



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



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

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

INFORME

DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“EFECTO DEL RASTROJO SOBRE LA DESHIDROGENASA DE SUELO CON
CULTIVO COMBINADO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)- FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*
L.) EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN”

DESARROLLADO POR
ANA GABRIELA SEGOVIANO SARIÑANA
08270030

ASESOR
DR. JOAQUIN MONTES MOLINA

REVISORES
DR. REINER RINCON ROSALES
DR. FEDERICO ANTONIO GUTIERREZ MICELI

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre del 2012

Índice

1 INTRODUCCIÓN.....	4
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3 JUSTIFICACIÓN.....	7
4 MARCO TEÓRICO.....	8
4.1 CALIDAD DEL SUELO.....	8
4.2 ENZIMAS EN EL SUELO	10
4.2.3 DESHIDROGENASA.....	10
4.3 CICLO DE CARBONO	12
4.3.1 BENEFICIOS DEL ARADO DE LA TIERRA.....	13
4.4 CICLO DEL NITROGENO	13
4.4.1 CONVERSIONES DEL N EN EL SUELO.....	14
4.4.2 LA ABSORCIÓN DE N POR LAS PLANTAS.....	17
4.5 AGRICULTURA DE CONSERVACION.....	20
4.5.1 COMBINACION DE CULTIVOS.....	21
4.5.2 OBJETIVOS PRINCIPALES DE LAS ROTACIONES DE ROTACIONES DE CULTIVOS.....	22
4.5.3 PRINCIPIOS DE LA ROTACION DE CULTIVOS.....	22
4.6 CULTIVO COMBINADO MAIZ-FRIJOL	23
4.6.1 PREPARACION DEL TERRENO.....	23
4.6.2 VARIEDADES.....	24
4.6.2.1 MAIZ.....	24
4.6.2.2 FRIJOL.....	24
4.6.3 EPOCA DE SIEMBRA.....	24
4.6.3.1 FORMA DE SIEMBRA.....	24
4.6.3.2 SIEMBRA DE 1 SURCO DE MÁS Y UNO DE FRIJOL.....	24
4.6.3.3 CANTIDAD DE SEMILLA PARA LA SIEMBRA.....	25
4.6.3.4 FERTILIZACION.....	25
4.6.3.5 COMBATE DE MALAS HIERBAS.....	25
4.7 CONTROL DE PLAGAS.....	25
4.7.1 PLAGAS DE SUELO.....	25
4.7.2 PLAGAS DE FOLLAJE.....	26
4.7.3 PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES.....	26
4.8 COSECHA.....	26
4.8.1 COSECHA DE FRIJOL.....	27
5. ANTECEDENTES DEL MAIZ.....	28
5.1 PRACTICAS AGRICOLAS DEL CULTIVO DE MAIZ.....	30
6. ANTECEDENTES DEL FRIJOL.....	31
7. ANTECEDENTES DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION.....	35
7.1 EN CONTRA DE LA TRADICION.....	38
7.2 VIAS DE PARTICIPACION QUE CONDUCEN AL ÉXITO.....	38
8. LABOR Y LOGROS DE CIMMYT EN LA (AC).....	39
8.1 ESPERANZAS Y MUCHO TRABAJO.....	41

9. METODOLOGIA.....	44
9.1 CASIDA.....	44
9.1.1 FUNDAMENTO DEL METODO.....	44
9.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.....	45
9.1.3 MATERIAL Y EQUIPO.....	45
9.1.4 PREPARACION DE SOLUCIONES.....	45
9.1.5 PROCEDIMIENTO.....	46
9.1.5.1 INCUBACION DE LAS MUESTRAS.....	46
9.1.5.2 EXTRACION Y MEDICION DEL 1, 2,3	
TRIFENILFORMAZANO.....	46
9.1.5.3 PREPARACION DE LA CURVA DE CALIBRACION	
CON EL 1, 2,3 TRIFENILFORMAZANO.....	46
9.1.5.4 CALCULOS.....	47
9.2 CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA (CRA).....	47
9.3 PESO SECO (HUMEDAD).....	48
9.4 PH.....	48
9.5 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO DEL RANCHO LA GLORIA...49	
10. RESULTADOS.....	50
11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
12. CONCLUSIONES.....	82
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	84

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de detener la erosión en los suelos por la quema de rastrojo nos lleva a considerar una agricultura sustentable como es la de conservación, como un inicio para el mejoramiento del suelo y aumentos de producción en la siembra. El suelo es un sistema vivo, dinámico y no renovable, cuya condición y funcionamiento es clave para la producción de alimentos obtenidos del campo y para el mantenimiento de la calidad ambiental a escalas local, regional y global (Doran *et al.*, 1999). No sólo es la base para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que además de él depende toda la vida del planeta. De estas ideas nace el concepto de calidad del suelo, que se basa en las propiedades inherentes y dinámicas haciendo así una comparación de diferentes tratamientos como son agricultura convencional con la agricultura de conservación adicionando una cantidad determinada de rastrojo a su vez experimentando que tan factible es la rotación de los cultivos para saber si realmente hay un crecimiento significativo en las plantas.

Debido a la gran heterogeneidad de estas propiedades, no existe una sola medida biológica o físico-química para determinar el estado de salud o calidad de un suelo, así, en la actualidad se utilizan múltiples indicadores de calidad relacionados con las propiedades químicas o biológicas que responden rápidamente a cambios en el manejo o perturbaciones del sistema. Entre ellas, destacan las actividades enzimáticas, que, actualmente, están siendo ampliamente estudiadas como la fosfatasa, ureasa, catalasa, proteasa y deshidrogenasa, en la enzima que nos enfocaremos es la enzima deshidrogenasa, se seguirá ya que la actividad enzimática del suelo es importante porque refleja el estado en el que se encuentran sus poblaciones microbianas y su relación con la biología y bioquímica del suelo, la producción de biomasa, la degradación de

contaminantes y la conservación de ecosistemas (Doran, 2002; Gianfreda y Ruggiero, 2006). En agricultura, 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 (Schinner *et al.*, 1993), y en biotecnología, como medida de la eficiencia de los tratamientos biológicos para remediar suelos impactados por diferentes contaminantes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del rastrojo sobre el contenido de deshidrogenasa en el suelo de cultivo combinado de maíz (*Zea Mayz L.*) - frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en agricultura de conservación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el desarrollo de cultivos de maíz-frijol en agricultura convencional y de conservación.
- Evaluar la concentración de deshidrogenasa en suelos de agricultura convencional y conservación.

3. JUSTIFICACIÓN

Hay problemas muy grandes al aplicar la agricultura convencional, primero la contaminación del suelo y el segundo la quema de los residuos orgánicos que podrían ser utilizados para una mejor nutrición de un nuevo cultivo para que no haya contaminación del medio ambiente, que pasa, la contaminación del suelo generalmente aparece con la aplicación de pesticidas, filtraciones de rellenos sanitarios o de acumulación directa de productos industriales, la cual produce una baja en el medio ambiente ya que los suelos se hacen infértiles. Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata entonces de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. Por eso se tiene alternativas para tener suelos fértiles y mejores cultivos como lo es la agricultura de conservación aplicando técnicas nuevas y reutilizando los residuos orgánicos (rastreo).

4. MARCO TEÓRICO

4.1 CALIDAD DEL SUELO

La calidad y la salud de los suelos se miden a través de distintos indicadores que evalúan su funcionamiento (Doran *et al.*, 1999). Para medir la calidad, se considera que tan adecuadas son sus propiedades físicas y químicas para permitir el intercambio de gases, la retención de humedad y de nutrientes, la penetración de raíces, entre otros. Por su parte, para medir la salud del suelo se toma en cuenta la eficiencia de procesos como los ciclos de nutrientes y los flujos de energía. En este contexto, uno de los indicadores que se ha utilizado es la magnitud de la actividad de diferentes enzimas involucradas en los procesos antes mencionados.

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteínica producidas por los seres vivos y que se encargan de acelerar reacciones químicas o hacer posibles aquellas reacciones que de otra manera no se producirían. Dicho de otro modo, son catalizadores biológicos que, al reducir la energía de activación necesaria para las reacciones, transforman las sustancias involucradas en el metabolismo celular (incluyendo el anabolismo reacciones de construcción, y el catabolismo o reacciones de metabolismo). La velocidad de la reacción catalizada por una enzima depende del pH, de la fuerza iónica, de la temperatura y de la presencia o ausencia de inhibidores (Burns, 1982). La mayoría de las enzimas actúan dentro de las células, pero algunas son extracelulares.

La actividad enzimática del suelo 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, 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 (Schinneret *al.*, 1993), 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.*, 2000a)

Las propiedades de los suelos varían naturalmente a través del tiempo por factores que determinan su formación como la precipitación, el material parental, los organismos que lo habitan, la actividad antropogénica, etc., en consecuencia no existe una sola medida biológica o química para determinar el estado de salud y calidad de un suelo (Doran, 2002). Para aproximarse al entendimiento de los ciclos de los nutrientes y a los niveles de actividad microbiana responsables de estos procesos, se investigan varias actividades enzimáticas del suelo porque dan cuenta de las reacciones bioquímicas que suceden dentro de este heterogéneo y complejo sistema; además, están estrechamente relacionadas con las propiedades físicas, químicas y biológicas y son sensibles a los cambios generados por manejo, por ende las actividades enzimáticas permiten monitorear el funcionamiento del suelo respondiendo a la necesidad de entender los efectos positivos, negativos e interactivos sobre las propiedades y los procesos que suceden dentro de esta matriz y las relaciones entre estos factores, los usos y prácticas de manejo. Las potenciales aplicaciones y expectativas al seguir la catálisis biológica del suelo son tan amplias e importantes como los usos, preocupaciones y esfuerzos por conservar este preciado recurso. Esta revisión pretende divulgar las aproximaciones metodológicas para el entendimiento de las funciones del ecosistema suelo, a partir de la reflexión de variables como el poco conocimiento, la degradación del recurso y la necesidad de establecer indicadores de salud y calidad. Actualmente no se encuentran publicadas medidas de actividades enzimáticas de nuestros suelos, ni investigaciones dirigidas hacia la aplicación de los conceptos de salud y calidad, que brinden herramientas que contribuyan al establecimiento de directrices para políticas de manejo, sostenibilidad y óptima administración del recurso. (Doran 1999 y 2000)

4.2 Enzimas en el suelo

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

De las enzimas liberadas, solo un pequeño porcentaje se encuentra estabilizado, lo cual permite que estas enzimas pueda soportar procesos que naturalmente ocurren en el suelo, como la desnaturalización abiótica, la adsorción, la inactivación o la degradación por proteasas.

Las enzimas son proteínas cuyo papel fundamental es catalizar las reacciones químicas en los sistemas vivos; actúan sobre sustratos específicos transformándolos en productos necesarios para los ciclos biológicos. Los microorganismos del suelo y la rizosfera liberan enzimas al suelo a través de la secreción y lisis celular. Un bajo porcentaje de estas proteínas quedan inmovilizadas y estabilizadas con diferentes componentes de la fase sólida del suelo, como las arcillas, moléculas orgánicas y complejos organominerales (Joinville *et al.*, 2004).

4.2.1 DESHIDROGENASA

Las enzimas deshidrogenasas pertenecen al grupo de las oxidorreductasas, es decir, a las enzimas que remueven electrones (oxidan) o añaden electrones (reducen) a varios sustratos (Rios-Velazquez *et al.*, 2008; Rodriguez-Zavala, 2006). La principal actividad de las deshidrogenasas es eliminar átomos de hidrogeno 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 oxigeno y el carbono, en las posiciones en las que antes estaba presente un grupo hidroxilo (OH) (Rios- Velázquez *et al.*, 2008).

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 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 mas ATP) (Rios-Velazquez *et al.*, 2008). Estas enzimas intervienen en los procesos de destoxificación y en el metabolismo de la vitamina A (Rios-Velazquez *et al.*, 2008).

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 anaeróbicos o en inundados en comparación a los suelos incubados en condiciones aerobias (Makoi y Ndakidemi, 2008; Subhani*etal.*, 2001). La medición de esta actividad comprende distintos sistemas de enzimas, las cuales intervienen en procesos de deshidrogenación, representados por la siguiente reacción (Paolini, 2003).



Donde

XH₂ = compuesto orgánico (donador de hidrógenos)

A = aceptor de hidrógenos

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).

4.3 CICLO DEL CARBONO

La respiración del suelo se define como la producción de CO₂ debido a dos procesos: la ruptura, u oxidación, de la materia orgánica rica en carbono por medio de los microorganismos del suelo, y la respiración de las células de las raíces de las plantas. La tasa de producción de CO₂ es científicamente importante porque nos da una indicación de la tasa de descomposición de la materia orgánica y por tanto de la cantidad que se pierde de carbono del suelo. Las medidas de la respiración del suelo ayudan a determinar la contribución del suelo al balance del CO₂ en la atmósfera.

El carbono, un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, se obtiene de la atmósfera por medio de la fotosíntesis. Sin embargo, cuando las plantas mueren, sus tejidos ricos en carbono vuelven al suelo y son descompuestos por los organismos vivos. La materia orgánica del suelo es por tanto la suma de los residuos orgánicos (animales y plantas) en diferentes grados de descomposición. La materia orgánica mejora la calidad del suelo, ayuda a prevenir la escorrentía, incrementa su humedad y contribuye a moderar las fluctuaciones diarias de temperatura en las capas superiores del suelo. La materia orgánica del suelo también funciona como un enorme almacén de carbono: se estima que los organismos vivos suponen aproximadamente un cuarto de todo el carbono de los ecosistemas terrestres, mientras que los otros tres cuartos están almacenados en la materia orgánica contenida en los suelos.

El carbono del suelo no se acumula para siempre. Se libera del suelo cuando la materia orgánica es descompuesta por varios tipos de organismos aerobios que usan el carbono para su propio crecimiento. Este proceso libera nutrientes que pueden ser captados por las plantas, pero también produce CO₂. La tasa de actividad microbiana y por consiguiente, de respiración del suelo, es afectada por la temperatura y la humedad del suelo, así como por la cantidad y calidad de su materia orgánica.

Como todos los organismos aeróbicos desprenden CO₂ como resultado de la ruptura de las moléculas orgánicas, y como puede haber millones de estos organismos en un volumen tan pequeño como una cucharada de suelo, la respiración del suelo es una importante fuente de CO₂ atmosférico (Anderson, J.P.E. 1982).

4.3.1 BENEFICIOS DEL ARADO DE LA TIERRA

Cuando se ara la tierra, los residuos orgánicos frescos son intensamente mezclados en la capa superior del suelo. Bajo estas condiciones, la actividad microbiana incrementa, lo que trae como consecuencia que la mayor parte del carbono orgánico del suelo se convierte en CO₂ atmosférico. También hay una pérdida neta de carbono cuando los campos se dejan a barbecho.

Esto es debido en parte al aumento de la temperatura y la humedad del suelo, que aceleran la descomposición, y también al hecho de que no se añade carbono al suelo el año en el que no hay cultivo.

