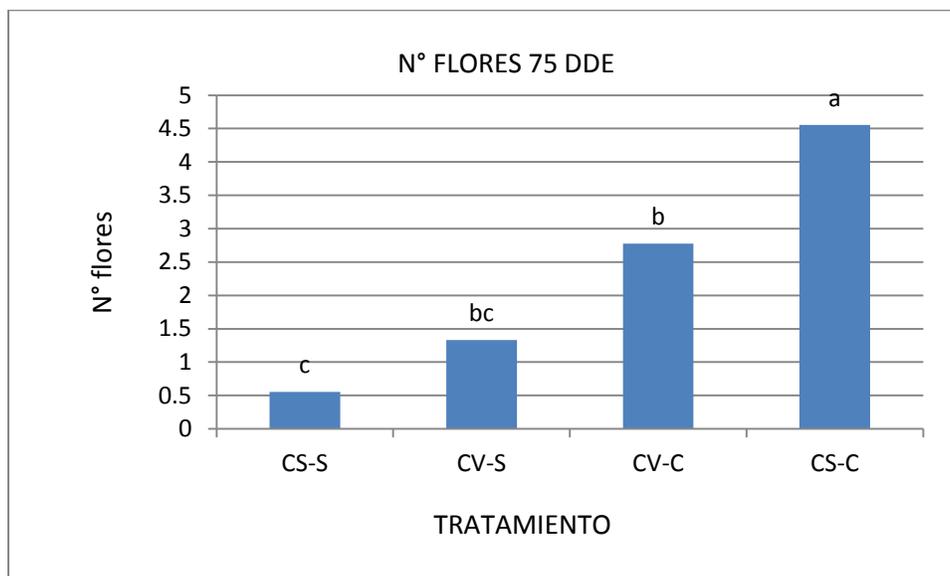


Figura 22.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de flores por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de flores de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 88.9% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.18 Número de flores

A continuación se muestran en la figura 23 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de flores (N° flores), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

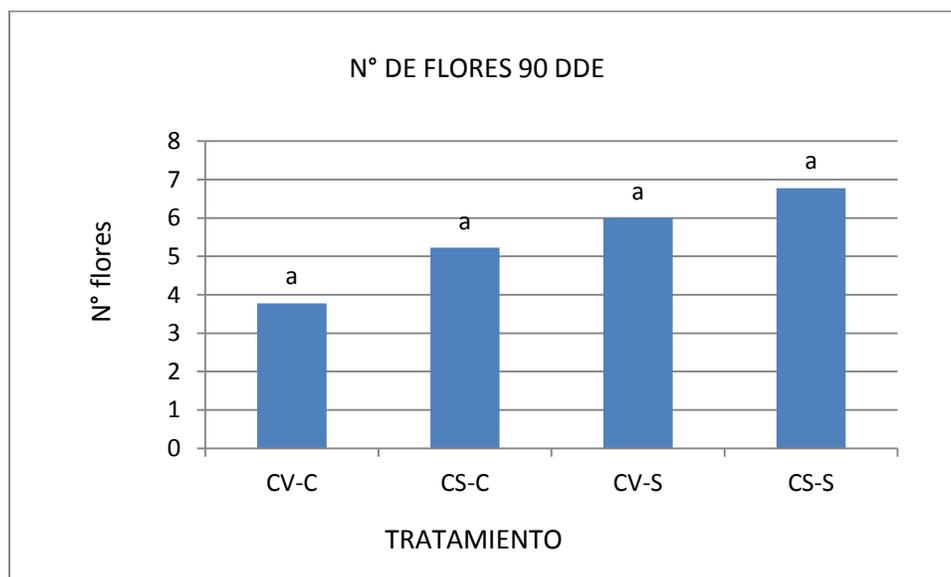


Figura 23.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de flores por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de flores de las plantas de frijol, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación sin rastrojo fue mayor por un 44.1% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.19 Número de hojas

A continuación se muestran en la figura 24 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de hojas (N° hoja), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

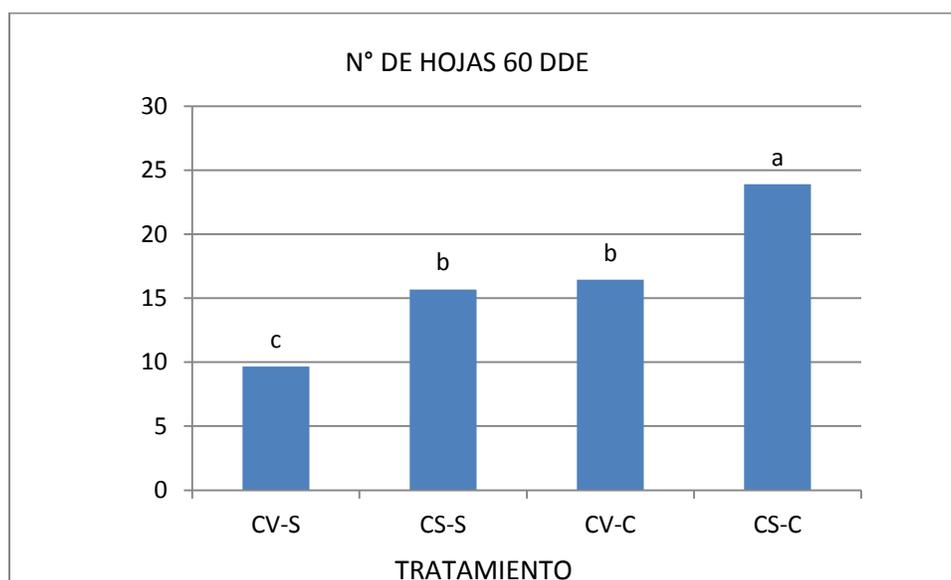


Figura 24.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de hojas por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de hojas de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 60.9% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.20 Número de hojas

A continuación se muestran en la figura 25 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de hojas (N° hoj), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

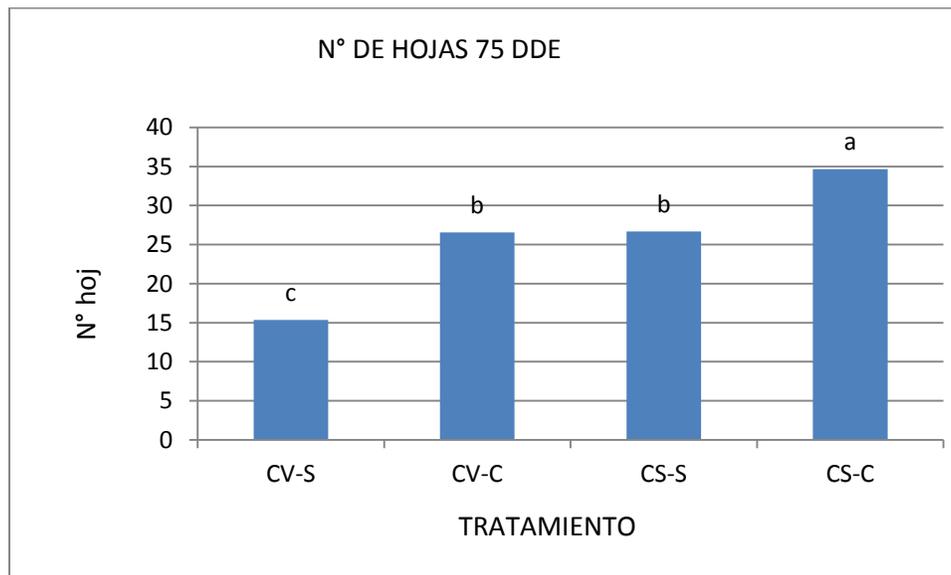


Figura 25.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de hojas por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de hojas de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 55.9% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.21 Número de vainas

A continuación se muestran en la figura 26 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de vainas (N° vainas), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

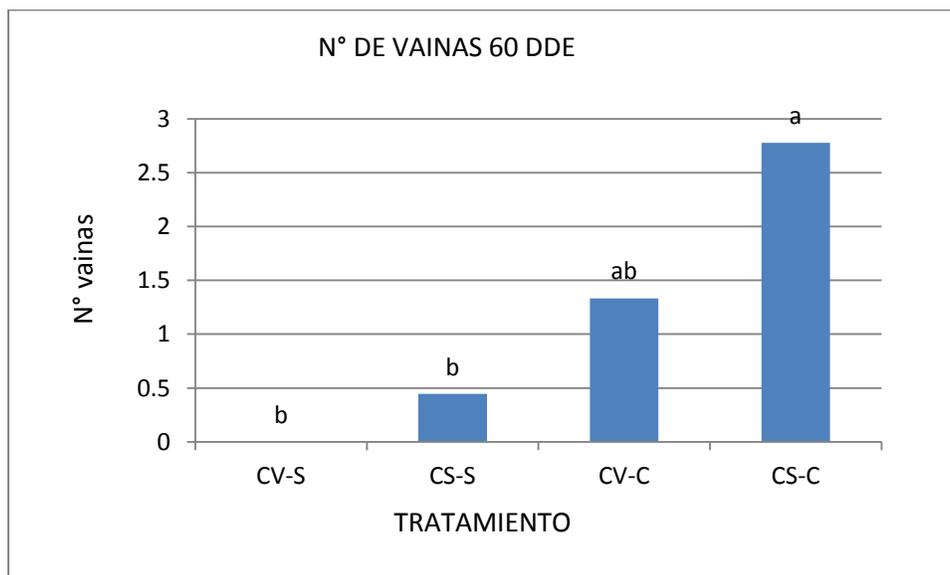


Figura 26.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de hojas por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de vainas de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 100% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.22 Número de vainas

A continuación se muestran en la figura 27 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de vainas (N° vainas), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

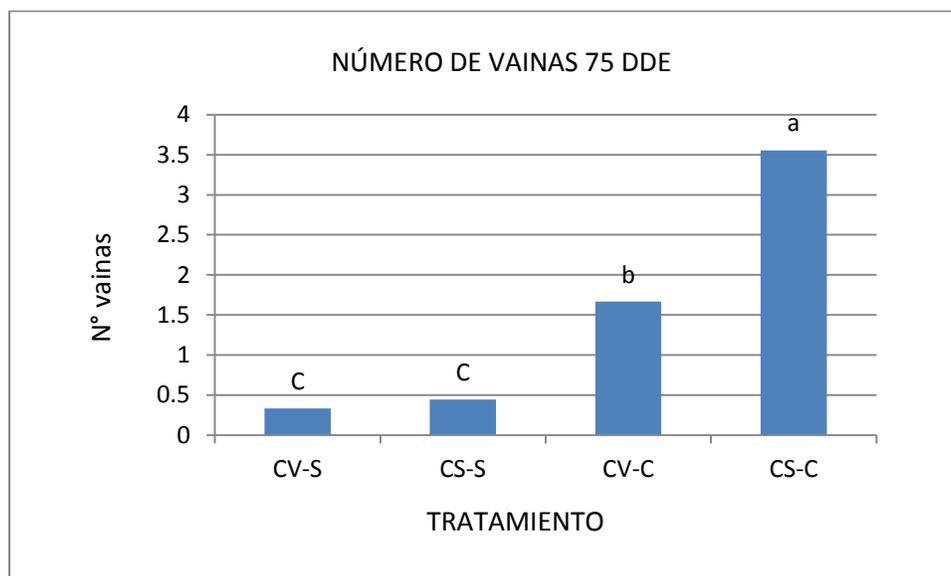


Figura 27.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de vainas por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de vainas de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 88.9% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.23 Número de vainas

A continuación se muestran en la figura 23 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de vainas (N° vaina), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

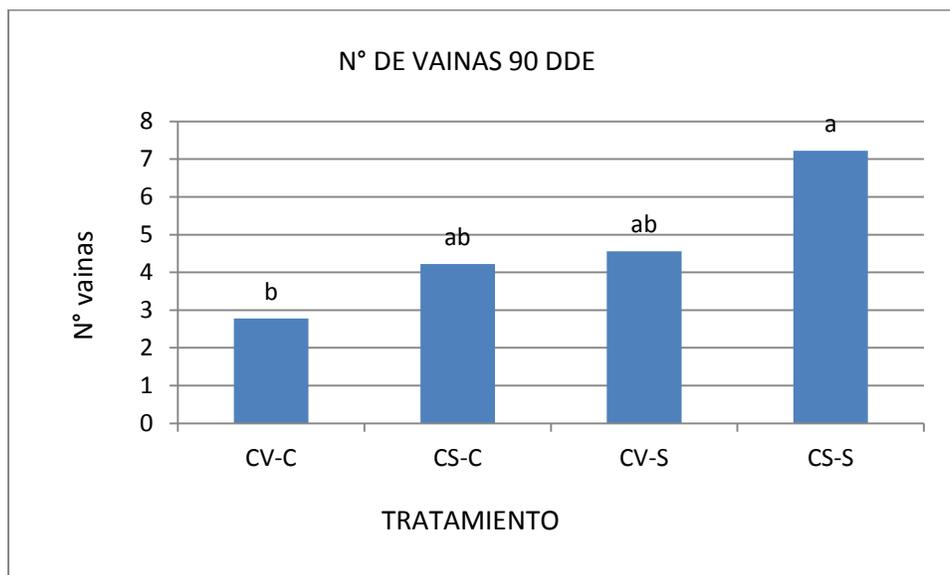


Figura 28.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de vainas por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de vainas de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 61.1% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.24 Número de nódulos

A continuación se muestran en la figura 29 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de nódulos (N° nod), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

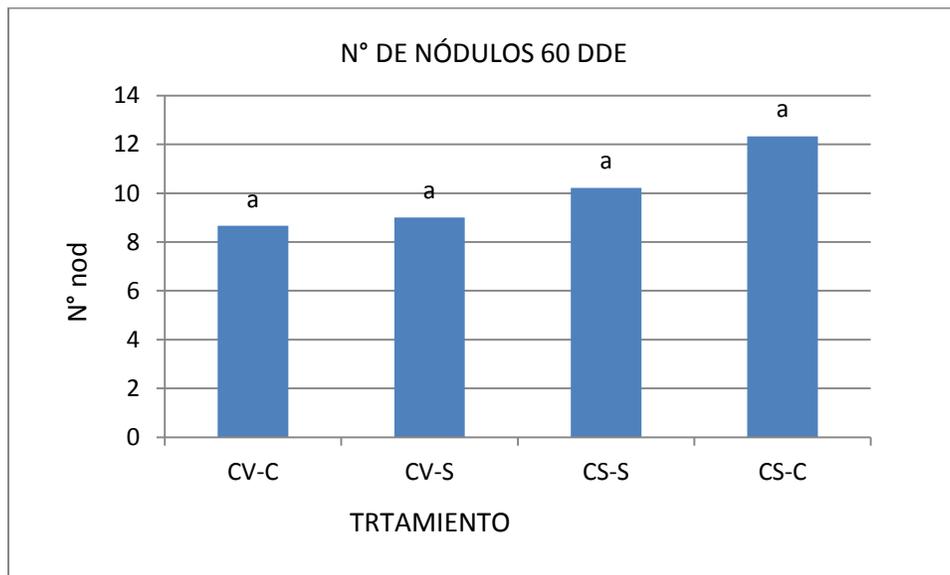


Figura 29.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de nódulos por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de nódulos de las plantas de frijol, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 31.7% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.25 Número de nódulos

A continuación se muestran en la figura 30 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de nódulos (N° nod), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

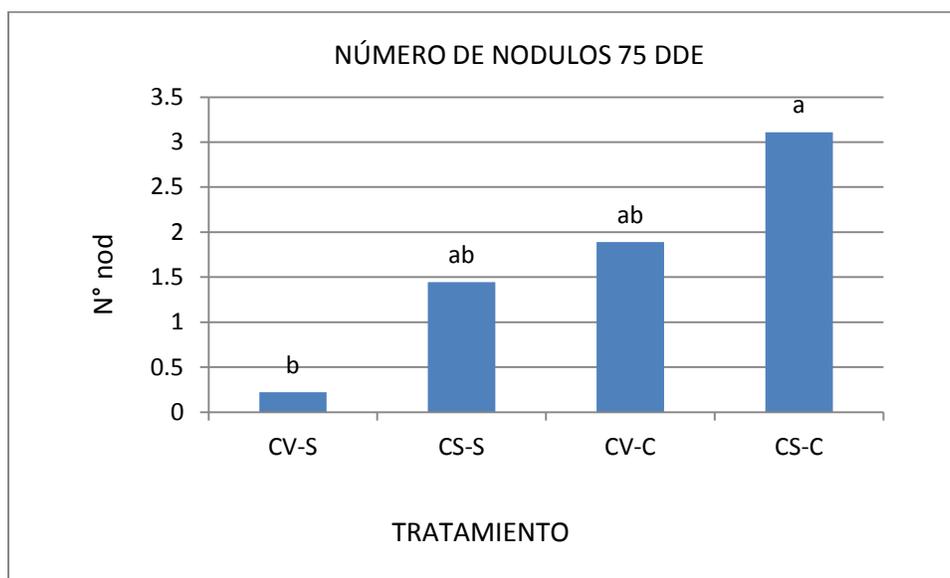


Figura 30.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de nódulos por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de nódulos de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 87.5% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.26 Número de nódulos

A continuación se muestran en la figura 31 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de nódulos (N° nod), en las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