Las prácticas correctas de manejo de la tierra ayudan a conservar la materia orgánica del suelo, revertiendo así la tendencia de los suelos a liberar su carbono a la atmósfera. Una de estas prácticas es la agricultura sin labranza, que consiste en sembrar un cultivo sobre los residuos de la cosecha del año anterior. Diferentes estudios muestran que el establecimiento de una cubierta vegetal permanente también contribuye a mantener el carbono en el suelo. Por consiguiente, además de reducir nuestro consumo de combustibles fósiles, la práctica de un buen manejo de la tierra es otro método de reducción de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, por medio del almacenamiento de dióxido de carbono en el suelo como materia orgánica. (Rochette 2005 et al , Hutchinson, 2005)

4.4 CICLO DEL NITRÓGENO

El ciclo del nitrógeno (N) en el suelo es una parte integrante del ciclo global del N. El N del suelo se deriva originalmente del gas N atmosférico, N₂. Los microorganismos del suelo, sean de vida libre o asociados simbióticamente con plantas, fijan N₂ formando N orgánico a la forma de grupos aminos, -NH₂, en las proteínas. (Rowell 1996) Este N pasa entonces a formar parte de la materia orgánica del suelo. Una característica principal del ciclo interno del N es su transformación continua desde la fase orgánica (N insoluble) a la fase inorgánica o mineral (N soluble) a través de los procesos de mineralización e inmovilización respectivamente, y realizados por la biomasa microbiana. Ambos procesos ocurren simultáneamente en el suelo; si el efecto neto es un incremento o disminución del N mineral disponible para las plantas depende principalmente de la relación C/N en los residuos orgánicos que se degradan o descomponen en el suelo. (Richards 1993) Las transformaciones de otros nutrientes, especialmente el

fósforo (P) y el azufre (S), están estrechamente asociadas a las transformaciones bioquímicas del N. La descomposición de la materia orgánica convierte parte del N orgánico en N -mineral, de allí el término mineralización, denominación que se aplica a los iones amonio, NH_4^+ , nitrito, NO_2^- y nitrato, NO_3^- . El N mineral, principalmente amonio y nitrato, es absorbido por las plantas o asimilado por los microorganismos y convertido a N orgánico. Muchos de los problemas medioambientales relacionados con la agricultura están relacionados, directa o indirectamente, con el nitrógeno. (Stevenson 1999)

4.4.1 CONVERSIONES DEL N EN EL SUELO

El N del suelo se mueve (flujos) continuamente desde una forma a otra como resultado de la actividad de las plantas y microorganismos.

Mineralización es la transformación microbiana donde intervienen bacterias como las del género *Rhizobium* del N orgánico a N inorgánico o mineral

NH_2 -orgánico – NH_4^+

Inmovilización es la conversión de N-mineral a N orgánico. Ocurre cuando los microorganismos no pueden satisfacer sus necesidades de N desde los materiales orgánicos de los cuales se están alimentando. Como resultado estos incorporan N-mineral:

NH_4^+ y NO_3^- - NH_2 -orgánico

Mineralización neta. Porque la mineralización e inmovilización ocurren al mismo tiempo es difícil separarlas. Normalmente el cambio en la cantidad de N-mineral acumulado en el suelo se mide dentro de un período de tiempo dado, y considerando las pérdidas por lixiviación, desnitrificación y volatilización, se calcula un efecto neto.

Puede haber una ganancia (mineralización neta) o pérdida de N-mineral, la última constituyendo una inmovilización neta.

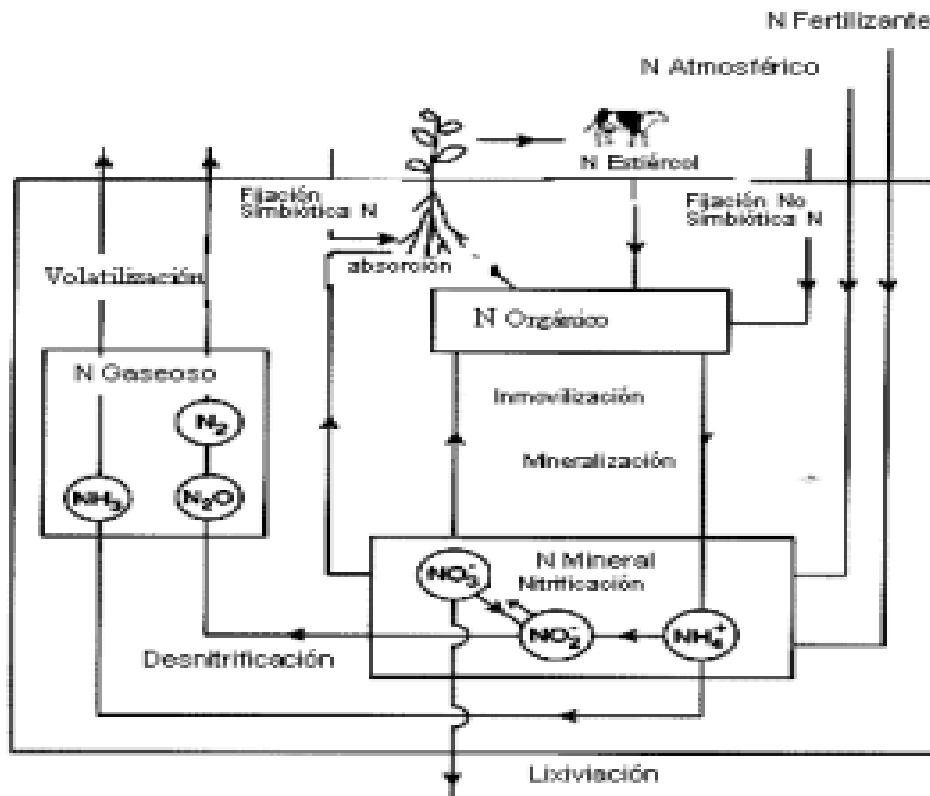


Figura 1. Nitrificación Fuente: Rowell (1996)

Nitrificación es la oxidación de N-amonio a nitrito y nitrato por microorganismos específicos:



Nitrosomonas Nitrobacter

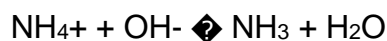
Fijación de N es la conversión de N_2 en la atmósfera del suelo a NH_4^+ por grupos especializados de microorganismos. El NH_4^+ es entonces asimilado a N-orgánico:



En ecosistemas agrícolas la asociación simbiótica de las leguminosas y bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* es muy importante, considerando las cantidades de N₂ fijado. Desnitrificación es la pérdida de gases nitrógeno y óxido nitroso desde el suelo bajo condiciones anaerobias. Nitrato y nitrito son reducidos a estos gases por microorganismos:(Frioni. L, 1990)

NO₃⁻ y NO₂⁻ - N₂O - N₂

Volatilización es la pérdida de gas amoníaco desde el suelo. Bajo condiciones alcalinas los iones amonio son convertidos a moléculas de amoníaco en solución las cuales después pueden ser liberadas a la atmósfera del suelo:



Este proceso es estrictamente químico y no hay intervención de microorganismos

Lixiviación del nitrato es el proceso por el cual el nitrato se pierde desde el suelo por flujo de masa a las aguas de drenaje. El nitrato no es adsorbido por las partículas del suelo a menos que ellas generen cargas positivas (ejemplo, suelos ácidos de origen volcánico, y húmedos del trópico)

Erosión y escurrimiento superficial. Considerables cantidades de N se pueden perder desde el suelo por erosión o escurrimiento superficial. Asumiendo una pérdida de 3×10¹² kg de suelo agrícola y un contenido promedio de N de 0.15%, una cantidad estimada de 4.5×10⁹ kg de N se podrían perder anualmente.

El ciclo del N se completa por la absorción de la planta desde el suelo, por adiciones directas desde la atmósfera (como nitrato, amoníaco, y gases de óxido de N los cuales son convertidos a nitrato en el suelo) y la adición de fertilizantes, residuos de cultivos, estiércoles animales o lodos biológicos.

4.4.2 LA ABSORCIÓN DE N POR LAS PLANTAS

Las plantas absorben compuestos solubles de N, tanto en la forma de nitrato (que constituye la forma dominante de N soluble en el suelo) como a la forma de amonio. El equilibrio varía según las circunstancias y las especies, pero en general, el nitrato constituye la fuente principal de N para los cultivos. Los microorganismos pueden utilizar ambas formas como fuentes de N pero en general prefieren amonio.

En los ecosistemas agrícolas las fuentes de N, además de las adiciones atmosféricas (que controlan la productividad de los ecosistemas naturales), están las aplicaciones de fertilizantes tanto inorgánicos como orgánicos (estiércoles, lodos, composts). El cálculo preciso de los requerimientos de N por los cultivos depende de nuestro conocimiento de las tasas de mineralización del N en el suelo (la velocidad de transformación de la fase orgánica a la inorgánica) y la demanda de los cultivos. (Stevenson 1999)

Cambios en los niveles de NO_3^- durante la descomposición de residuos de cultivo en el suelo: Durante el proceso de descomposición de residuos con un bajo contenido de N. Bajo condiciones favorables a la actividad microbiana, ocurre una degradación rápida de aquellos con la consecuente liberación de cantidades considerables de C como CO_2 . Para satisfacer las necesidades de N de los microorganismos, se consume N mineral; y por lo tanto se produce inmovilización neta de N. Sin embargo, cuando la relación C/N del material que se descompone ha disminuido a un valor aproximado de 20, los niveles de NO_3^- aumentan otra vez debido a mineralización neta.

El tiempo requerido por los microorganismos para bajar la relación C/N de los residuos a un nivel donde las formas minerales de N se acumulan dependerá de factores como el clima, la tasa de aplicación, el contenido de lignina, el grado de contacto del material y los microorganismos, y el nivel de actividad de la microflora del suelo. Es razonable estimar que bajo condiciones favorables a la actividad

microbiana, mineralización neta ocurrirá después de cuatro a ocho semanas de descomposición activa. Por lo tanto, si se incorporan residuos con una relación alta de N, inmediatamente antes de la siembra, se deberá proporcionar fertilizante-N extra para evitar la muerte del cultivo. Una regla general es agregar 1 kg de N por cada 100 kg de residuos adicionados.

El manejo agronómico. Se deben considerar una combinación de factores. Cuando las plantas mueren y se incorporan al suelo conjuntamente con los residuos de los cultivos, la aireación del suelo se mejora, condición favorable a la actividad microbiana. Normalmente la tasa de mineralización aumenta.

Otros factores que influyen la actividad microbiana y por lo tanto la tasa de mineralización son el contenido de agua, la temperatura, el pH y la aireación del suelo

El contenido de agua. El suelo debe estar húmedo para que los microorganismos estén activos. El re-humedecimiento de un suelo seco produce un incremento dramático ('flush') de la actividad microbiana.

La temperatura. Los distintos grupos de microorganismos del suelo tienen un rango de temperaturas regulando las transformaciones que realizan (temperatura mínima, óptima y máxima). La tasa e metabolismo de los microorganismos aumenta en un factor 3 por cada 10°C de aumento en temperatura, hasta alcanzar un óptimo.

pH. Condiciones ácidas reducen la tasa de descomposición de la materia orgánica y la liberación de N-mineral, resultando en la acumulación de residuos de plantas parcialmente descompuestos en la superficie de suelos ácidos. El encalado aumenta la tasa e mineralización y mejora el suplemento de N-mineral a las plantas.

Aireación. Condición estrechamente relacionada al contenido de agua o niveles de compactación del suelo. Condiciones anaerobias disminuyen la actividad microbiana, causando la acumulación de materia orgánica (turberas) en áreas que se inundan y un suplemento reducido de N-mineral.

Por lo tanto, las máximas tasas de mineralización ocurren en suelos con altos contenidos de materia orgánica, húmedos y con altas temperaturas. Las estaciones del año, otoño y primavera, además de la incorporación de grandes cantidades de residuos frescos como práctica agronómica, son algunas de las condiciones anteriormente descritas, que favorecen la actividad microbiana, y consecuentemente la liberación de nutrientes. (Bockman 1993)

La proporción de N aplicado absorbida por el cultivo se ve afectada por muchos factores, entre los que se incluyen las especies de cultivo, el clima y las prácticas de manejo agronómicas. La tasa de absorción varía también según la fase de desarrollo de la planta..

La capacidad de una planta para agotar el nitrato del suelo depende de muchos factores:

- De la duración de la temporada de crecimiento
- De la profundidad de la formación de raíces y la densidad de éstas. De la disponibilidad de otros nutrientes. Las deficiencias de P y S, por ejemplo limitarán la absorción de N.
- De la incidencia de enfermedades. Las enfermedades de los cultivos producidas por hongos pueden reducir la absorción de N.
- De la humedad del suelo. Las condiciones excesivamente secas o húmedas limitarán la absorción de N.

4.5 AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La práctica de una agricultura de conservación. La contaminación del suelo generalmente aparece al producirse una ruptura de tanques de almacenamiento subterráneo, aplicación de pesticidas, filtraciones de rellenos sanitarios o de acumulación directa de productos industriales, la cual produce una baja en el medio ambiente ya que los suelos se hacen infértiles. Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Los productos químicos más comunes incluyen derivados del petróleo, solventes, pesticidas y otros metales pesados. Este fenómeno está estrechamente relacionado con el grado de industrialización e intensidad del uso de productos químicos.

En lo concerniente a la contaminación de suelos su riesgo es primariamente de salud, de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable. La delimitación de las zonas contaminadas y la resultante limpieza de esta son tareas que consumen mucho tiempo y dinero, requiriendo extensas habilidades de geología, hidrografía, química y modelos a computadora

Adoptando estas técnicas agronómicas:

- Reduciremos la erosión del suelo, con ello la pérdida de suelo.
- Evitaremos la contaminación de aguas subterráneas y superficiales
- Manteniendo la producción durante años.
- Lograremos mantener la propiedad del suelo como sumidero de carbono para reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera como resistencia al cambio climático.

- Reduiremos las emisiones de CO2 a la atmósfera como consecuencia directa de la disminución de labores y el uso de maquinaria.
- Reduiremos la contaminación del suelo.
- Aumentaremos la capacidad de retención eficiente de agua en los suelos y evitaremos escorrentías superficiales.
- Aumentaremos los márgenes económicos por hectárea.

La Agricultura de Conservación es un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las condiciones locales de cada región y a las exigencias del cultivo, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo evitan su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen al buen uso de los recursos naturales agua y aire, sin menoscabar los niveles de producción de las explotaciones.

4.5.1 COMBINACIÓN DE CULTIVOS

Una rotación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen año con año para que mantengan la fertilidad del suelo y reduzcan los niveles de erosión. Toda rotación de cultivos debe considerar los recursos y las necesidades de los productores.

En una rotación de cultivos, estos se desarrollan en una sucesión recurrente y sistemática en un mismo terreno. Los cultivos que se alternan año con año pueden ser cultivos en surcos después de cultivos de granos pequeños, cultivos de grano pequeño después de leguminosas, gramíneas después de una leguminosas y una variación de alternancia de cultivos que depende de las condiciones agroecológicas de la región. Para establecer una rotación de cultivos, es conveniente definir las posibilidades de mercado de las cosechas, que los suelos sean los adecuados, que se adapten al clima, que se cuente con la tecnología de producción (semilla, maquinaria para siembra y cosecha, entre otros). Para definir

si se puede alcanzar su uso sostenido, es importante ver que la rotación de cultivos permita un buen control de malezas, plagas y enfermedades, que las raíces tengan tal desarrollo como para explorar diferentes profundidades del suelo y que se mantenga la fertilidad y las características físicas y químicas de los suelos.

4.5.2 OBJETIVOS PRINCIPALES DE LAS ROTACIONES DE CULTIVO

- Incrementar los rendimientos de los cultivos en relación con los monocultivos.
- Mantener y mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo.
- Mejorar la fertilidad del suelo y mantener un balance de los nutrientes disponible para las plantas.
- Reducir la erosión hídrica y eólica.
- Mejorar la adaptación de la labranza de conservación en comparación con los monocultivos.
- Mejorar el drenaje, la aireación del suelo, y el tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo.
- Reducir la incidencia de malezas, insectos y enfermedades en los cultivos.

4.5.3 PRINCIPIOS A CONSIDERAR EN UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Antes de tomar la decisión sobre las rotaciones de cultivo a proponer o a utilizar es importante considerar los siguientes aspectos:

Los cultivos deben estar adaptados a la región, y en su selección se recomienda considerar al menos los siguientes aspectos: cantidad de agua disponible, la profundidad de enraizamiento, las necesidades de temperatura, agua y luz para un buen desarrollo y producción de grano, forraje o residuos según sea el caso, el calendario de actividades, los plaguicidas a utilizar, la comercialización y la rentabilidad. Estos aspectos deben evaluarse de manera individual y en conjunto con la rotación completa.

Las consecuencias de una pobre adaptación de la rotación podría expresarse en una baja competitividad (con las malezas) por agua, nutrimentos y una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades. La rotación de cultivos es una herramienta fundamental en el manejo integrado de recursos naturales. En zonas con baja precipitación, el agua es el principal factor limitante de los cultivos, por lo que las prácticas de optimización del agua de riego son de importancia primordial; por otro lado, en zonas con mayores precipitaciones se vuelve importante el control de plagas y enfermedades.

Las plagas más controladas con la rotación de cultivos incluyen: patógenos del suelo, malezas o insectos con poca habilidad para invadir terrenos adyacentes, plagas con hospederos específicos que no sobreviven mucho tiempo sin hospedero.

Las rotaciones proveen la oportunidad de interrumpir ciclos de malezas, insectos o enfermedades con diferentes medidas de control (oportunidad en el uso de plaguicidas, competencia de cultivos, variedades resistentes).

4.6 CULTIVO COMBINADO MAÍZ- FRIJOL

4.6.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno conviene hacerla en los meses de *diciembre* y *enero*, después de levantar la cosecha del cultivo anterior. Para esto se debe realizar un barbecho a 20 o 30 cm. de profundidad con el propósito de incorporar el rastrojo de la cosecha anterior, así como eliminar parcialmente las plagas del suelo. Asimismo, al inicio de las lluvias o durante la primera quincena de junio se pueden dar dos pasos de yunta o uno de rastra, con lo cual el suelo queda listo para la siembra.

4.6.2 VARIEDADES

4.6.2.1 MAÍZ

Conviene utilizar variedades criollas por ser adecuadas para sembrarse en asociación o bien intercaladas. Se caracterizan por tener un ciclo de 120 días de la siembra a la cosecha, tiene 2.2 m de altura y hojas delgadas, lo cual favorece la penetración de luz al frijol; además muestran cierta tolerancia a la sequía.

4.6.2.2 FRÍJOL

Para el frijol también se deben usar las variedades criollas, las cuales florecen a los 45 días y maduran a los 90 días después de la siembra. Su hábito de crecimiento es de semiguia; el grano por ser pequeño y negro tiene preferencia para consumo regional. Debido a su precocidad escapa al daño de enfermedades como el que causa la roya o chauixtle y, además, es ligeramente tolerante a la sequía.

4.6.3 ÉPOCA DE SIEMBRA

La siembra de frijol-maíz-frijol está condicionada al establecimiento del temporal; debido a lo anterior, se tienen definidas dos fechas de siembra: *del 15 al 30 de mayo y del 20 de junio al 15 de julio*; de esta manera la cosecha puede realizarse sin problemas de daños por las lluvias ya que en el primer caso coincidirá con la canícula seca de agosto y la otra cosecha será en octubre cuando prácticamente ya no llueve.

4.6.3.1 FORMA DE SIEMBRA

Se sugieren dos formas de siembra para maíz y frijol intercalados:

4.6.3.2 SIEMBRA DE UN SURCO DE MAÍZ Y UNO DE FRÍJOL.

Este método consiste en surcar a 60 cm de distancia y sembrar a “tapapie” un surco de maíz solo y uno de frijol solo. El maíz se siembra “mateado” a una distancia entre matas de 55 cm, depositando 2 granos por golpe a 5 u 8 cm de profundidad; la siembra del frijol es a chorrillo “graneado” colocando las semillas a 12 cm de distancia entre ellas y a 5 cm de profundidad (Figura 2).

4.6.3.3 CANTIDAD DE SEMILLA PARA LA SIEMBRA

Para siembras de maíz y frijol en el mismo surco se deben usar 15 kg de semilla de maíz y 14 kg de frijol por Ha. Cuando se siembra un surco de maíz y uno de frijol se necesitan 12 kg de semilla de maíz y 11 kg de frijol.

4.6.3.4 FERTILIZACIÓN

En los dos sistemas de cultivo rotatorio se debe fertilizar con 60 kg de N y 30 kg de P por Ha, distribuidos en 2 aplicaciones: al momento de sembrar conviene aplicar todo el P y una 3ra parte del N (20 Kg); para esto se puede usar 1 saco de urea mezclada con 1½ de Superfosfato de Calcio Triple por Ha. Otra posibilidad es de usar 2 sacos de Sulfato De Amonio (SO_2NH_4) y 3 de Superfosfato De Calcio simple. La segunda aplicación se hace en la escarda aplicando las 2/3 partes de N faltante, lo cual se puede hacer utilizando 2 sacos de Urea o 4 sacos de Sulfato de Amonio (SO_2NH_4) por Ha.

4.6.3.5 COMBATE DE MALAS HIERBAS

Es necesario mantener el cultivo libre de malas hierbas durante los primeros 40 días después de nacidas las plantas lo cual se puede hacer mediante 2 escardas: la 1ra a los 22 días después de la naciencia y la 2da 15 días después de la 1ra. Cada escarda debe complementarse con 1 o 2 limpieas manuales.

4.7 CONTROL DE PLAGAS

4.7.1 PLAGAS DEL SUELO

Conviene controlar las plagas del suelo para evitar crecimientos ralos en el maíz y frijol o pérdida de plantas por pudriciones de la raíz. Esto es importante en aquellos terrenos donde se aplicó estiércol o que en años anteriores se haya presentado este problema. Entre las plagas de mayor importancia tenemos al gusano de alambre o “canutillo” y a la gallina ciega o “bechano”, las cuales se pueden combatir con 20 kg / Ha de Furadan (Carbofuran) 5% granulado aplicado en la siembra.

4.7.2 PLAGAS DEL FOLLAJE

En el maíz, el gusano cogollero, el picudo, la pulga saltona, los trips y pulgones causan daños de importancia económica; en el frijol las plagas de mayor importancia son la chicharrita, la doradilla, la mosquita blanca y la conchuela o “carnerito”. Tanto en maíz como en frijol este tipo de plagas se pueden controlar con una o dos aplicaciones de la mezcla de 1 kg de Kevin 80% P.H. mas 0.5 l de Folimat 1000 (Ometoato) / Ha disueltos en 200 l de agua; la primera aplicación se debe efectuar a los 15 o 20 días después de la nacencia y la segunda 15 días después de esta.

4.7.3 PREVENCION DE ENFERMEDADES

Entre las enfermedades que pueden causar daño al frijol se mencionan la roya y la pudrición de la raíz principalmente. Para prevenir la roya se debe utilizar semilla sana, remover y destruir los residuos de plantas de frijol infectadas durante la cosecha anterior, realizar rotación de cultivos y usar variedades resistentes. Para la pudrición de la raíz es necesario que se evite dañar las raíces al cultivar; controlar las plagas del suelo ya que las heridas causadas a la planta propician la

enfermedad, si se tienen posibilidades, conviene tratar la semilla con Arazán utilizando 2 grs. de fungicida por Kg de semilla.

4.8 COSECHA

4.8.1 COSECHA DE FRÍJOL

Por lo general es manual; se inicia cuando el 80% de las vainas están secas no coseche después de esta etapa para evitar pérdidas por desgrane. Después de arrancar las plantas de frijol se llevan a una “era” para que se sequen y proceder a “varearlo” para separar el grano o bien trillararlo con tractor o animales, posteriormente se limpia el grano con ayuda del viento, quedando de esta manera limpio para su venta o almacenamiento. Cuando se almacena el grano para el consumo familiar se deben utilizar tambos de cerradura hermética para conservarlo libre de daños por gorgojos.

4.8.2 COSECHA DE MAÍZ

Una vez cosechado el frijol y cuando las plantas de maíz presentan la mayor parte de las hojas amarillentas y el grano está “masoso blando”, se “zacatea” arrancando primeramente las hojas inferiores de la planta y después se corta la parte superior a la mazorca, con el fin de obtener forraje de mejor calidad; después de cortado, el rastrojo se ata en pequeños manojos y se dejan secar en el campo de 15 a 20 días.

La mazorca se cosecha manualmente cuando el grano está “masoso duro” y contiene alrededor de 30% de humedad. Para esto la mazorca se arranca con todo y totomoxtle y se lleva a un patio para su secado; enseguida se almacena en la troje colocándolas en capas de 20 cm aplicando 1 kg de Malation 4% (ParationMetilico) por ton. de mazorca para evitar daño de gorgojos.

Otra forma es pizcar la mazorca que ya esta en el patio, desgranarla y almacenar el grano que vaya a usarse para consumo familiar en tambos metálicos de cerradura hermética.

El cultivo del frijol en nuestro país tiene profundas raíces milenarias. Actualmente, el papel de esta leguminosa sigue siendo fundamental en lo económico, porque representa para la economía campesina una fuente importante de ocupación e ingreso, así como una garantía de seguridad alimentaria, vía autoconsumo; mientras que en la dietare presenta, la principal y única fuente de proteínas para amplias capas de la población mexicana.

Pese a los grandes esfuerzos de investigación que se han realizado, el frijol sigue siendo un cultivo vulnerable a las sequías, las heladas tempranas, al ataque de plagas y enfermedades, o bien, al exceso de lluvia fuera de tiempo. Estos factores, cobran una real importancia cuando consideramos que en los últimos años el 70% de la producción se obtiene de superficies de temporal.

Por otra parte, esta leguminosa representa un claro ejemplo de la diversidad y heterogeneidad que podemos encontraren nuestro país, tanto en lo que se refiere a consumo, como a las características de las unidades productivas. En consumo podemos ubicar patrones bastante diferenciados por regiones y por las variedades que se producen en ellas. Así encontramos que en las regiones del Golfo de México y del Sureste, se consumen las variedades negras, en la región del Centro-Occidente se prefieren las variedades claras, mientras que en el Norte el consumo por las variedades azufradas se ha incrementado. Las unidades de producción de frijol en nuestro país, representan también un conjunto de mosaicos con diferencias bastante marcadas, en el uso de sistemas de riego, utilización de fertilizantes, uso de maquinaria agrícola, tamaño de las unidades productivas, rendimientos, etc.

5. ANTECEDENTES DEL MAÍZ

El origen exacto del maíz actual (*Zea mays*) es algo que, incluso en nuestros días, no ha llegado a esclarecerse plenamente. Existen dos corrientes distintas con respecto a su origen. La primera y más extendida sitúa su origen en una evolución del teosinte, cultivo anual que posiblemente sea el más cercano al maíz. La segunda tendencia cree que se desarrolló a partir de un maíz silvestre hoy desaparecido. Gracias a la datación por medio de Carbono 14 realizada sobre espigas de maíz encontradas en yacimientos arqueológicos del Valle de Tehuacán se ha sabido que el maíz era consumido en México hace 7000 años. Las mazorcas de aquella época se diferenciaban considerablemente de las que conocemos hoy en día. Medían entre 3 y 4 cm. de longitud y tenían escasa cantidad de granos cada una. Unos 1000 años después este maíz primitivo ya estaba domesticado. La evolución natural y las capacidades agrícolas de los indígenas precolombinos transformaron progresivamente esas pequeñas mazorcas salvajes en algo más parecido a lo que conocemos actualmente. El maíz era un alimento básico de las culturas indígenas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América. En las civilizaciones maya y azteca jugó un papel fundamental en las creencias religiosas, en sus festividades y en su nutrición. En tiempos precolombinos se cultivaba desde Chile hasta Canadá. En el año 1604 se inició su cultivo en España. Debido a su productividad y a su fácil adaptación al medio, el cultivo del maíz se extendió rápidamente en la dieta popular. Durante el siglo XVIII el cultivo se difundió de forma gradual por el resto de Europa, primero por los lugares de clima más cálido del Mediterráneo y posteriormente por la Europa septentrional. Es el único cereal proveniente del Nuevo Mundo. Actualmente se cultiva en la mayoría de los países del mundo siendo la tercera cosecha más importante después del trigo y el arroz. Hoy en día el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición tanto de seres humanos como animales. Es además una materia prima indispensable en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y de uso industrial. Los granos, las hojas, las flores, los tallos,.... todo es aprovechado para la fabricación de multitud de

productos: almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos e incluso, desde hace poco, se emplea como combustible alternativo a la gasolina, más económico y menos contaminante.

Una de las principales características de las culturas mesoamericanas continúa siendo, hasta nuestros días, el empleo variado y predominante del maíz como nutrimento básico; principalmente, en las comunidades indígenas que organizan su vida comunitaria en torno a la agricultura.

5.1 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DEL CULTIVO DEL MAÍZ

En la actualidad en cualquier mes del año se siembra maíz en algunas partes del país. La preparación del terreno puede ser de a) la roza-tumbaquema, especialmente en la península de Yucatán, en las zonas tropicales del Golfo y en las zonas montañosas del sureste; b) movimiento del suelo a mano o con azadón; c) la roturación con tracción mecánica o animal y d) el “arrope de humedad”.

Hay aplicación generalizada de fertilizantes químicos y en algunos casos se sigue aplicando estiércol. Más del 70 % de las siembras se hacen con semilla del mismo agricultor y el resto con semilla de variedades mejoradas por diferentes procesos genéticos.

La forma de siembra y la cantidad de semilla utilizada por hectárea, es la resultante de una conjugación de variedad, periodo de crecimiento, humedad disponible y fertilidad del suelo.

En México se siembran poblaciones desde 25000 a 80 000 plantas por hectárea: En Puebla en tierras con arrope de humedad se siembra cuando aún hay peligro de heladas; el maíz “cajete” en Oaxaca se deposita en hoyos hasta 40 cm de profundidad de la superficie; la siembra de “pul-já” en la ciénaga de Comitán, Chiapas, se hace con semilla remojada 24 horas, en suelos con arrope de humedad y con la adición de un poco de agua en cada piquete (Hernández X., 1985).

La semilla se puede escoger por uniformidad de color, tamaño y forma; bajo condiciones de precipitación limitante, a veces mezclando varios tipos de semillas. Entre los huicholes, en medio de la milpa se siembra la “mamá maíz” y sus cuatro hijas, una en cada punto cardinal, cada una de diferente color de grano de la raza nativa Bofo; de Sonora a Yucatán se ha encontrado la costumbre de sembrar unos granos de maíz rojo, “maíz eclipse” para proteger la milpa de siniestros (Hernández X., 1985).

6. Antecedentes del frijol

Los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente Americano. Al respecto se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú. No obstante, existe un relativo acuerdo respecto a su origen: México, que es también el lugar donde se diseminaron las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llega a cultivarse (Voyses, 2000; Paredes *et al.*, 2006). En particular Paredes destacan que es posible identificar a este país como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados: *P. vulgaris*, «frijol común»; *P. acutifolius*, «frijol tépari»; *P. lunatus*, «frijol lima»; *P. coccineus*, «frijol escarlata»; y *P. polyanthus*, «frijol anual».