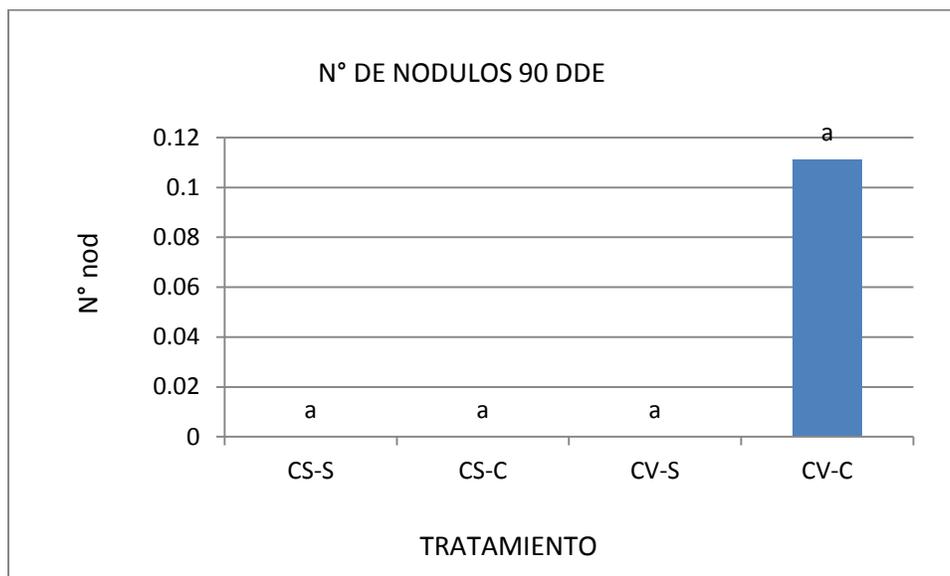


Figura 31.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el número de nódulos por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de nódulos de las plantas de frijol, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento convencional con rastrojo fue mayor por un 100% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.27 Peso del follaje

A continuación se muestran en la figura 32 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso del follaje (Pf), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

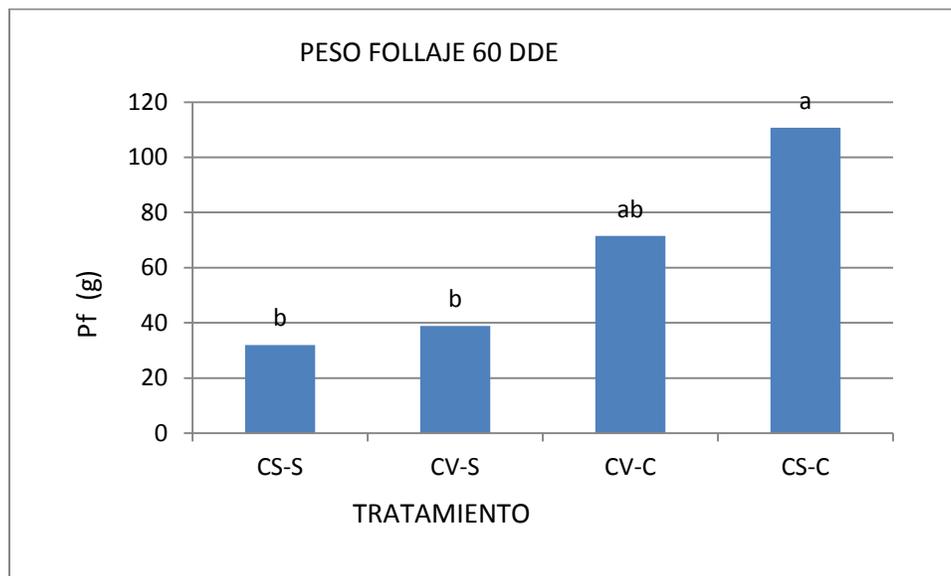


Figura 32.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para peso del follaje por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 54.5% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.28 Peso del follaje

A continuación se muestran en la figura 33 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso del follaje (Pf), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

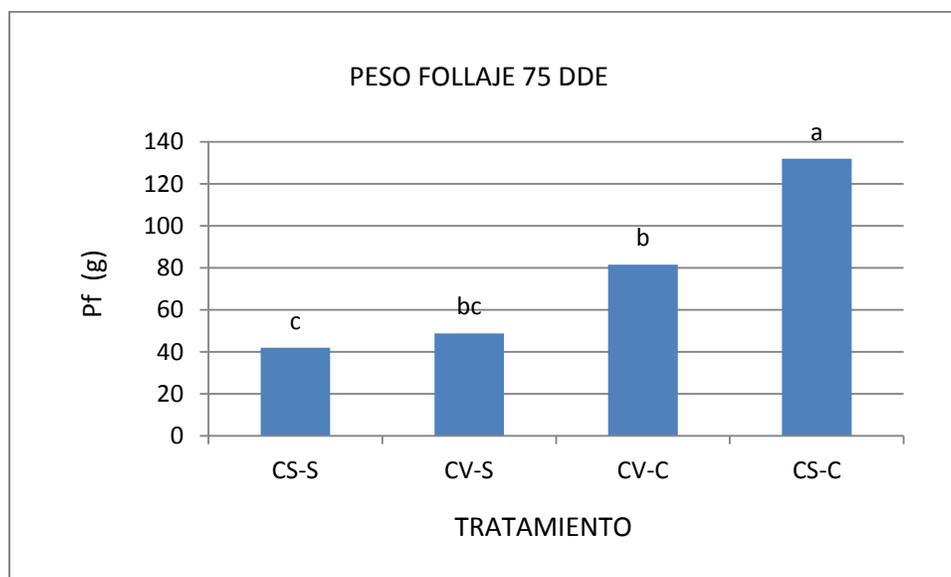


Figura 33.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso del follaje por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 69.2% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.29 Peso del follaje

A continuación se muestran en la figura 34 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso del follaje (Pf), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

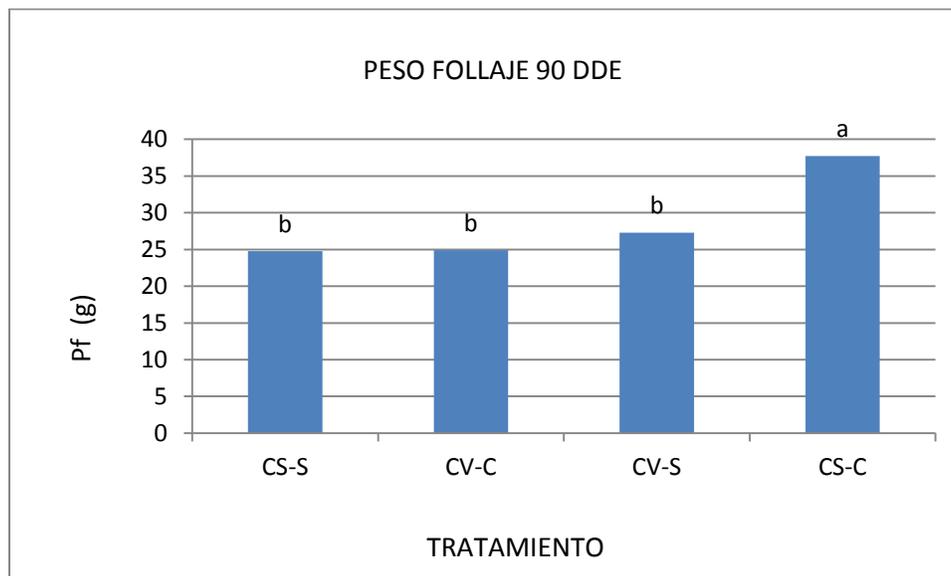


Figura 34.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso del follaje por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso del follaje de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 33.8% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.30 Peso nódulos

A continuación se muestran en la figura 35 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso nódulos (P nod), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

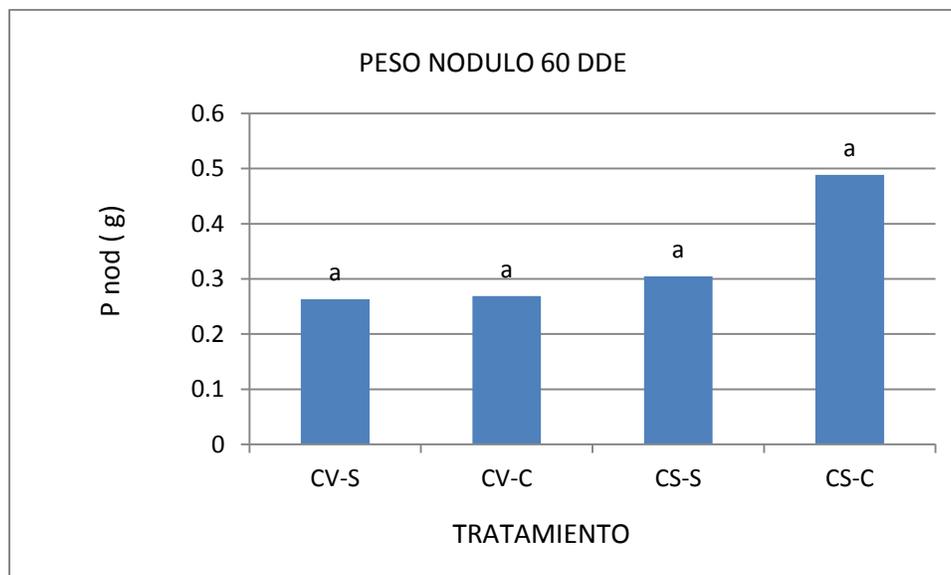


Figura 35.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso nódulos por planta por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de los nódulos de las plantas de frijol, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 54.4% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.31 Peso nódulos