En México existen evidencias arqueológicas de distintas especies de frijol, que van desde los mil 200 hasta los 9 mil años de antigüedad (Tabla 1). (Engleman 1991), por su parte, señala que en toda Mesoamérica se dieron cultivos de frijol, maíz, calabaza y chile que constituyeron la fuente alimenticia principal de las culturas que habitaban esta región, cuyos antecedentes se remontan a más de 8 mil años.

Lugar	<i>P. vulgaris</i>	<i>P. lunatus</i>	<i>P. coccineus</i>	<i>P. acutifolius</i>
Río Zape, Sonora	1,300	1,300	1,300	
Ocampo, Tamaulipas	4,300	1,100		
Ocampo, Tamaulipas	6,000	1,800	7,500 –9,000	
Tehuacán, Puebla	6,000	1,400	2,200	5,000
Dzibilchaltan, Yucatán		1,200		

Tabla 1. Sitios arqueológicos en México, especies de *Phaseolus* y años de antigüedad, Fuente: Hernández, *et al.*, (1991).

Otras fuentes, aunque no mencionan la especie, estiman que la leguminosa es domesticada y cultivada antes de la época precolombina (ASERCA, 1999; FIRA, 2001; García, 2005). Incluso se señala que en aquel tiempo, a través de la selección natural, se generaban diferentes tipos de semillas (Debouck e Hidalgo, 1985). A su vez, Debouck e Hidalgo resaltan que es tal la importancia adquirida del frijol en esa época, que la civilización azteca llega a incluirlo en la lista de artículos que debían cobrarse como tributo; permiso que se exigía a otras tribus por el aprovechamiento de los recursos naturales o sitios en los que se establecían y habitaban las poblaciones de menor poderío.

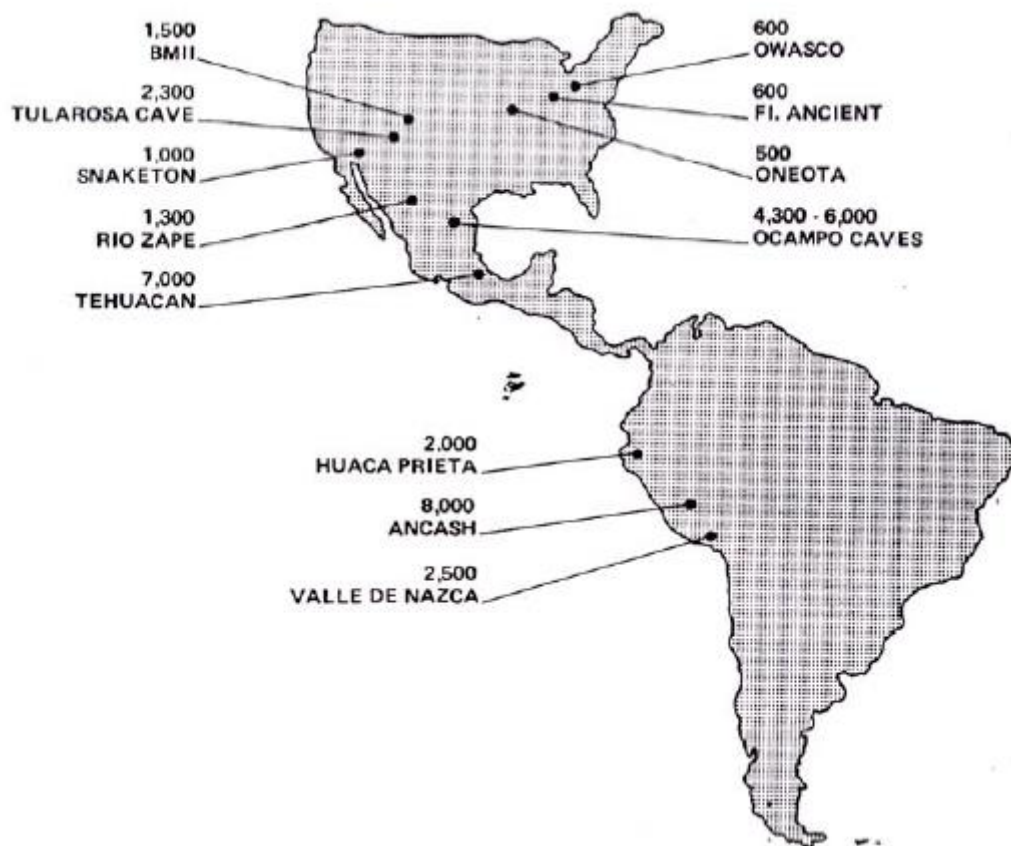


Figura 2. Ubicación geográfica de los principales hallazgos del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y años de antigüedad.

Fuente: Adaptado de Debouck e Hidalgo (1985)

Se argumenta que al principio del siglo XVI, durante la Conquista española, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Años después el producto es distribuido por comerciantes portugueses en la región de África Oriental, a partir de donde los árabes, que mercadeaban con esclavos, se encargaron de diseminarlo a todo el territorio africano (Voysesst, 2000). Hay quien estima que la rápida difusión del frijol en Europa tiene como elementos principales su gran capacidad de adaptarse a diversos climas (húmedos y fríos) y la aceptación, como fuente alimenticia, que tiene incluso entre la nobleza (Flores, 2004). Asimismo Flores subraya que es gracias al ayocote, frijol mexicano, que los franceses pueden sortear la hambruna ocasionada por la escasez de trigo que tuvieron hacia 1575, la cual, en otra época de incertidumbre alimenticia había

superada gracias a la papa y el maíz. Bernardino de Sahagún, en su obra *Historia general de las cosas de la Nueva España*, da cuenta de las diversas formas en las que se consume y almacena el frijol, al igual que otros productos cultivados por los indígenas de la Nueva España, hecho supuestamente anterior a la Conquista española (1519–1521), por tanto esta leguminosa ya formaba parte vital de la cultura alimenticia de los nativos. El mismo autor narra la forma en que son aprovechados el frijol y el maíz, lo que sugiere un amplio conocimiento de los beneficios que proporcionan, aun cuando no alcanzaban su grado de madurez (ejote o elote). Si bien no se explican de manera amplia las propiedades nutritivas de los productos, sí se confirma la gran experiencia adquirida en la producción y consumo, eso sin mencionar la asociación con su cultura e identidad: «Usaban también comer unas semillas, que tenían por fruta: una se llama *xílotl*, que quiere decir mazorcas tiernas comestibles y cocidas, otra se llama *élotl*, también mazorcas ya hechas, tiernas y cocidas. *Éxotl* quiere decir frijoles cocidos en sus vainas (Sahagún, 1999).

Otro aspecto que se resalta del frijol y del maíz en la cultura indígena precolombina es la conservación y administración que de ellos se hacía, también destaca la capacidad que tenían los nativos para prever y sortear posibles periodos de escasez de alimentos. Es por ello que las alhóndigas o trojes se convierten en verdaderas fortalezas de provisiones: «Otra sala del palacio se llamaba *petlacalco*. En este lugar posaba un mayordomo del señor, que tenía cargo y cuenta de todas las trojes de los mantenimientos de maíz que se guardaban para proveimiento de la ciudad y la república, que cabían a cada dos mil fanegas¹⁵ de maíz, en las cuales había maíz de veinte años sin dañarse; también había otras trojes en que se guardaba mucha cantidad de frijoles» (Sahagún, 1999).

El frijol y el maíz formaban parte elemental de los productos ofertados en los mercados locales, ya que se intercambiaban o mercantilizaban con base en las características físicas del producto (color o tamaño). La diferenciación entre los

tipos de frijol, deriva quizá de las preferencias o patrones de consumo que prevalecen en la época:

Otras legumbres» (Díaz, 2005). Lo anterior demuestra, además de una sobresaliente organización en el comercio de bienes, la relevancia del frijol dentro de la diversidad de productos agrícolas que conformaban la base alimenticia de dichas civilizaciones.

De igual modo el frijol y el maíz se convierten en fuente de subsistencia durante la expedición de Hernán Cortés en la conquista de la gran Tenochtitlán. Son dos de los alimentos básicos que los indígenas preservaban como parte primordial de supervivencia, incluso el imperio azteca los exigía como tributo a las tribus sobre las que ejercía dominio:

Si bien las descripciones anteriores hacen referencia a relatos, o en todo caso, a observaciones directas, se convierten en elementos de gran valor empírico que no sólo confirman la existencia y domesticación ancestral de la leguminosa con fines alimenticios, sino que además muestran la disposición de una agricultura desarrollada capaz de producir alimentos para sus pueblos. A los mexicas se les adjudica la invención de sistemas altamente productivos mediante el uso de «sementeras andantes» o chinampas, donde realizaban sus sembradíos aun en superficie lacustre, mediante el uso de material vegetal (pértigas entrelazadas) y cieno (material terroso) que obtenían del fondo del lago que circundaba la gran Tenochtitlán.

7. ANTECEDENTES DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Hasta la mitad del siglo pasado, los agricultores no tenían herramientas aparte del laboreo del suelo para eliminar hierbas adventicias, des compactar el terreno y preparar un adecuado lecho de siembra. La labranza se entendía como algo fundamental y necesario para lograr buenas cosechas en las zonas que tenían acceso a la tecnología del arado, pero.... ¿y si se pudiera conseguir lo mismo sin

necesidad de labrar? Esa pregunta se la hicieron los pioneros de la siembra directa en el s. XX, y la respondieron.

El estudio de las culturas antiguas ha derivado en el conocimiento que su manera de cultivar especies, basada en la siembra en suelo virgen valiéndose de palos u otros elementos puntiagudos para hacer pequeños orificios donde colocar las semillas (Derpsch, 2008). En tiempos modernos, el punto de inflexión en la concepción de la agricultura se debió a condiciones meteorológicas extremas. En concreto, en la década de 1930, en las llanuras centrales de EE.UU, tras años de sequía extrema se produjeron eventos de erosión eólica muy intensa conocidos como el DustBowl, donde se perdieron millones de toneladas de suelo. Los eventos fueron filmados por el cineasta Pare Lorentz para el Departamento de Agricultura de los EE.UU. en la película “El Arado que rompió las Llanuras”, donde ya se relacionaba la acción del laboreo como causa de la erosión. Para combatir esa erosión, se desarrollaron en América del Norte nuevos equipos de laboreo que permitían descompactar el suelo y controlar las malas hierbas pero sin invertir el suelo, manteniendo restos vegetales en superficie. Este método se extendió de manera vertiginosa por todas las zonas secas de EE.UU, no sólo por su capacidad para combatir la erosión del suelo, sino también por su aptitud para conservar la humedad edáfica, de especial interés en los secanos. Otro hito en este camino fue la creación en 1935 del Servicio de Conservación del Suelo de los EE.UU. que, en los años siguientes, estimuló la creación de equipos de investigadores dedicados al laboreo de conservación en numerosas universidades americanas. Paralelamente, en los países del norte de Europa, la combinación de los efectos negativos causados por el laboreo excesivo, particularmente en suelos húmedos, con la disminución de la población rural y el aumento de los costos de maquinaria, llevó a muchos investigadores a plantearse una reducción de las labores. A pesar de las mejoras propuestas por las técnicas minimizadoras del laboreo, sin la disponibilidad de herbicidas adecuados, las hierbas adventicias, o malas hierbas como se las conoce comúnmente, se convertían en un factor limitante para el desarrollo de dichos sistemas de laboreo (Fernández-Quintanilla, 1997).

Antes hemos expuesto los fines buscados con el laboreo y el problema que causaban las hierbas adventicias en los campos que habían sido labrados hasta entonces. La superación de este problema se consiguió con la aparición de los herbicidas paraquat y diquat, desarrollados por la Imperial Chemical Industries (ICI) a finales de los 50. Con estos productos ya no se necesitaba labrar para controlar las hierbas, ya que su acción total las eliminaba sin riesgo para el cultivo posterior, siendo así factible disminuir las labores. De esta forma, surge el concepto de la siembra directa.

Científicos europeos empezaron a investigar sobre el laboreo reducido y los resultados obtenidos en las experiencias realizadas fueron claramente prometedores, demostrando que era posible preparar un lecho de siembra adecuado sin necesidad de labrar. Sin embargo, incluso entonces, la idea de suprimir totalmente las labores era vista con mucho escepticismo por los agricultores, quedándose este concepto casi exclusivamente restringido a un pequeño grupo de investigadores. Hubo que esperar a mediados de los 60 para que las posibilidades agronómicas y económicas de estas nuevas técnicas fueran percibidas por un sector más amplio del mundo agrario, iniciándose entonces amplios programas de desarrollo e introducción de estos sistemas en diversos países europeos (Fernández-Quintanilla, 1997).

En Norteamérica la historia es más compleja, no siendo posible achacar la causa de estos cambios únicamente a la introducción de los nuevos herbicidas. La publicación del libro de Edward Faulkner en 1943 y el nacimiento de la Sociedad de Conservación del Suelo en 1945, incitaron considerablemente la sensibilidad del sector agrario hacia los problemas derivados de un laboreo excesivo y promovieron el desarrollo de nuevos sistemas de laboreo de conservación. Durante los años 40, tanto las Universidades como el Departamento de Agricultura (USDA) y las empresas del sector iniciaron una intensa labor investigadora que pronto empezó a dar frutos: en 1946 se desarrolló en la Universidad de Purdue la primera sembradora de siembra directa (la M-21); en los años 50 se introdujo comercialmente el disco de corte ondulado así como los tratamientos con atrazina

y paraquat,.....y, a partir de aquí, la evolución empezó a ser cada vez más vertiginosa (Fernández-Quintanilla, 1997).

En España, los primeros estudios sobre agricultura de conservación en cultivos anuales de los que se tienen constancia, datan de 1976 en la finca “Haza del Monte” en Sevilla. En estos ensayos, enfocados a conseguir un adelanto de la fecha de siembra en segunda cosecha, se evaluó la siembra directa de la soja sobre rastrojo de cereal (Agustín, 1977). Al poco tiempo, el cultivo dejó de ser interesante y se cesó la investigación. Los ensayos sobre siembra directa de cereales se inician en España en 1980 en la finca El Encín (Madrid), llevados a cabo en base a un convenio entre la ETSIA de la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que la práctica de la siembra directa no afectaba al rendimiento de los cereales, consiguiéndose en cambio reducir en un 80% los consumos energéticos. Poco después, se fueron extendiendo este tipo de ensayos a otras regiones españolas, destacando los realizados por el SIA de Andalucía (Ifapa) / ETSIA de Córdoba en Andalucía en la finca Tomejil en Carmona (Sevilla) desde el año 1982 y que se mantienen en la actualidad, obteniéndose en las parcelas no labradas unos rendimientos superiores en un 100% a los obtenidos con el laboreo tradicional, los realizados por el Instituto Técnico y de Gestión Agraria en Navarra, y los realizados en Castilla León por los departamentos técnicos de empresas relacionadas con el sector agrario (Fernández-Quintanilla, 1997).

En febrero de 1995 un grupo de agricultores, técnicos y científicos, muchos de ellos participantes de los proyectos antes mencionados, fundaron la Asociación Española de Laboreo de Conservación / Suelos Vivos (AELC/SV), que desarrolló diversos proyectos de transferencia de tecnología fundamentales, que promovieron el conocimiento de las técnicas de agricultura de conservación. En 1999 cambió su denominación por la actualmente conocida como Asociación Española Agricultura de Conservación.Suelos Vivos (AEAC.SV), englobando un concepto más amplio que reflejaba la realidad de mejora de los recursos

naturales, suelo, agua y aire. Gracias al desarrollo de proyectos europeos y nacionales, y al apoyo del sector privado, se realizaron cada vez un mayor número de actividades con un alto grado de regularidad y de conocimiento técnico-científico. Con el paso del tiempo, gracias a la ayuda de agricultores pioneros, once asociaciones regionales trabajan para fomentar la agricultura de conservación en nuestro país. A nivel europeo, la AEAC.SV fundó en Bruselas en 1999, con otras 5 asociaciones nacionales, la Federación Europea de Agricultura De Conservación, ECAF, de sus siglas en inglés. Desde entonces ECAF ha sido y es el punto de unión de las ahora 15 asociaciones europeas que trabajan en pro de la agricultura de conservación en Europa.

7.1 EN CONTRA DE LA TRADICIÓN

“No estamos hablando de cambios pequeños. La agricultura de conservación representa una desviación total de la agricultura tradicional”, dice Patrick Wall, agrónomo y coordinador del programa mundial del CIMMYT para la agricultura de conservación.

Se puede describir la agricultura de conservación como la retención de los residuos de los cultivos y el empleo de rotaciones y, a veces, cultivos de cobertura de abono verde.

La curva de aprendizaje de la agricultura de conservación puede ser muy empinada, en especial para los agricultores con poco acceso a información fuera de sus propias comunidades. Los agricultores de autoconsumo no se arriesgarán a utilizar una práctica nueva a no ser que estén seguros de que resolverá sus problemas. El agrónomo del CIMMYT Peter Hobbs, que ha trabajado con tecnologías que conservan los recursos en el sur de Asia, comprende el escepticismo de los agricultores. “En un lugar del estado de Haryana, India,” recuerda, “un vecino que vio a su amigo usar la labranza cero le llevó una bolsa de trigo a su casa y le dijo: ‘Has destruido tu tierra. Aquí te traigo esta bolsa de trigo

porque vas a necesitarlo para alimentar a tu familia”. Sin embargo, cuando el vecino vio la cosecha que el otro obtuvo también quiso experimentar con la labranza cero.

Esta historia muestra que los agricultores que adoptan una práctica de conservación también se convierten en sus más convincentes promotores. En Bolivia, donde Wall y sus colegas promovieron la agricultura de conservación, la interacción entre los agricultores fue esencial. “Nosotros no convencimos a los agricultores de usar la labranza cero, otros lo hicieron. Trajimos a agricultores de la región que contaron a los agricultores locales sus experiencias y logros”, comenta. “Luego, una vez que los agricultores locales adquirieron experiencia, trabajamos con ellos para elaborar un manual llamado Por agricultores, para agricultores.(Wall, Patrick C. 2004)

7.2 VÍAS DE PARTICIPACIÓN QUE CONDUCEN AL ÉXITO

Para que la agricultura de conservación funcione, un grupo variado de individuos (investigadores, agricultores, empresas proveedoras de insumos, agentes de extensión y fabricantes de implementos agrícolas) deben compartir sus ideas y productos. “Muchas instituciones públicas de investigación y extensión no estaban dispuestas a participar en esas redes de innovaciones”, cuenta el economista del CIMMYT. “Quieren seguir el método tradicional de ensayar todos los aspectos de una tecnología antes de pasarla a los servicios de extensión y los agricultores”. (EkboirJavier,2004)

“Más que ser el primer motor del cambio, los investigadores deben intervenir tras éste y resolver los problemas que surjan, apoyando la adaptación continua y el seguimiento”, (Wall, Patrick C. 2004)

Los buenos resultados en la promoción de la agricultura de conservación también han dependido de individuos u organismos que aseguren que los agricultores reciben la información y el apoyo para evaluar la agricultura de conservación y adoptarla, si lo desean. “Estos agentes catalizadores a veces son científicos o trabajadores de extensión locales que actúan sin apoyo de sus propias organizaciones. Traen métodos de investigación participativa, promueven el intercambio de información, proporcionan acceso a productos de instituciones de investigación avanzada y movilizan los fondos”, (Ekboir Javier, 2004)

Por último se observa que el acceso a equipo de fabricación local, asequible y adecuado para sembrar directamente en los residuos es fundamental para que se difunda la agricultura de conservación. "Sin ese equipo, los agricultores ni siquiera pueden comenzar a experimentar". (Hobbs Peter ,2004)

8. LA LABOR Y LOGROS DE CIMMYT EN LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La agricultura de conservación significa muchas cosas para muchas personas, pero un principio clave es la sostenibilidad. En casi todos los casos, esto implica manejar mantillos para conservar la materia orgánica del suelo. Otros sistemas de cultivo que conservan otros recursos vitales (agua, combustible) o reducen las emisiones de gases de invernadero representan un avance hacia la sostenibilidad. El CIMMYT ha apoyado la difusión de la agricultura de conservación en diversas formas. Esta breve selección de ejemplos nos da una idea:

- A fines de los años 70 y comienzos de los 80, los agrónomos del CIMMYT hablaron a investigadores de los países en desarrollo acerca de los sistemas de labranza cero en un curso ofrecido en la sede del CIMMYT.

Desde comienzos de los 80, el CIMMYT y los investigadores locales han promovido métodos participativos y han expandido asociaciones que causaron que se utilizara la labranza cero en la producción de trigo en casi 207,000 hectáreas para el 2002 en Asia. Con la práctica se ahorra 75% o más del combustible, se obtienen mejores rendimientos, se aplica alrededor de la mitad de herbicida y se requiere por lo menos un 10% menos de agua, lo cual equivale a un ahorro de un millón de litros en una hectárea.

Durante 1994-2001, el CIMMYT contribuyó a promover la labranza cero y las rotaciones de cultivo en Bolivia trabajando con colaboradores locales para organizar una red de instituciones de investigación, asociaciones agrícolas y agricultores progresistas. Para 2000, los agricultores usaban las prácticas nuevas en 300,000 hectáreas de las tierras bajas del este.

En 1994, el CIMMYT formó una red para ayudar a los agricultores de maíz de Malawi y Zimbabwe a hacer más productivos sus suelos de escasa fertilidad. La red expandió recientemente sus actividades a Mozambique y Zambia y ahora se ocupará de problemas de políticas vinculadas con la fertilidad del suelo.

8.1 ESPERANZAS Y MUCHO TRABAJO

Como coordinador de la investigación sobre la agricultura de conservación en el CIMMYT, Wall trabajará con colaboradores de todo el mundo, entre ellos el agrónomo de trigo del CIMMYT Kenneth Sayre, un experto en el cultivo de cereales en camas elevadas y en maquinaria agrícola para la agricultura de conservación.

En México, un proyecto iniciado en 2001 por el agrónomo Bernard Triomphe promoverá la adopción amplia de la agricultura de conservación en la región del Bajío, donde el cultivo irrigado intensivo de maíz y sorgo enfrenta una severa

escasez de agua. La labor es apoyada por el organismo francés de investigación CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo) y participan instituciones y agricultores de México.

“En el sur de Asia, tenemos que encontrar formas de aumentar la cantidad de residuos de cultivos que se dejan en la superficie del suelo. En el sistema de arroz-trigo, tenemos que manejar el arroz usando principios de conservación de los recursos como los adoptados para el trigo y expandirlos a otros sistemas de cultivo”(Wall, Patrick C. 2004).

En cuanto a África al sur del Sahara, se considera que las zonas muy áridas son particularmente problemáticas. “La sequía es un problema esencial, pero la eficiencia en la utilización del agua y la proporción de agua que se aprovecha en la producción del cultivo, también es importante. Más del 50% de la precipitación se escurre de los campos. Por último, a menos que los agricultores comiencen a dejar residuos para restablecer la materia orgánica del suelo, la agricultura allí no será sustentable”.(Wall, Patrick C. 2004)

Con esto se concluye que si bien la labranza cero tiene buenos resultados en una amplia variedad de condiciones, los investigadores todavía no saben cómo hacer que funcione en algunos lugares. “Por ejemplo, donde hay escasez de agua y no se pueden producir suficientes residuos de cultivo”, explica. “O donde hay problemas de drenaje y la labranza cero puede empeorarlos. Finalmente, es difícil hacer que funcione el sistema en zonas muy degradadas con una larga historia de labranza tradicional”.(Wall, Patrick C. 2004)

9. METODOLOGÍA

9.1 CASIDA

9.1.1 FUNDAMENTO DEL MÉTODO

El método de Casida (Casida *et al.*, 1964; Casida, 1977; Barajas-Aceves, 2008), el cual 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 24 h a 37 °C, esta sal es reducida Formandotrifenil tetrazoliumformazan (TPF) de color rojo. Una vez extraído el TPF con un disolvente como metanol o acetona, su concentración es cuantificada por colorimetría (Trevors, 1984 at, el Nannipieri, 1998).

Esta técnica es fácil de realizar y sus resultados son confiables; sin embargo, tiene las desventajas de que algunos de los reactivos que requiere no son fáciles de adquirir y de que, comparado con el método del idonitrotetrazolioformazan (INT), el TTC es menos soluble en agua y puede reducirse en presencia de grandes cantidades de oxígeno (Von Mersi y Schinner, 1991).

34 Métodos eco toxicológicos para la evaluación de suelos contaminados con hidrocarburos

9.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

La actividad de la deshidrogenasa es utilizada para monitorear los suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, como el diesel, y durante los procesos para su biorremediación.

9.1.3 MATERIAL Y EQUIPO

Embudos de separación Balanza analítica

Matraces aforados de 50 y 100 mL Espectrofotometro UV-VIS

Papel aluminio Estufa de incubación

Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 mL Vortex

Tubos de ensayo de 16 x 150 mm

Reactivos

Acetona o metanol grado analítico

Acido clorhídrico grado analítico

Agua destilada

Amortiguador TRIS (hidroximetilaminometano) grado ultrapuro ($\geq 99\%$)

Carbonato de calcio (CaCO_3) grado analítico

Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) de 98 % de pureza

1,3,5-trifenilformazano (TPF) de 98 % de pureza

9.1.4 PREPARACION DE SOLUCIONES

Solución de acido clorhídrico 0.2 M. Disolver 8.14 ml de acido 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.

9.1.5 PROCEDIMIENTO

9.1.5.1 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 CaCO₃, 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.

9.1.5.2 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.

9.1.5.3 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 7.6a 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.

9.1.5.4 CÁLCULOS

La actividad de la deshidrogenasa en suelos se expresa como $\mu\text{g TPF/g suelo por día}$. Los valores obtenidos de absorbancia en las muestras analizadas en la curva de calibración para obtener la concentración del TPF.

Como blanco se utilizan los controles de suelo. Para obtener la actividad de cada muestra se utiliza la siguiente fórmula:

AD =

$V \{[\text{TPF}]M - [\text{TPF}]C\}$

sc

Donde:

AD = actividad de la lipasa, en

$\mu\text{g TPF}$

g de suelo seco x d

[TPF]M = concentración de TPF en la muestra de suelo, en $\mu\text{g/ml}$

[TPF]C = concentración de TPF en la muestra de suelo, en $\mu\text{g/ml}$

sc = peso del suelo en base seca de 1 g de suelo húmedo, en g

V = volumen de metanol (o acetona) adicionado a la suspensión, en ml

Técnicas para el análisis de actividad enzimática en suelos 37

9.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Capacidad de Retención de Agua (CRA) es un modelo de base física ampliamente utilizado por técnicos forestales e investigadores en ecología forestal del territorio español, como uno de los factores estimadores de las disponibilidades de agua para las plantas y, por ende, de la calidad de estación. Dentro del proyecto Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva se han apreciado una serie de anomalías en cuanto a los valores obtenidos para el parámetro CRA, especialmente en lo referente a la influencia de la pendiente sobre el modelo para

su cálculo, así como en la determinación del agua disponible para la vegetación, en relación a la reserva total

Pesar 10 g de suelo, colocarlo en un embudo con papel filtro whatman y taparlo y agregar 100mL de agua destilada, tapar el embudo con papel aluminio para evitar la evaporación y pesar después de 24 horas.

$$\frac{\text{H}_2\text{O g}}{\text{g de suelo}} = \frac{\text{peso drenado} - \text{peso suelo seco (105}^\circ\text{C)} - \text{peso blanco húmedo}}{\text{peso de suelo seco}}$$

9.3 PESO SECO (HUMEDAD)

Pesar 5 g de suelo tamizado, y poner a secar en horno a 105°C por 24 horas. Pesar después de las 24 horas.

9.4 pH

9.4.1 Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 ml.
- 2) Agregar 10 ml de agua destilada.
- 3) Agitar y dejar reposar 10 minutos.
- 4) Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- 5) Pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro.

9.4.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

9.4.2.1 CATEGORÍA VALOR DE PH

Fuertemente ácido < 5.0

Moderadamente ácido 5.1 - 6.5

Neutro 6.6 - 7.3

Medianamente alcalino 7.4 - 8.5

Fuertemente alcalino 8.5

9.5 METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRAS DE SUELO EN EL RANCHO “LA GLORIA”

Las muestras se tomaron de la forma siguiente: El cultivo de agricultura de conservación de frijol-maíz está dividido en dos tratamientos, uno con rastrojo y el otro sin rastrojo siendo 3 bloques de cada tratamiento, con esto tenemos 6 bloques en total; después se tomaron 3 muestras de cada bloque haciendo por lo tanto 9 muestras de cada tratamiento en total 18 muestras.

También es importante mencionar que los suelos se sacaron de una profundidad de 0 a 20 cm. Del rancho “La gloria” fueron enviadas al laboratorio de química del Instituto Tecnológico de Tuxtla totalmente selladas y etiquetadas para poder ser analizadas.

10. RESULTADOS

CONCENTRACIÓN DE DESHIDROGENASA EN EL SUELO DE CULTIVO

A continuación se muestran en la Fig. 3 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable actividad de la enzima deshidrogenasa, expresado en $\mu\text{g TPF/ml}$, con dos diferentes tratamientos.

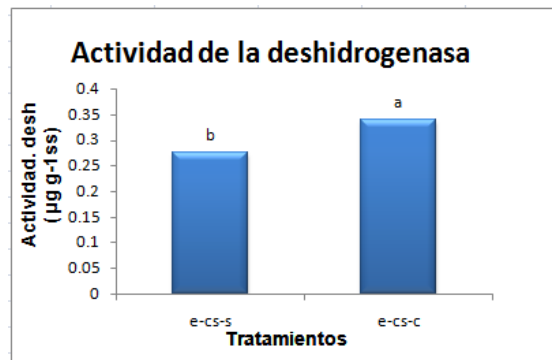


Figura 3.- Resultados del análisis estadístico de suelo del cultivo, para la actividad de la enzima deshidrogenasa por cada tratamiento; (Tukey 95 % de confianza y $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos del suelo de cultivo, arroja que existe diferencia significativa en la variable Actividad de la enzima deshidrogenasa, en el suelo de cultivo con rastrojo que en del suelo de cultivo sin rastrojo, teniendo un (20%) mas de concentración de enzima.

VARIABLE CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

A continuación se muestran en la Fig.4 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable capacidad de retención de agua (CRA), en el suelo del cultivo con dos diferentes tratamientos.



Figura 4.- Resultados del análisis estadístico en el análisis del suelo de cultivo, 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos por análisis del suelo del cultivo arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable capacidad de retención de agua (CRA) teniendo un (4%) en el suelo sin rastrojo que en el suelo con rastrojo.