A continuación se muestran en la figura 36 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso nódulos (P nod), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

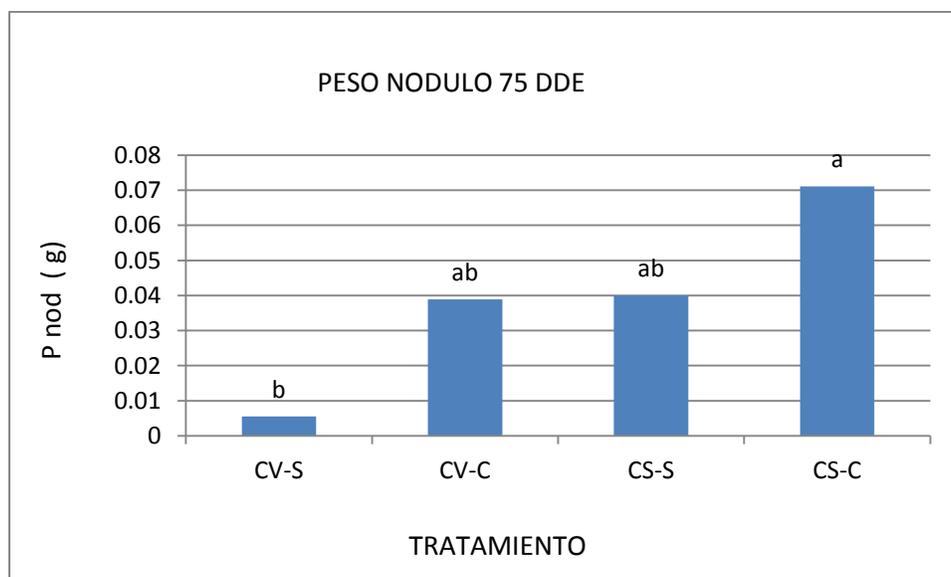


Figura 36.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de los nódulos por planta por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de los nódulos de las plantas de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 92.4% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.32 Peso nódulos

A continuación se muestran en la figura 37 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso nódulos (P nod), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

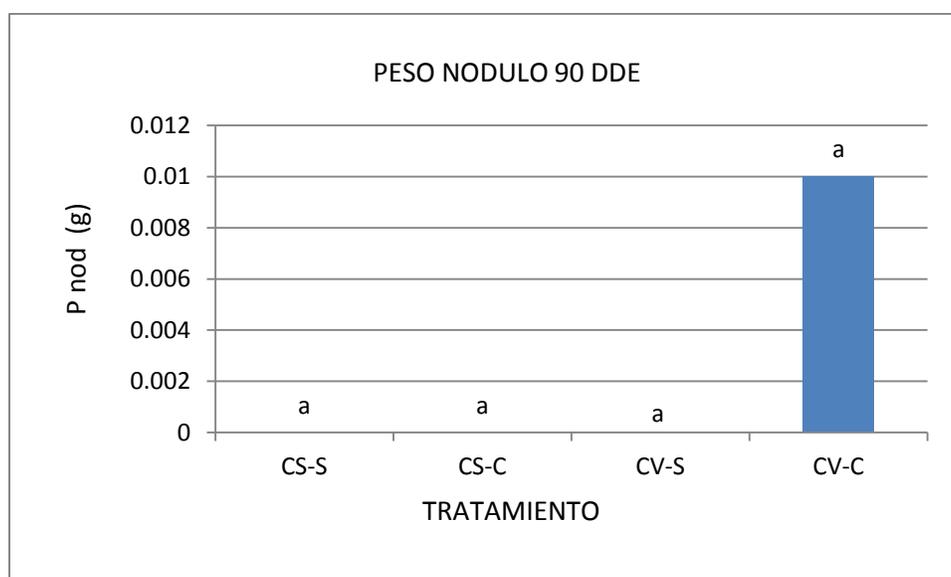


Figura 37.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de los nódulos por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de los nódulos de las plantas de frijol, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento convencional con rastrojo fue mayor por un 100% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.33 Peso plantas

A continuación se muestran en la figura 38 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la planta (Pp), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

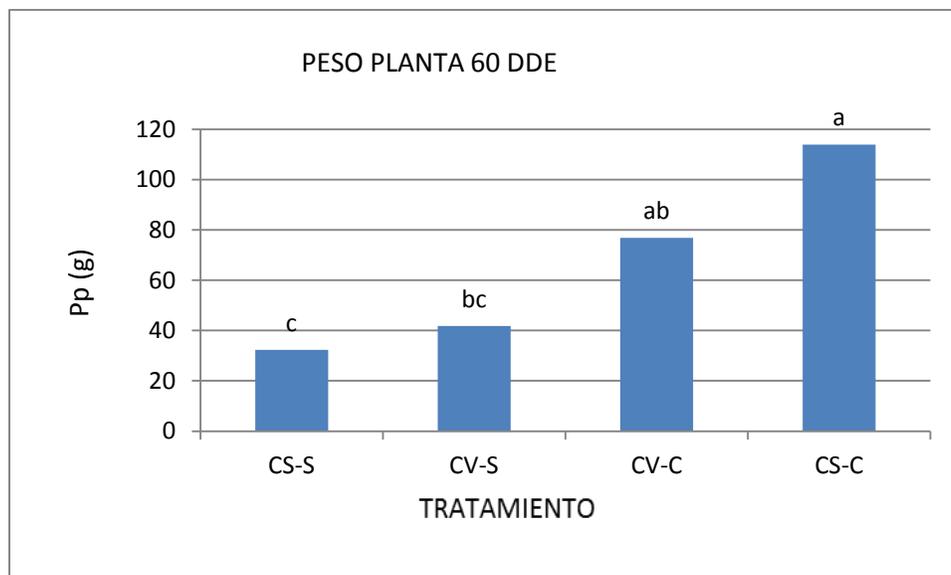


Figura 38.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de las plantas por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la planta de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 70% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.34 Peso plantas

A continuación se muestran en la figura 39 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la planta (Pp), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

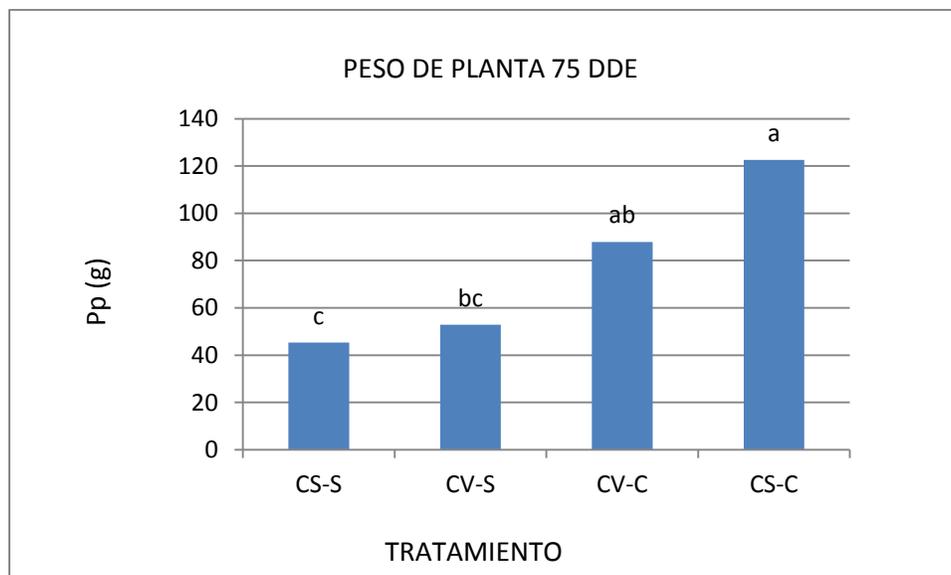


Figura 39.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de las plantas por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la planta de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 64.5% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.35 Peso plantas

A continuación se muestran en la figura 40 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la planta (Pp), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

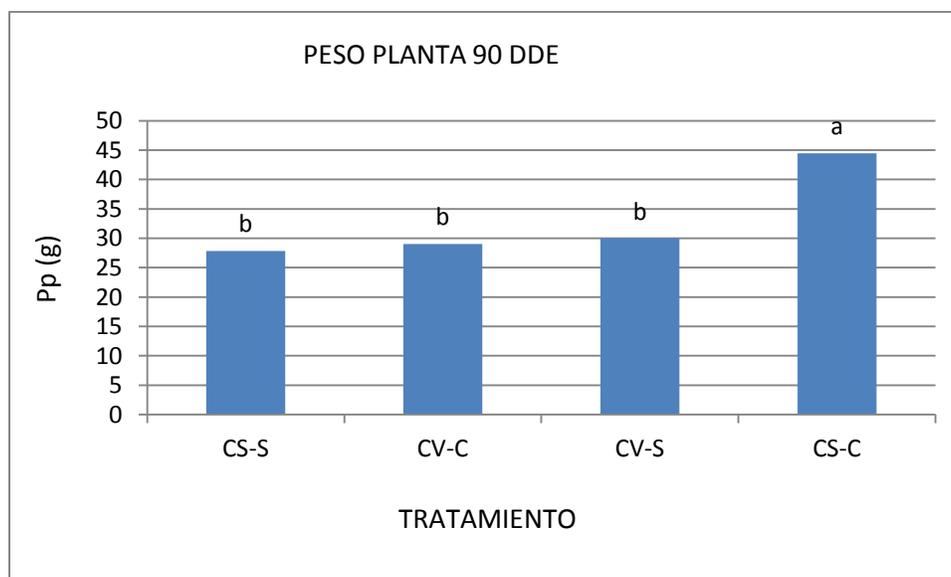


Figura 40.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de las plantas por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la raíz de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 37.8% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.36 Peso raíz

A continuación se muestran en la figura 41 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la raíz (Pr), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 60 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

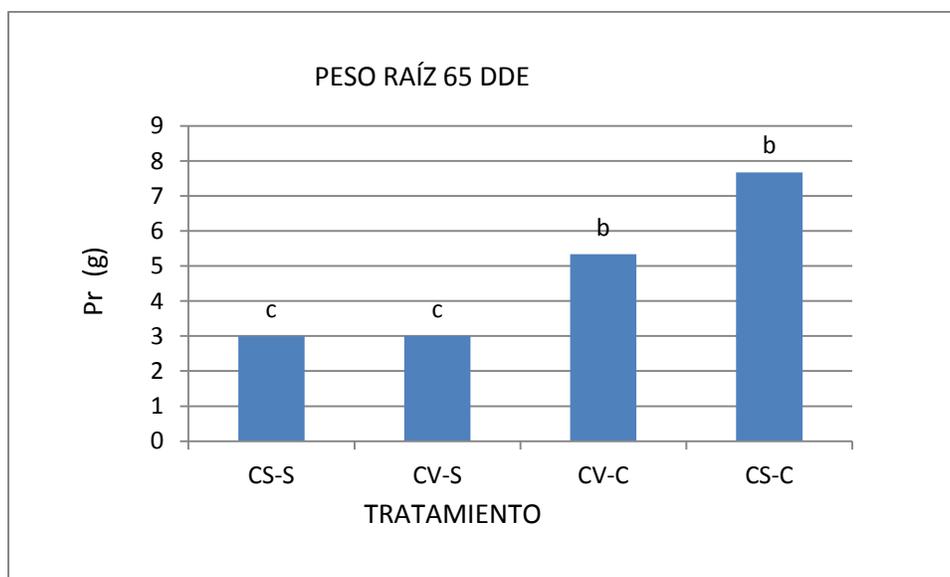


Figura 41.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de la raíz por cada tratamiento; a los 60 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la raíz de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 62% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.37 Peso raíz

A continuación se muestran en la figura 42 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la raíz (Pr), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 75 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

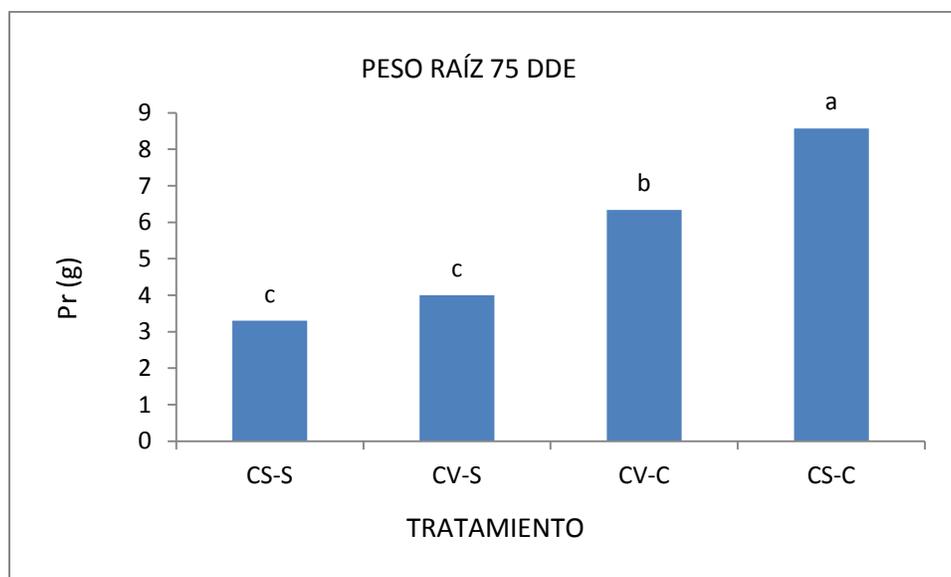


Figura 42.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de la raíz por cada tratamiento; a los 75 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la raíz de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 61.2% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.1.38 Peso raíz

A continuación se muestran en la figura 43 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de la raíz (Pr), expresados en gramos (g) en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

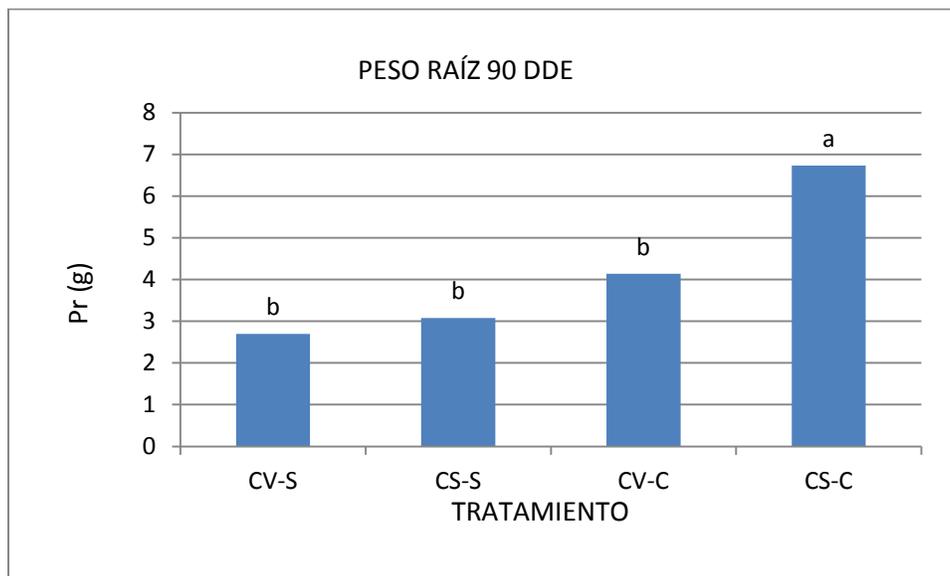


Figura 43.- Resultados del análisis estadístico en plantas de frijol, para el peso de la raíz por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de peso de la raíz de frijol, mostro que existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 64.2% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

9.2.1 Capacidad de retención de agua (CRA) tiempo cero

A continuación se muestran en la figura 44 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de capacidad de retención de agua (CRA) tiempo cero para los suelos de cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 0 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

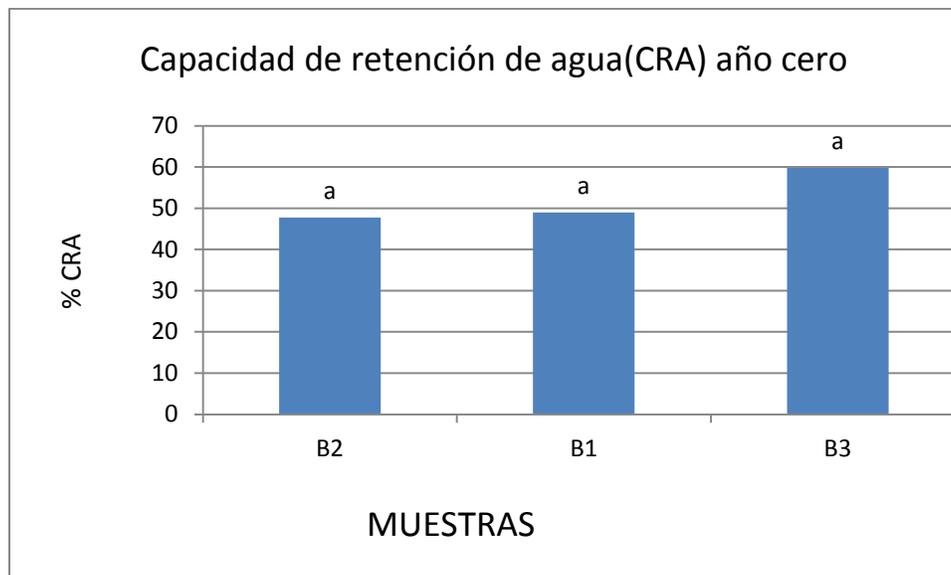


Figura 44.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L), para la capacidad de retención de agua por cada muestra. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro de capacidad de retención de agua (CRA) de los diferentes suelos de los cultivos de frijol, mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, la muestra B3, fue mayor por un 21.8% comparado con la muestra B2, ambos son aceptables.