VARIABLES DE FRIJOL A LOS 60 DDE

A continuación se muestran en la Fig. 5 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable diámetro de nódulos, expresado en milímetros(mm), en las plantas de frijol a los 60 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

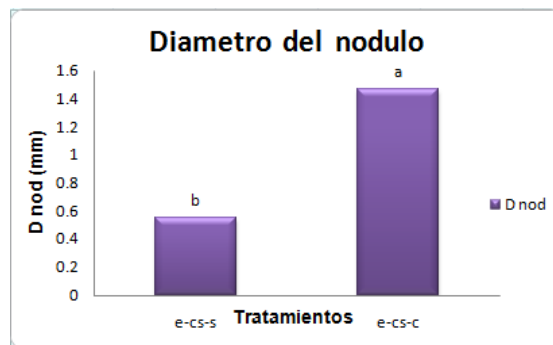


Figura 5.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para diámetro de nódulos de la planta por cada tratamiento; a los 60 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 60 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable diámetro de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (62%) más de diámetro.

A continuación se muestran en la Fig. 6 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de flores, en las plantas de frijol a los 60 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

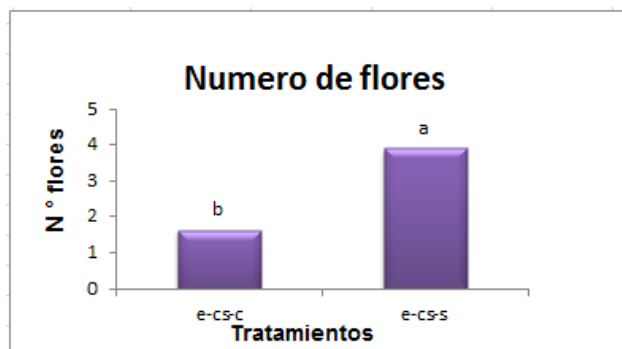


Figura 6.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número de flores de la planta por cada tratamiento; a los 60 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre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

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 60 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable número de flores, entre las plantas de frijol, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo, teniendo un (58%) más de flores.

A continuación se muestran en la Fig. 7 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de vainas, en las plantas de frijol a los 60 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

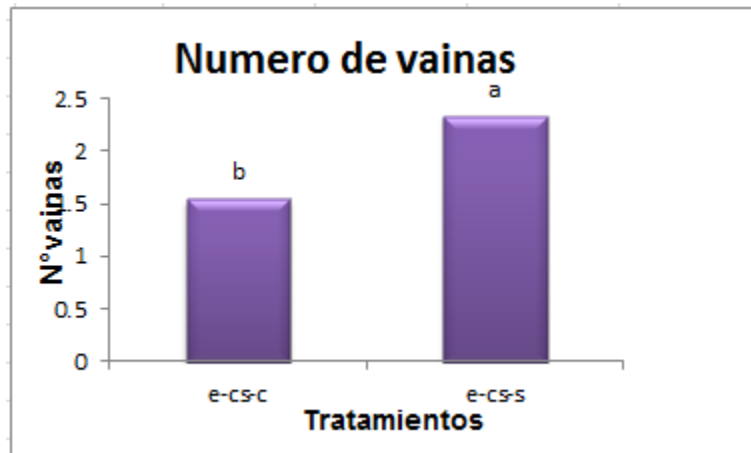


Figura 7.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número de vainas de la planta por cada tratamiento; a los 60 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 60 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable número de vainas, entre las plantas de frijol, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo, teniendo un (33.5 %) más de vainas.

A continuación se muestran en la Fig.8 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de nódulos, expresado en kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 60 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

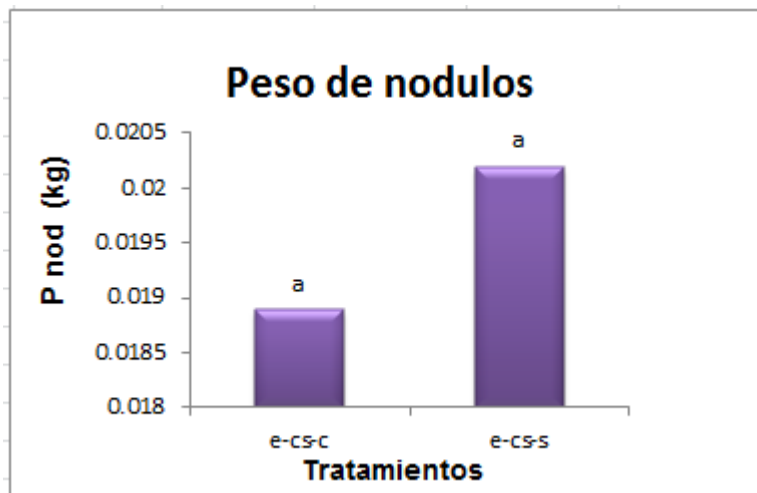


Figura 8.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de nódulos de la planta por cada tratamiento; a los 60 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 60 dde arrojo que no existe diferencia significativa en la variable peso de nódulos, entre las plantas de frijol, teniendo un (6%) mas en las plantas cultivadas sin rastrojo que las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.9 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable diámetro de nódulos, expresado en milímetros (mm), en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

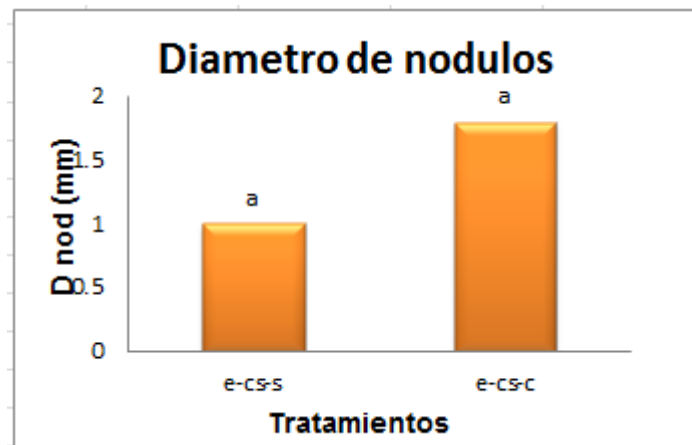


Figura 9.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para diámetro de nódulos de la planta por cada tratamiento; a los 75 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arrojo que no existe diferencia significativa en la variable diámetro de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (44.2 %) mas de vainas en las plantas cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig. 10 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más

francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de semillas, en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 10.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para numero semillas de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arrojo que no existe diferencia significativa en la variable número de semillas, entre las plantas de frijol, teniendo un (7%) mas en las plantas cultivadas con rastrojo que en las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.11 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de flores, en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

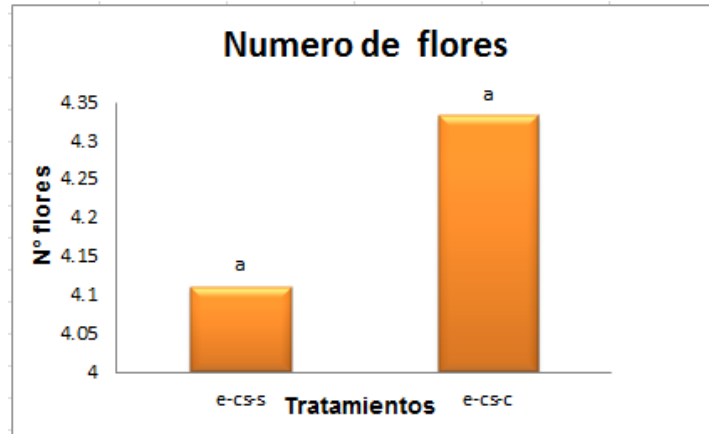


Figura 11.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número flores de la planta por cada tratamiento; a los 75 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arrojó que no existe diferencia significativa en la variable número de flores, entre las plantas de frijol, teniendo un (5%) más en las plantas cultivadas con rastrojo que en las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.12 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de nódulos, en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 12.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número nódulos de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arroja que existe diferencia significativa en la variable número de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (77%) mas de vainas.

A continuación se muestran en la Fig.13 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de vainas, en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 13.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número vainas de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arroja que no existe diferencia significativa en la variable número de vainas, entre las plantas de frijol, teniendo un (21%) en las plantas cultivadas con rastrojo que las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.14 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de nódulos, expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

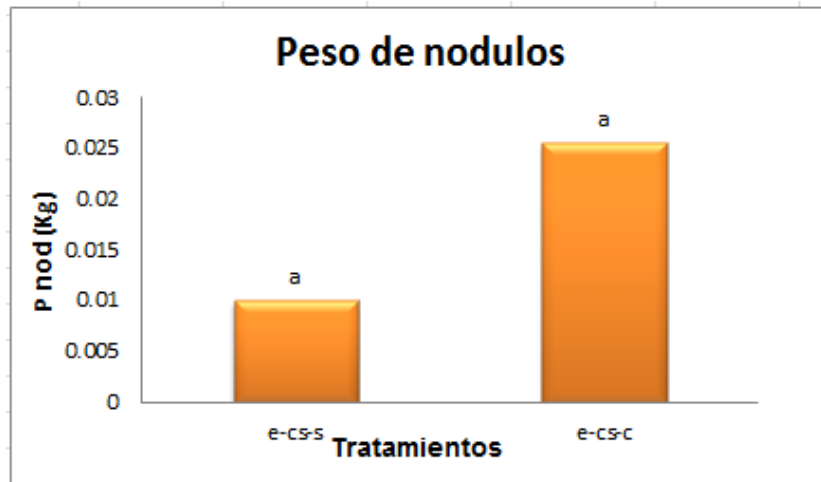


Figura 14.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de nódulos de la planta por cada tratamiento; a los 75 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable peso de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (60 %) más de peso en las plantas cultivadas con rastrojo .

A continuación se muestran en la Fig.15 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de semillas, expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 75 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

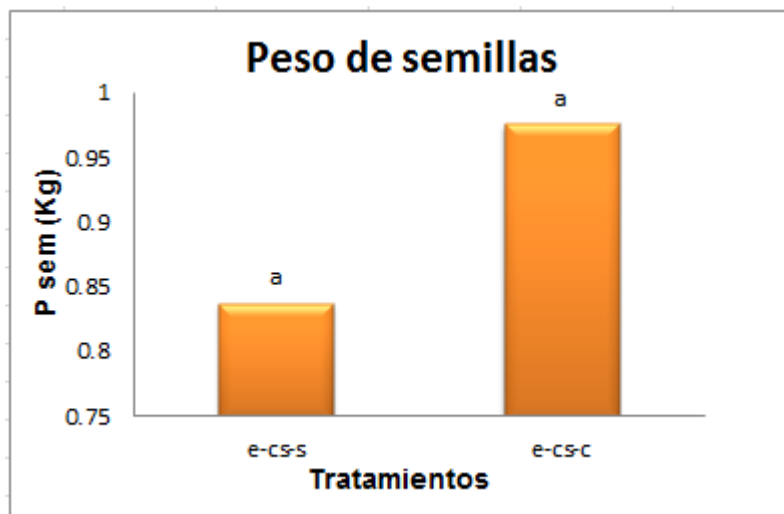


Figura 15.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de semillas de la planta por cada tratamiento; a los 75 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 75 dde arrojo que no existe diferencia significativa en la variable peso de semillas, entre las plantas de frijol, teniendo un (15%) mas en las plantas cultivadas con rastrojo que las cultivadas sin rastrojo.

VARIABLES DE FRIJOL A LOS 90 DDE

A continuación se muestran en la Fig.16 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable diámetro del nódulo, expresado en milímetros(mm),en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

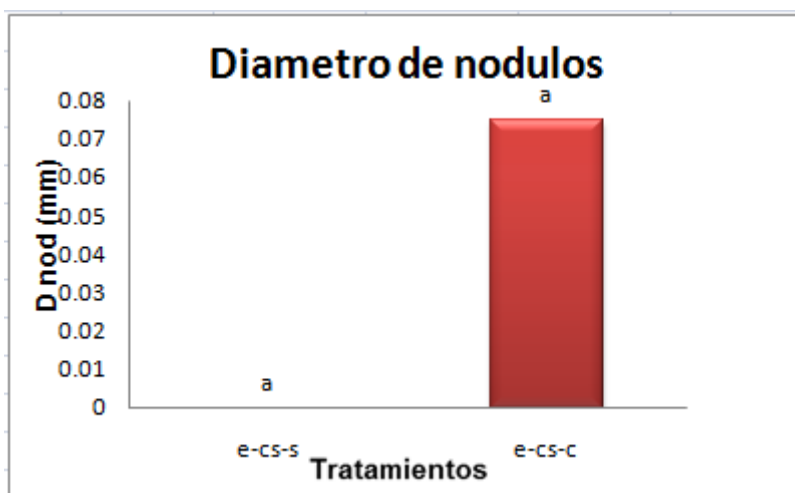


Figura 16.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para diámetro de nódulos de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

.El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojo que existe diferencia significativa en la variable diámetro de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (100 %) del diámetro en las plantas cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.17 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de semillas, en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 17.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para numero de semillas de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$).

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojo que existe diferencia significativa en la variable numero de semillas, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (35 %) mas de numero de semillas en las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.18 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de flores, en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

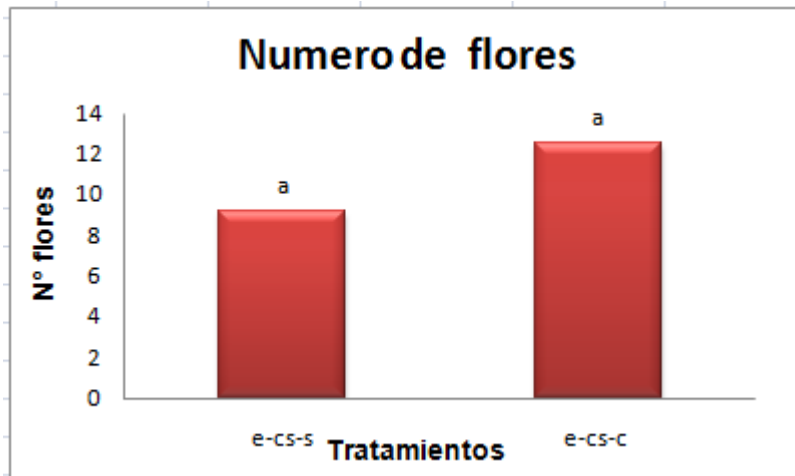


Figura 18.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número de flores de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que no existe diferencia significativa en la variable número de flores, entre las plantas de frijol, teniendo un (27%) más en las plantas cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.19 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de nódulos, en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 19.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para numero de nódulos de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable número de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo, teniendo un (100%) de números de nódulos.

A continuación se muestran en la Fig.20 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de vainas, en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 20.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para numero de vainas de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde(Tukey 95 % de confianza y $P \leq 0.05\%$).

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable numero de vainas, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (30%) mas de números de vainas en las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.21 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de nódulos,

expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 21.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de nódulos de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable peso de nódulos, entre las plantas de frijol, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo, teniendo un (100%) de peso de nódulos en las plantas cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.22 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de semillas, expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.



Figura 22.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de semillas de la 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable peso de semillas, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (32%) más de peso de semillas en las plantas cultivadas con rastrojo.

Variables de las plantas a los 90 dde

A continuación se muestran en la Fig.23 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable diámetro del tallo, expresado en milímetros (mm), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

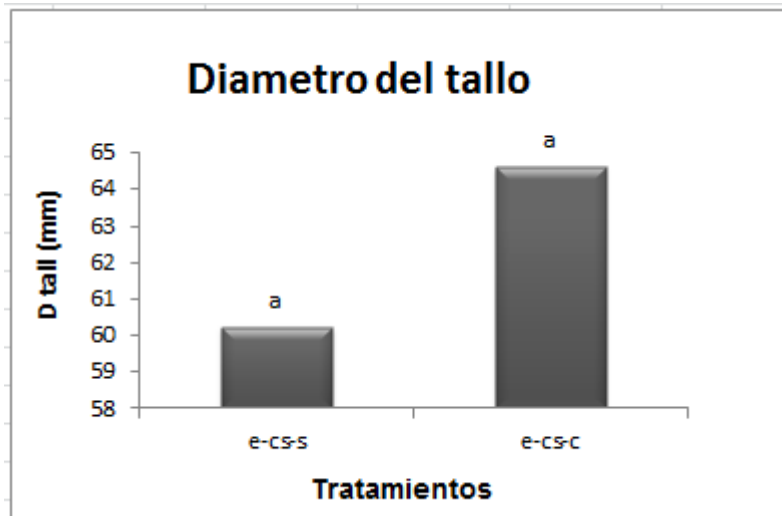


Figura 23.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para diámetro del tallo de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre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

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que no existe diferencia significativa en la variable diámetro del tallo, entre las plantas de frijol, teniendo un (7%) más en las plantas cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.24 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud de la planta, expresado en centímetros (cm), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

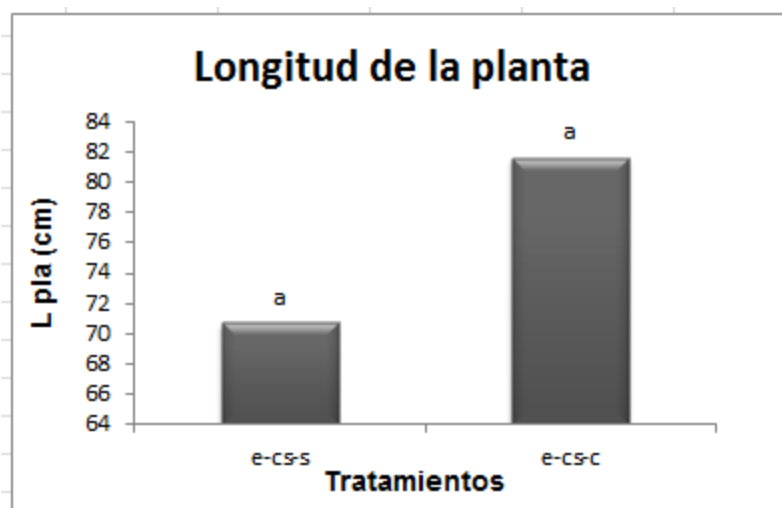


Figura 24.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para longitud de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que no existe diferencia significativa en la variable longitud de la planta, entre las plantas de frijol, teniendo un (13%) que las plantas cultivadas con rastrojo que las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.25 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud del follaje, expresado en centímetros (cm), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

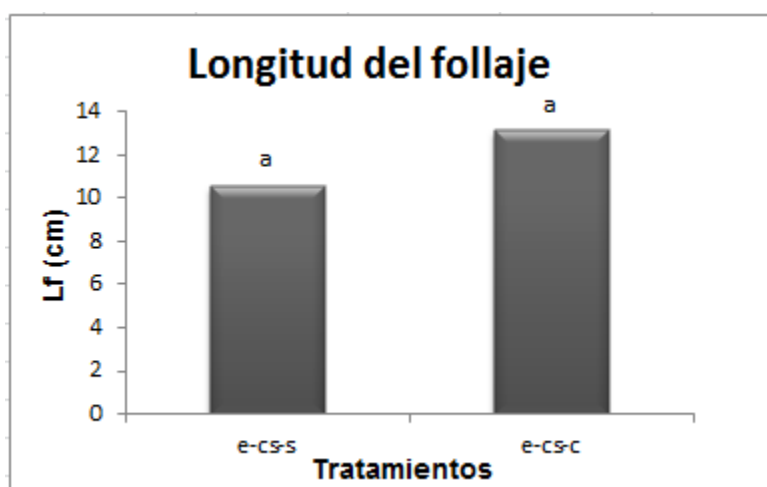


Figura 25.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para longitud del follaje de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que no existe diferencia significativa en la variable longitud de follaje, entre las plantas de frijol, teniendo un (20%) en las plantas cultivadas con rastrojo que las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.26 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud de la raíz,

expresado en centímetros (cm), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

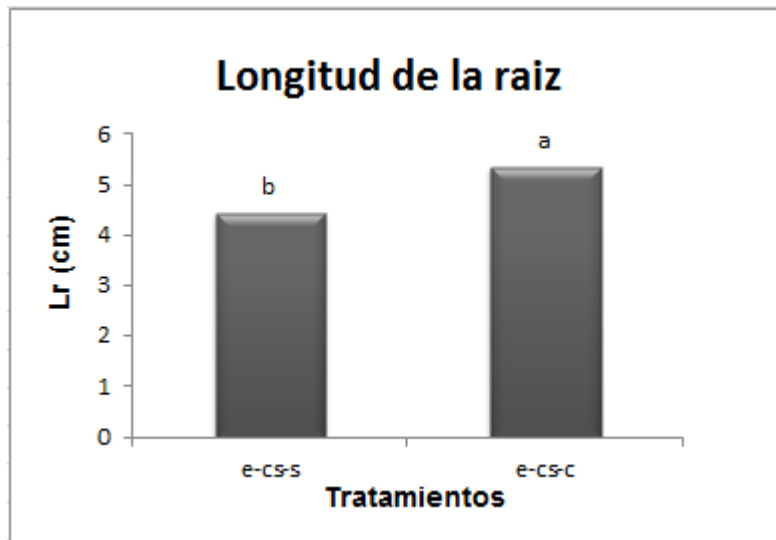


Figura 26.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para longitud de la raíz de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable longitud de la raíz, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (17%) más de longitud de la raíz en las plantas cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.27 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de hojas, en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

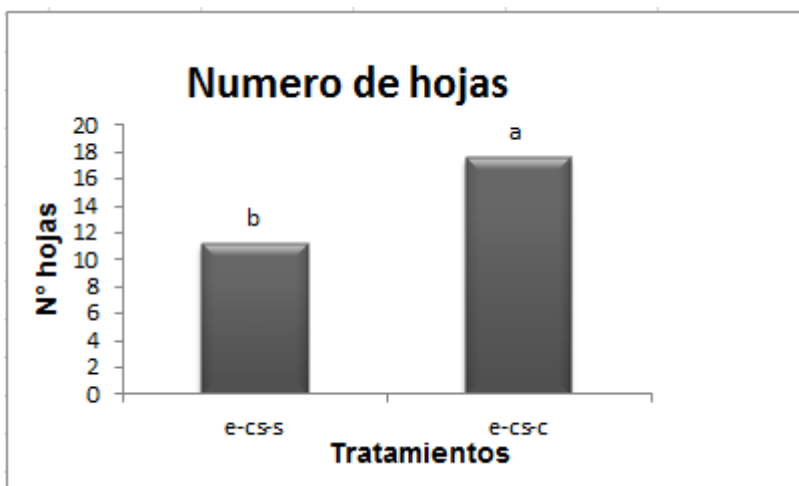


Figura 27.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para número de hojas de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojó que existe diferencia significativa en la variable número de hojas, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (36%) más de número de hojas en las plantas cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.28 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso del follaje, expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

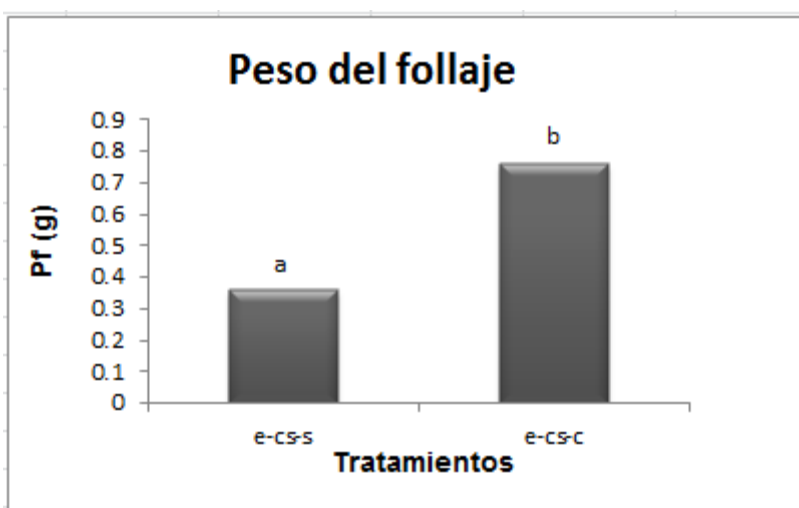


Figura 28.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso del follaje de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde(Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre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

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojo que existe diferencia significativa en la variable peso del follaje, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (53%) mas de peso.

A continuación se muestran en la Fig.29 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable peso de la planta, expresado en Kilogramos (Kg), en las plantas de frijol a los 90 días de la emergencia (dde) con dos diferentes tratamientos.

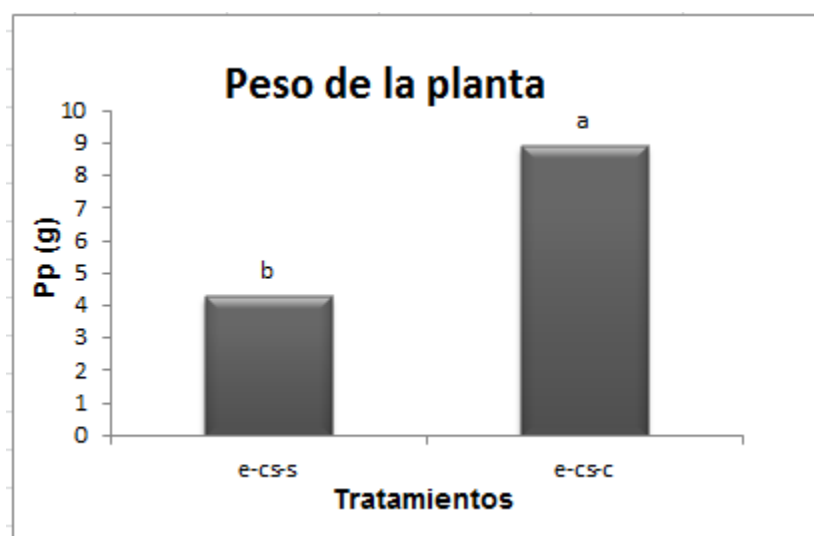


Figura 29.- Resultados del análisis estadístico de plantas de frijol, para peso de la de la planta por cada tratamiento; a los 90 dde (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$)*Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos a los 90 dde arrojo que existe diferencia significativa en la variable peso de la planta, entre las plantas de frijol, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo, teniendo un (52%) mas de peso.

CRECIMIENTO DEL MAÍZ

A continuación se muestran en la Fig.30 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable mazorcas dañadas, en la cosecha de maíz con dos diferentes tratamientos.



Figura 30.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para mazorcas dañadas 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó que no existe diferencia significativa en la variable mazorcas dañadas, cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.31 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud de la mazorca, en la cosecha de maíz, expresado en centímetros (cm) con dos diferentes tratamientos.

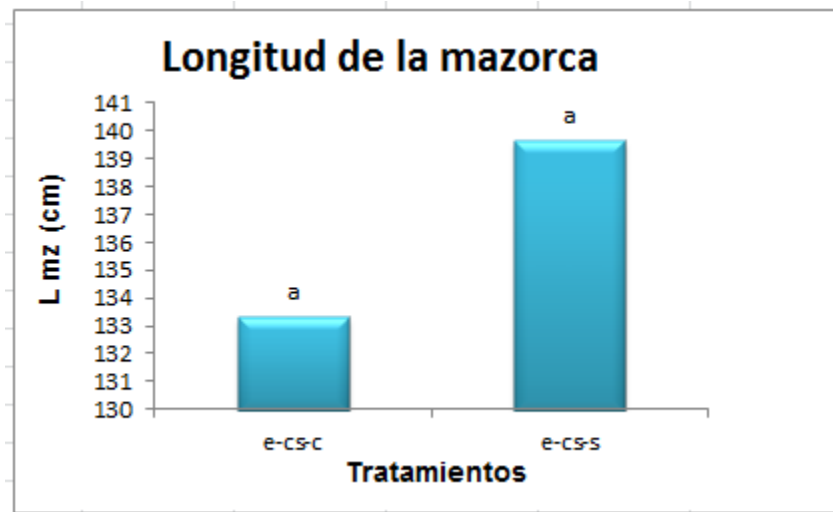


Figura 31.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para longitud de la mazorca por cada tratamiento (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable longitud de la mazorca, cultivada sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo, teniendo un (5%) más en las mazorcas cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.32 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud de la planta, en la cosecha de maíz, expresado en centímetros (cm) con dos diferentes tratamientos.

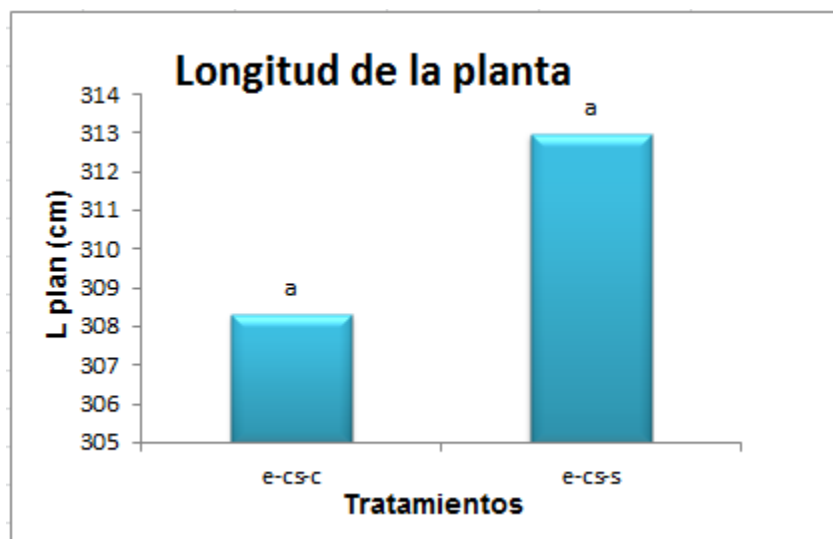


Figura 32.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para longitud de la planta por cada tratamiento (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable longitud de la planta, teniendo un (2%) mas cultivadas sin rastrojo que las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.33 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de hojas, en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.



Figura 33.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para numero de hojas de la planta por cada tratamiento (Tukey 95 % de $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable numero de hojas, teniendo un (2%) mas las plantas cultivadas sin rastrojo que las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.34 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de mazorcas, en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.



Figura 34.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para numero de mazorcas de la planta por cada tratamiento (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$).

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable numero de mazorcas, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo.

VARIABLE DE MAZORCA

A continuación se muestran en la Fig.35 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable número de mazorcas, en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.



Figura 35.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para número de mazorcas de la planta 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que existe diferencia significativa en la variable número de mazorcas, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo con un (15%) más de número de mazorcas.

A continuación se muestran en la Fig.36 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable longitud de la mazorca, expresado en centímetros (cm) en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.

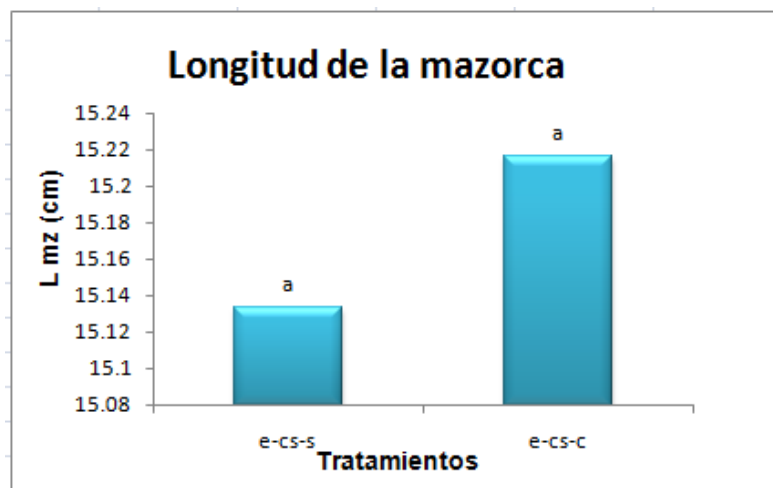


Figura 36.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para longitud de las mazorcas de la planta por cada tratamiento (Tukey 95 % de confianza $P \leq 0.05\%$) *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable longitud de la mazorca, teniendo (1%) en las plantas cultivadas con rastrojo y las cultivadas sin rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.37 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más

francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de granos por hilera, en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.