9.2.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA) 90 dde

A continuación se muestran en la figura 45 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de capacidad de retención de agua (CRA) en los suelos de cultivos de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

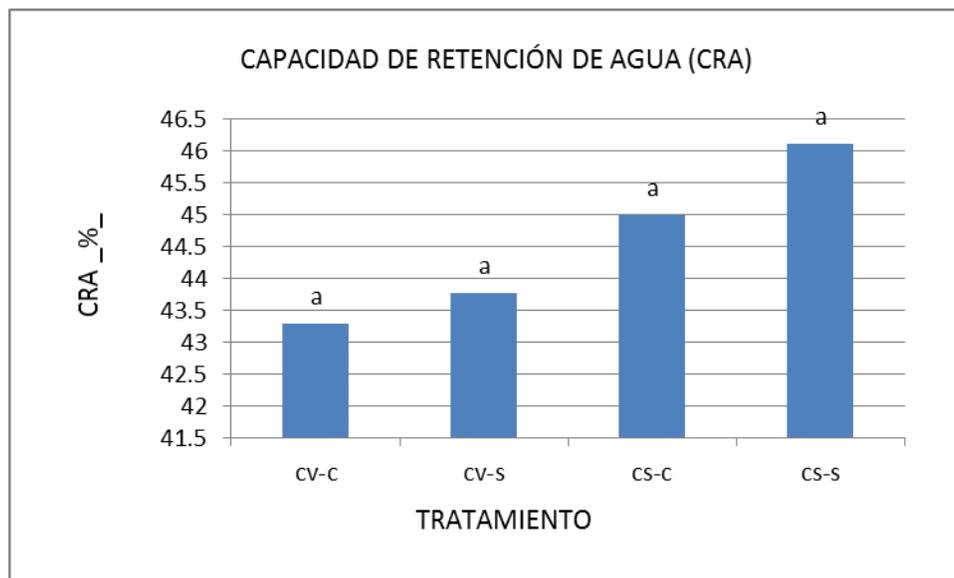


Figura 45.- Resultados del análisis estadístico 90 dde (después de la exposición) para la capacidad de retención de agua (CRA) por cada tratamiento. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). * Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En el parámetro de capacidad de retención de agua (CRA) de los diferentes suelos de los cultivos de frijol, mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, el tratamiento conservación sin rastrojo, fue mayor por un 6.1% comparado con el tratamiento de convencional con rastrojo, ambos son aceptables.

9.3 Medición de pH

9.3.1 Medición pH tiempo cero

A continuación se muestran en la figura 46 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de pH tiempo cero en los suelos de cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 0 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

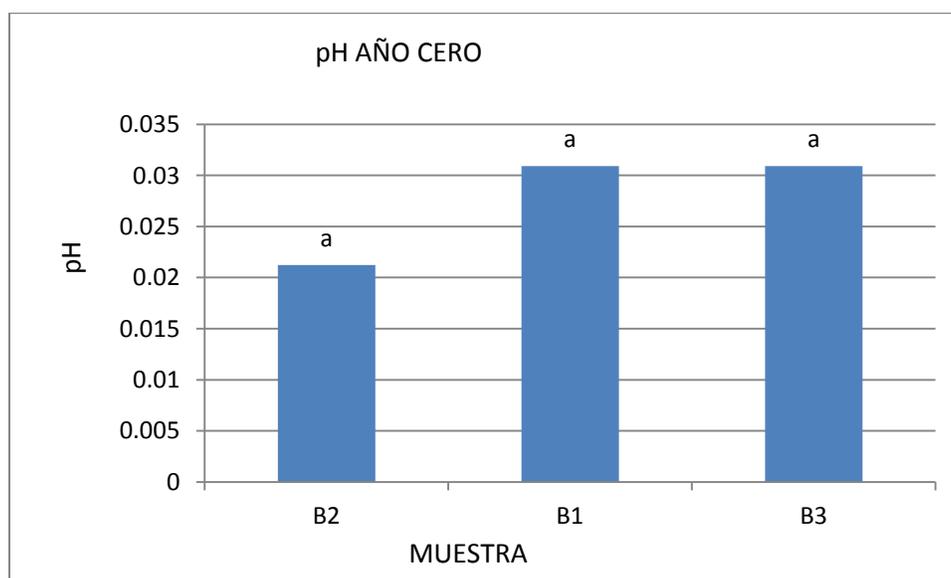


Figura 46.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L), para pH por cada muestra en el tiempo cero. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro pH de los diferentes suelos de los cultivos de frijol, mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, la muestra B3 y B1, fue mayor por un 28.8% comparado con la muestra B2, ambos son aceptables.

9.3.2 Medición pH 90 dde

A continuación se muestran en la figura 47 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de pH en los suelos de cultivos de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos:

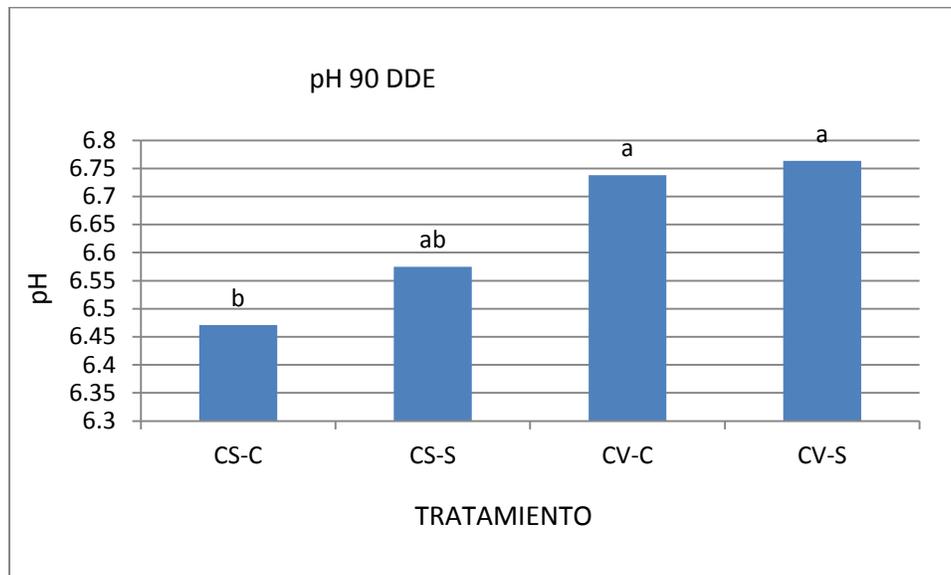


Figura 47.- Resultados del análisis estadístico 90 dde (después de la exposición) para pH por cada tratamiento. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). * Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En el parámetro pH de los diferentes suelos de los cultivos de frijol, mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo, fue mayor por un 4% comparado con el tratamiento de convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

9.4 Producción de TPF

9.4.1 Producción de TPF año cero

A continuación se muestran en la figura 48 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la producción de TPF en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) en diferentes muestras:

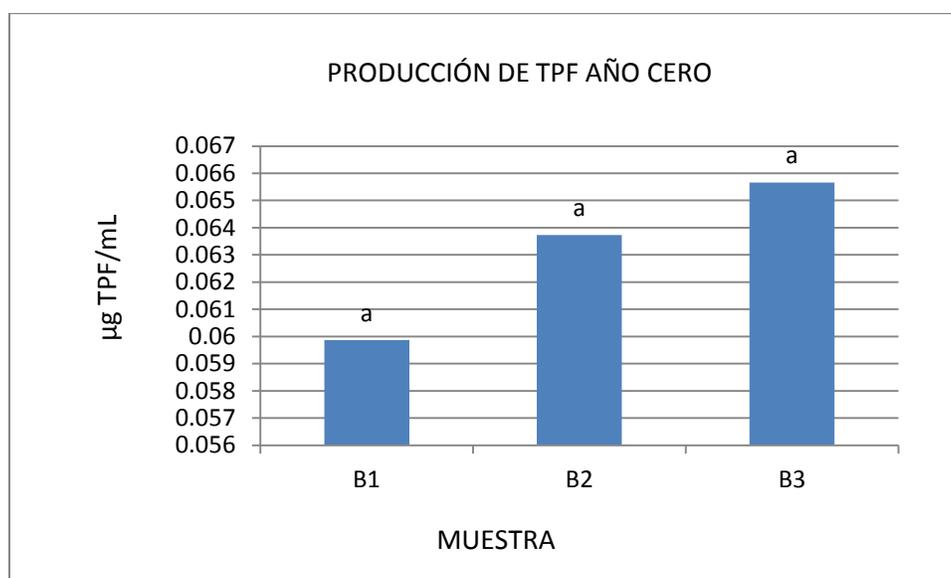


Figura 48 - Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), para la producción de TPF en suelos por cada muestra, en el tiempo cero. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro de producción de TPF de las diferentes muestras de suelo de los cultivos de frijol, mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, la muestra B3 fue mayor por un 5% comparado con la muestra B1, ambos son aceptables.

9.4.2 Producción de TPF 90 dde

A continuación se muestran en la figura 49 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la producción de TPF en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L) a los 90 días después de la emergencia, en diferentes muestras:

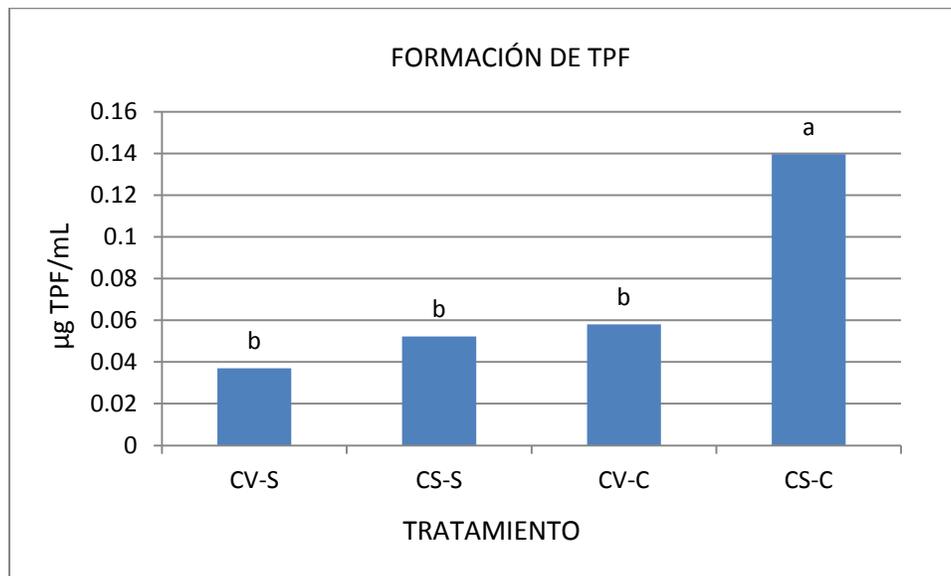


Figura 49.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L), para la producción de TPF en suelos por cada tratamiento. (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro de producción de TPF de las diferentes muestras de suelo de los cultivos de frijol, mostraron que existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, sin embargo, el tratamiento conservación con rastrojo fue mayor por un 78.3% comparado con la agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

IX. DISCUSION DE RESULTADOS

Moron 2003 dice que el efecto de acidificación del suelo es provocado por el crecimiento de las leguminosas. Este efecto es atribuido a la fijación biológica de N que provoca la liberación de H^+ y dependiendo de la especie de leguminosa considerada, entre 37 y 49 mg de H^+ son producidos por cada gramo de N fijado. Debe distinguirse el efecto del crecimiento de las leguminosas antes mencionado con el efecto del agregado de rastrojos en el pH del suelo. El efecto del agregado de diversos materiales orgánicos en condiciones controladas muestra que el pH del suelo puede incrementar, disminuir o no ser afectado. El balance cationes-aniones del material vegetal es señalado como un factor importante que puede afectar el pH del suelo y que presenta importantes diferencias entre especies y partes de las plantas. El balance entre cationes y aniones definido como excesos de bases (Exceso de Bases = $[Ca+Mg+K+Na] - [Cl+S+P+N-NO_3]$) y expresado en miliequivalentes/100 g de material vegetal puede variar hasta siete veces entre distintos materiales vegetales.

En nuestro estudio encontramos que en cultivos con agregados orgánicos en este caso el rastrojo, el valor de pH tendía a ser acida, de lo contrario con los cultivos sin rastrojos que su pH se acercaba a la neutralidad.

Así también García-Ruíz et al 2008 menciona que los cultivos que fueron tratados con rastrojo, tanto en agricultura de conservación como convencional, tuvieron una producción mayor de enzimas deshidrogenasa a comparación con las que no se utilizó rastrojo, esto se debió al alto número de nutrientes que se le proporcionaron a los microorganismos productores de dicha enzima en la materia orgánica, es decir, el rastrojo. La descomposición de la materia orgánica en el suelo, constituye a la proliferación de microorganismos productores de enzima deshidrogenasa, entonces, tal y como lo menciona.

Encontramos que al medir la actividad enzimática había más concentración del producto TPF en cultivos con rastrojo que en cultivos sin rastrojo.

Maturana y Acevedo 2003 describe la disminución de la biomasa microbiana, producida por pérdidas de C orgánico en Labranza Tradicional determina una disminución del suministro de N y su disponibilidad para las plantas lo que afecta en el crecimiento. Además, otros elementos nutritivos que integran el ciclo del carbono, como el azufre, boro y también fósforo orgánico, ven afectada su disponibilidad para las plantas

Observamos en nuestras graficas de concentración de TPF eran mayor en cultivos de conservación, lo cual en cultivos convencionales encontramos poca concentración de TPF a comparación de los de conservación.

Herrera 2000 menciona que la altura, biomasa de las plantas y la producción de grano son más bajas cuando el frijol creció en presencia de rastrojos de *Ixophorus unisetus* o *Rottboellia cochinchinensis*, mientras que con *Cynodon dactylon* y *Digitaria* spp. Se alcanzaron los mayores valores debido a que la población de malezas fue similar en las cuatro especies de rastrojo, se sugiere que los efectos negativos sobre el frijol por *I. unisetus* y *R. cochinchinensis* podrían deberse a efectos alelopáticos; en el primer caso algunas plantas de frijol llegan a morir. Por otro lado, estas dos especies aportaron al sistema menos nitrógeno en comparación a *C. dactylon* y *Digitaria* spp., aunque *Ixophorus unisetus* fue el rastrojo que aportó mayor cantidad de P, Ca, K y Mg; sin embargo, la liberación y disponibilidad de estos nutrimentos ocurre en forma lenta, y no necesariamente estuvieron disponibles al cultivo en su totalidad. Una contribución positiva de los rastrojos al sistema, es que constituyen un reservorio que minimiza las pérdidas de estos elementos por lixiviación o escorrentía. De las especies evaluadas como rastrojo, *R. cochinchinensis* se menciona como dañina en frijol tapado, pero debido a que atrajo babosas y creció muy rápido en comparación al frijol.

Al examinar los cultivos de frijol encontramos que el rastrojo con caña de maíz beneficiaba al cultivo, pero por cuestiones del ataque de un virus llamado el

mosaico dorado, esto no fue posible por lo que no se pudo lograr el rendimiento deseado.

Castillo 2010 dice que el frijol utiliza la caña seca de maíz como soporte la cual se ha doblado inmediatamente debajo de la mazorca. En este sistema se utilizan variedades de frijol de hábito de crecimiento indeterminado, trepador o de guía. Otra alternativa como soporte del frijol son las espalderas y barbacoas utilizadas en hortalizas. Cuando se utiliza una distancia de 1 m entre surcos y 50 cm entre plantas de maíz, se recomiendan tres golpes de siembra y tres semillas por hoyo, alrededor de cada planta de maíz esto da una población de 120.000 plantas/hectáreas, para lo cual se requieren 25-30 kg/ha de semilla. Al igual el frijol es una planta poco competitiva. Se han observado reducciones en la cosecha hasta de 75% cuando no se han manejado las malezas durante todo el ciclo de cultivo. Los primeros treinta días de cultivo, deben mantenerse libre de malezas, ya que este es el período crítico en que las malezas causan un daño irreversible y por lo tanto pérdidas en el rendimiento.

X. CONCLUSIONES

La actividad enzimática (deshidrogenasa) fue mayor en el suelo de conservación con rastrojo, podemos decir que el rastrojo aumento los nutrientes del suelo que beneficiaron a las bacterias productoras de deshidrogenasa.

En cultivos convencionales sin rastrojo la cantidad de nutrientes disponibles es menor debido a la falta de fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, magnesio, hierro entre otros elementos de suma.

Las plagas pueden afectar el rendimiento de los cultivos de frijol aun si, el suelo está bien nutrido y con una alta actividad de la enzima deshidrogenasa.

XI. BIBLIOGRAFÍA.

Acosta Y., Paolini J. 2005. Actividad de la enzima deshidrogenasa en un suelo calciorthids enmendado con residuos orgánicos. Editado por: agronomía tropical. Venezuela. Instituto Venezolano de investigación científica. Pág. 12-17.

Alef, K., Nannipieri, P. 1998. Enzyme activities: Catalase activity. En: Alef, K., Nannipieri, P. (editores). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*, Academic Press. Gran Bretaña.

Barajas A.M. 2008. Ensayos de metabolismo microbiano en suelo: actividad deshidrogenasa y tasa de mineralización de nitrógeno. Instituto Nacional de Ecología, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

CARTER, M.R., 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94, 38-47.

Casida, L.E. 1977. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. *Applied and Environmental Microbiology*. 34, 630-636.

Castillo C., Bernardino J., Maldonado C., Osornio J. A. 2010. Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 21, núm. 1. Universidad de Costa Rica. pp. 39-50

Ceron, R.L., Melgarejo, M.L. 2005. Enzimas del Suelo: Indicadores de Calidad y Salud. *Acta Biológica Colombiana*. Departamento de biología de la Universidad nacional de Colombia. Bogotá. Vol. 10. No. 1. Colombia. 1, 5-18.

DOMINGO SANTOS J.M., 2002. Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 395 pp. .

Doran, J.W. 2002. Soil health and global sustainability, translating science into practice. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 88, 119-127

Enciclopedia de los municipios de México. 2005. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Chiapas.

FAO, 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. World soil reports 96. Rome, 58 p.

García R., R., Ochoa V., Hinojosa, M.B., Carreira, J.A. 2008. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 40, 2137-2145.

Gianfreda, L., Ruggiero, P. 2006. Enzyme activities in soil. En: Nannipieri, P., Smalla., K. (editores). *Nucleic acids and proteins in soil*. Capítulo 12. Springer Publishing Company. Alemania

Gil S. F., Trasar C. C., Leoris M. C. y Seoane S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biol. And Bioch*. 37, 877-887.

González B. 2012. “manejo de residuos en agricultura de conservación”. Enlace. Vol. II, Editado por: CIMMYT. Pág. 33-35.

Grovaerts B., Bolaños M. Agosto 2012. Revista científica enlace: “salud y bienestar para el suelo con rastrojo”. Editado por CIMMYT. pág. 22

Hernández L. O., Marianela C. A., Claro A. A. 2008. Manual de agricultura de conservación. pág. 45-48.

Herrera f. 2000. Efecto de rastrojos de malezas y herbicidas pre-emergentes en el control de malezas en frijol. *Agronomía mesoamericana*. Costa Rica. pág.: 63-71.

Joinville, S., Revault, M., Quiquampoix, H., Baron, M.H. 2004. Structural effects of drying and rehydration for enzymes in soils: Kinetics-FTIR analysis of chymotrypsin adsorbed on Montmorillonite. *Journal of Colloid and Interface Science*. 273, 414-425.

Makoi, J.H., Ndakidemi, P.A. 2008. Selected soil enzymes: examples of their potential roles in the ecosystem. *African Journal of Biotechnology*. 7, 181-191.

Margesin, R. 2005. Determination of enzyme activities in contaminated soil. *Manual for soil analysis monitoring and assessing soil bioremediation*. Vol. 5. Springer Publishing Company. EUA.

Martínez G., Miguel A. Osuna C., Salvador E. Padilla R. S. 2008. Tecnología para la producción de frijol en el norte de México. Libro técnico No. 4. Publicado por SAGARPA-CONACyT. Campo experimental San Luis CIRNE_INIFAB. Primera edición. México DF.

Maturana M.L. y Acevedo E. 2003. CAMBIOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO ASOCIADOS A CERO LABRANZA. Laboratorio de Relación Suelo-Agua- Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Pag 12

MIRAS A., J.M.; SANDE F., P. 1& VIDAL V. E.; 2007. Actividad deshidrogenasa en dos posiciones topográficas de un suelo de cultivo. Facultad de Ciencias. Universidad da Coruña. Campus de A Zapateira. Pág. 152-153.

Moreno M. 2012. Gastos económicos en AC. Revista de modernización sustentable de la agricultura tradicional. Marzo- Abril. Año III. No. 9. PP 17.

Morón A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. Sección Suelos INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Pag: 395-397

NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002.

Núñez M. C., Evelin C. de Bisbal. 2000. Efecto de la compactación del suelo sobre algunos parámetros morfológicos del desarrollo radical del maíz. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Instituto de Investigaciones de Recursos Agroecológicos. Venezuela.

Orellana G., Sandoval S., Linares G., García N., Calderón J. V. 2010. Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México DF.

Pérez E., Garrido P. y Laca (2008). Indicadores microbiológicos como marcadores de la contaminación y recuperación de suelos contaminados con queroseno. Ecosistemas 17(3), 133-138.

Protocolo y resultados de plataformas 2011. Masagro. Agosto 2011. Responsable técnico: Pérez D.F., ubicación del proyecto: Villaflores Chiapas.

REICOSKY, D. C., 2002. Long – Term Effect of Moldboard Plowing on Tillage – Induced CO₂ Loss, in J. M. Kimble, R. Lal and R. F. Follet: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers. Papers from symposium held July 1999 at Ohio State University, Columbus, Ohio, 87-96 p.

REYES, J.I. 2002. Efecto de cuatro temporadas de cero labranza y manejo de rastrojo en las condiciones físicas y químicas de un suelo aluvial de la zona central de Chile (Tesis Ing. Agrónomo) Santiago, Chile, Universidad Mayor. 85 p.

Ríos V. C., Curbalo D., Falto L., González L., Negrón C., Pérez C., Santiago J., Torres L., Velázquez, A. 2008. Deshidrogenasas. Departamento de Biología. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Magaguez. Puerto Rico.

Rodríguez Z., J.S. 2006. Problema bioquímico. Determinación del paso limitante en aldehído deshidrogenasas atípicas de *Escherichia coli*. *Revista de Educación Bioquímica*. 25, 26-27.

Subhani, A., Changyong, H., Zhengmiao, X., Min, L., El-ghamry, A.M. 2001. Impact of soil environment and agronomic practices on microbial/dehydrogenase. Enzyme activity in soil. A review. *Pakistan Journal of Biology Sciences*. 4, 333- 338.

Topp G. C. 1993. Soil water content. In: soil sampling and methods of analysis. Martin R. Carter Editor. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Pp. 541-557.

WEST, T. O., POST, W. M., 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1930-1946.

Willard H. H., Merrit L. L., Dean J. A. 1974. Instrumental methods of analysis. 5th edition Van Nostrand.

XII. ANEXOS

% Humedad del suelo = $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$

Solución de ácido clorhídrico 0.2 M. Disolver 8.14 mL de ácido clorhídrico al 38 % en un matraz aforado que contenga 250 mL de agua destilada y aforar a 500 mL.

Solución amortiguadora de TRIS pH 7.6. Disolver 12.1 g de TRIS en 700 mL de agua destilada, ajustar el pH a 7.6 con HCl (0.2 M) y aforar con agua destilada a 1000 mL.

Solución de 1,3,5-trifenilformazano (TPF). Disolver 50 mg de TPF en 80 mL de metanol (o acetona) y aforar a 100 mL con el mismo disolvente.

Solución de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) al 3% (en peso/volumen). Disolver 3 g de cloruro de 2,3,5-TTC en 75 mL de agua destilada y aforar a 100 mL.

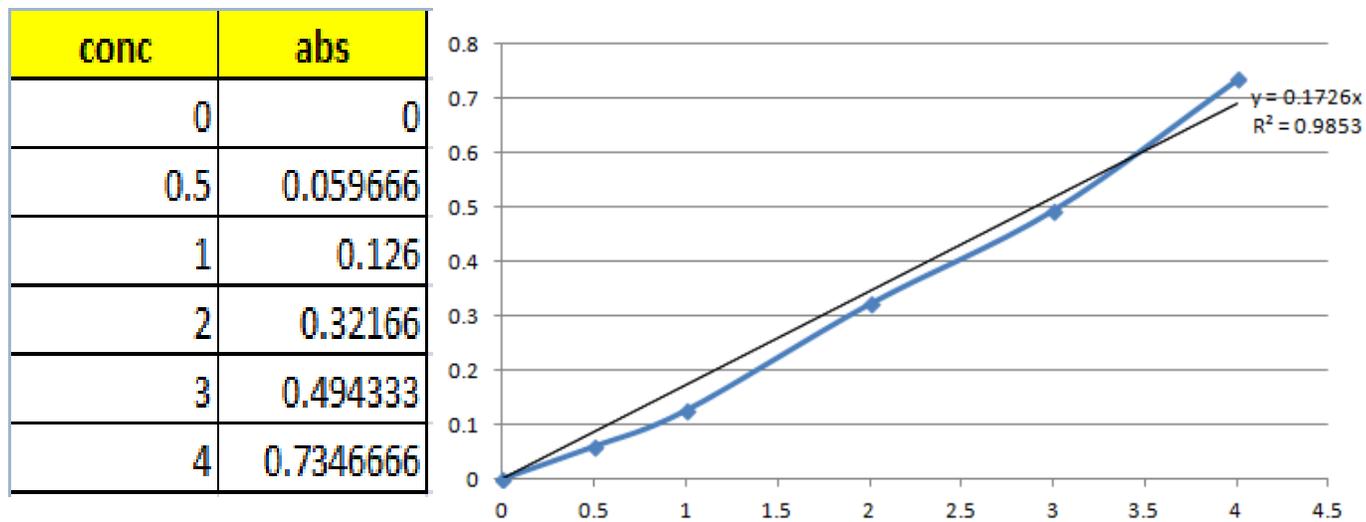


Figura 50. Curva de calibración 1,3,5-trifenilformazano (TPF)



Figura 51. Toma de muestras de suelo