Figura 37.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para numero de granos por hilera de la mazorca de cada planta 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que no existe diferencia significativa en la variable numero de granos por hilera, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo.

A continuación se muestran en la Fig.38 los resultados obtenidos del análisis estadístico con el método actualmente utilizado para obtener la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD), para la variable numero de hileras por mazorca, en la cosecha de maíz, con dos diferentes tratamientos.



Figura 38.- Resultados del análisis estadístico en la cosecha de maíz, para número de hileras por mazorca de cada planta 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.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la cosecha arrojó, que existe diferencia significativa en la variable número de hileras por mazorca, cultivadas sin rastrojo y las cultivadas con rastrojo con un (6%) más de número de hileras por mazorca.

11. DISCUSION DE RESULTADOS

VARIABLES DEL SUELO

ACTIVIDAD DE LA ENZIMA DESHIDROGENASA

En el análisis realizado para la variable actividad enzimática se obtuvo que la actividad de la enzima deshidrogenasa en el suelo de cultivo de maíz- frijol de conservación es mayor su actividad en el tratamiento conservación con rastrojo debido a que los rastrojos aumentan el contenido de microorganismos, aportan nutrientes al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie **Bergonia et al. (1990)**.

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

En el análisis obtenido de la variable CRA se obtuvo que no existe diferencia significativa entre los dos tratamientos de Agricultura de Conservación sin rastrojo y con rastrojo este es un parámetro importante porque **(Gandullo y Sánchez Palomares, 1994)** la porosidad es la medida del volumen de huecos que hay en todo el suelo. En estos huecos o poros el agua puede quedar retenida durante periodos largos de tiempo, permitiendo que las plantas absorban los nutrientes que transporta. Según el tamaño y la forma de los poros, el suelo tendrá mayor o menor capacidad de retención de agua.

(Ehlers 1976 y Goss 1978), han demostrado una mayor rapidez de infiltración del agua de lluvia en la Agricultura de conservación que en un laboreo convencional.

CRECIMIENTO Y NODULACION 60, 75, 90 (dde)

DIÁMETRO y NÚMERO DE NÓDULOS

En el análisis de la variable diámetro de nódulos y número de nódulos se mostró un incremento en el diámetro y número de nódulos a los 75 dde, en Agricultura de conservación con rastrojo. Así también una diferencia significativa entre ambos tratamientos siendo mayor la Agricultura convencional con rastrojo esto es bueno porque **(Muñoz et al., 1998)** durante la simbiosis las rizobacterias aportan nitrógeno molecular de la atmósfera a la planta, el cual utilizan para la biosíntesis de proteínas mientras que ésta otorga nutrientes a la bacteria. En este proceso se desarrollan nódulos bacterianos en las raíces de las plantas esto sucede aproximadamente a los 60 días.

NUMERO DE VAINAS Y NÚMERO DE FLORES

En el análisis de las variables número de vainas así también el número de flores se encontró un incremento a los 90 dde en Agricultura de conservación con rastrojo, a su vez una diferencia significativa entre los dos tratamientos siendo mayor el de agricultura de conservación con rastrojo debido a que la materia orgánica consiste en residuos vegetales en diversas fases de descomposición y restos de organismos y microorganismos que viven en el suelo y sobre él **(Bottner, 1982)** y el contenido y calidad de la materia orgánica, depende del tipo de suelo, su manejo agronómico, el tipo de vegetación y las características climáticas **(Borie y Rubio, 1990)**.

La disminución de la materia orgánica reduce el C y N potencialmente mineralizable, y restringe la habilidad del suelo para inmovilizar y conservar el N mineral **(Kolberg et al., 1999)**.

La fertilización de pre siembra, después de algunos años en AC, es menos exigente, debido al aporte de los rastrojos. Referente a la aplicación de

fertilizantes, la filosofía de AC apunta a entregar al suelo materia orgánica **(Riquelme, 1992; Reyes, 2002)**.

Cuando los rastrojos presentan las características anteriores, **Redman et al. (1989)** afirman que la liberación de nutrientes al suelo es casi imperceptible en el corto plazo, debido a que los rastrojos son pobres en nitrógeno aunque señalan que los aportes de esquilmos juegan un papel importante al mantener el status de N y otros nutrientes en el suelo a largo plazo.

LONGITUD DE LA RAÍZ

En el análisis de la variable largo de la raíz se obtuvo un resultado mayor a los 90 dde teniendo una diferencia significativa entre los dos tratamientos de Agricultura de conservación con rastrojo y sin rastrojo, obteniendo mayor Longitud de la raíz en el tratamiento de Agricultura con rastrojo. **Moldenhauer et al. (1994) y Franzluebbers et al. (1995)** mencionan que la descomposición de los residuos de cultivo aumenta el contenido de MO, aportan nutrimentos al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie por lo tanto el crecimiento de las plantas.

Los rastrojos aumentan el contenido de microorganismos, aportan nutrientes al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie **Bergonia et al. (1990)**.

Cuando los rastrojos presentan las características anteriores, **Redman et al. (1989)** afirman que la liberación de nutrientes al suelo es casi imperceptible en el corto plazo, debido a que los rastrojos son pobres en nitrógeno aunque señalan que los aportes de esquilmos juegan un papel importante al mantener el status de N y otros nutrientes en el suelo a largo plazo.

NUMERO DE HOJAS

En el análisis de la variable número de hojas se obtuvo un resultado mayor a los 90 dde teniendo una diferencia significativa entre los dos tratamientos de Agricultura de conservación con rastrojo y sin rastrojo, teniendo mayor numero de hojas en el tratamiento de Agricultura con rastrojo. **Moldenhauer et al. (1994) y Franzluebbers et al. (1995)** mencionan que la descomposición de los residuos de cultivo aumenta el contenido de MO, aportan nutrimentos al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie por lo tanto el crecimiento de las plantas.

PESO PLANTA Y PESO FOLLAJE

En el análisis de las variables peso de la planta y peso del follaje se obtuvo un resultado mayor a los 90 dde teniendo una diferencia significativa entre los dos tratamientos de Agricultura de conservación con rastrojo y sin rastrojo, teniendo mayor peso en las dos variables en el tratamiento de Agricultura con rastrojo. **Moldenhauer et al. (1994) y Franzluebbers et al. (1995)** mencionan que la descomposición de los residuos de cultivo aumenta el contenido de MO, aportan nutrimentos al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie por lo tanto el crecimiento de las plantas.

Los rastrojos aumentan el contenido de microorganismos, aportan nutrientes al suelo y fomentan el incremento de C orgánico cerca de la superficie **Bergonia et al. (1990)**.

COSECHA

NUMERO DE HILEAS POR MAZORCA Y NÚMERO DE MAZORCAS

En el encontramos que hubo diferencia significativa en la variable número de hileras por mazorca y número de mazorcas entre las plantas tratadas en agricultura de conservación sin rastrojo con respecto a las plantas con rastrojo esto es bueno por que **Paustian (1997)**, sintetizó las medidas prácticas en el manejo de los rastrojos que tienen influencia positiva en el balance de C en el suelo. Estas son incrementar el tiempo del suelo con vegetación, reducir o eliminar el laboreo, aumentar la producción y retornar los rastrojos al suelo, incluir leguminosas, y en la selección de los cultivos incluir maíz y sorgo.

La materia orgánica consiste en residuos vegetales en diversas fases de descomposición y restos de organismos y microorganismos que viven en el suelo y sobre él (**Bottner, 1982**). El contenido y calidad de la materia orgánica, depende del tipo de suelo, su manejo agronómico, el tipo de vegetación y las características climáticas (**Borie y Rubio,1990**).

12. CONCLUSIONES

En nuestro estudio encontramos que el tratamiento de Agricultura de Conservación con rastrojo hay una diferencia significativa conforme al otro tratamiento por lo que es posible que esto se deba a que el rastrojo aumenta la fuente de alimentación de las bacterias por lo tanto encontramos un aumento en la concentración de deshidrogenasa en este tratamiento.

En nuestro estudio encontramos que el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo y sin rastrojo no existe una diferencia significativa entre estos dos tratamientos debido a que la porosidad de los suelo es parecida teniendo un porcentaje muy bajo de diferencia entre ambos.

En nuestro estudio encontramos que el tratamiento Agricultura de conservación con rastrojo a los 75 dde se encontró un diámetro y numero de nódulos mayor, debido a que adicionando rastrojo al suelo las plantas tienen fuente de C/N con esto comienza la simbiosis de las bacterias aportan nitrógeno ala planta y por lo tanto le aporta nutrientes a la bacteria es aquí donde los nódulos se comienzan a desarrollar; esto pasa a los 60 dde donde ya hay aparicion de nódulos bacterianos y apartir de ahí con el transcurso de los días encontramos mas nódulos con mayor tamaño y diferente color.

En el nuestro estudio de las variables numero de vainas y numero de flores en agricultura de conservación con rastrojo se encontró un mayor numero de las dos variables a los 90 dde, debido a que a los 90 dde las plantas ya llegaron a su crecimiento optimo, así también para lograr un mayor número de vainas, flores y a su vez un crecimiento mayor en las plantas se logro con la adición de rastrojo al cultivo.

En el estudio de variable longitud de la raíz se obtuvo mayor longitud en la agricultura de conservación con rastrojo a los 90 dde debido a que a esos días las

plantas ya tienen un crecimiento mayor, aparte la adición de materia orgánica al suelo (rastrajo) ayudando al suelo a fijar mejor los nutrientes a las plantas.

En el estudio del número de hojas se obtuvo mayor longitud en la agricultura de conservación con rastrajo a los 90 dde debido a que las plantas en esos días de cultivo ya tienen un crecimiento mayor, aparte por la adición de materia orgánica al suelo (rastrajo) ayuda a tener más nutrientes para que pueda ser absorbido por las plantas.

En nuestro estudio de las variables peso de la planta y peso del follaje se obtuvo mayor longitud en la agricultura de conservación con rastrajo a los 90 dde debido a que a esa altura, las plantas ya tienen un crecimiento mayor aparte la adición de materia orgánica al suelo (rastrajo) ayuda a tener más nutrientes para que pueda ser absorbido por las plantas.

Es posible que en nuestro estudio aun el rastrajo de maíz no se ha integrado en una forma significativa por lo que no se ha reflejado en el contenido de nutrientes para la planta, por lo tanto las variables número de hileras por mazorca y número de mazorcas en plantas tratadas en agricultura de conservación sin rastrajo fueron mejores que las plantas con rastrajo.

13. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Y., J. PAOLINI, S. FLORES, Z. BENZO, M. EL ZAUHRE, L. TOYO Y A. SENIOR. 2003. EVALUACIÓN DE METALES PESADOS EN TRES RESIDUOS ORGÁNICOS DE DIFERENTE NATURALEZA. MULTICIENCIAS. 3(1):51-60.

ALBIACH, R., R. CANET, F. POMARES AND F. INGELMO. 2001. MICROBIAL BIOMASS CONTENT AND ENZYMATIC ACTIVITIES AFTER THE APPLICATION OF ORGANIC AMENDMENTS TO A HORTICULTURAL SOIL. BIORES.TECNOL. 75:43-48.

ANDERSON, J.P.E. "SOIL RESPIRATION", EN A.L. PAGE ET AL., EDS. METHODS OF SOIL ANALYSIS, PARTE 2. ASA Y SSSA, AGRONOMY MONOGRAPH 9, 1982, PP. 831-871.

ARTICULO AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN (1997) (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA)

BONMATI, M., H. PUJOLA, J. SANA, F. SOLIVA, M. FELIPO, M. GARAU AND P. BROOKES, P. 1995. THE USE THE MICROBIAL PARAMETERS IN MONITORING SOIL POLLUTION BY HEAVY METALS. BIOL. FERTIL. SOILS. 19:269-279.

BOCKMAN O. CHR., O. KAARSTAD, O. H. LIE E I. RICHARDS. 1993. AGRICULTURA Y FERTILIZANTES.

BURNS, R.G. 1978. ENZYME ACTIVITY IN SOIL: SOME THEORETICAL AND PRACTICAL CONSIDERATIONS. EN: BURNS, R.G. (ED.), SOIL ENZYMES. ACADEMIC PRESS LONDON, PP. 295-340.

BURNS, R.G. 1982. ENZYME ACTIVITY IN SOIL: LOCATION AND POSSIBLE ROLE IN MICROBIAL ECOLOGY. SOIL BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY 14, 423-427.

CASIDA, L. JR., D. KLEIN AND T. SANTORO. 1964. SOIL DEHYDROGENASE ACTIVITY. SOIL SCI. 98:371-376.

CASIDA, L.E. 1977. MICROBIAL METABOLIC ACTIVITY IN SOIL AS MEASURED BY DEHYDROGENASE DETERMINATIONS. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*. 34, 630-636.

CERÓN, L. Y L. MELGAREJO. 2005. ENZIMAS DEL SUELO: INDICADORES DE SALUD Y CALIDAD. ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA 10, 5-15.

DETERMINATION OF ENZYME ACTIVITIES IN CONTAMINATED SOIL, ROSA MARGESIN, REVISTA *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*, VOL. 4, NO. 3, NUEVA ÉPOCA, SEPTIEMBRE–DICIEMBRE 2008, ISSN 1870–8196.

DORAN, J.W. Y PARKIN, B.T. 1994. DEFINING SOIL QUALITY FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT. SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, INC. SPECIAL PUBLICATION. NUMBER 35. MADISON, WISCONSIN, USA.

DORAN, J.W. 2002. SOIL HEALTH AND GLOBAL SUSTAINABILITY, TRANSLATING SCIENCE INTO PRACTICE. AGRICULTURE ECOSYSTEMS AND ENVIRONMENT. 88, 119-127.

GARCIA, C., GIL, F., HERNANDEZ, T., TRASAR, C. 2003. *TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN SUELOS. MEDIDA DE ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS Y BIOMASA MICROBIANA*. EDITORIAL MUNDI-PRENSA. ESPAÑA

GARCIA-RUIZ, R., OCHOA, V., HINOJOSA, M.B., CARREIRA, J.A. 2008. SUITABILITY OF ENZYME ACTIVITIES

HERNÁNDEZ, W., J. ROJAS-ORDAZ, C. RIVERO, A. CENTENO Y J. PAOLINI. 2003. EFECTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA DESHIDROGENASA DE UN SUELO CULTIVADO CON MAÍZ (*ZEA MAYS*L.). REV. FAC. AGRO. (MARACAY) 29:171-181.

REEVES, D.W. NORTH DAKOTA STATE UNIVERSITY. COLEGIO DE POSTGRADUADOS. 1994. ADVANCE IN SOIL SCIENCE. LEWIS PUBLISHERS. USA. 1998. NDSU EXTENSION SERVICE. 1977. MÉXICO. COVER CROPS AND ROTATION. CROP ROTATION FOR INCREASED PRODUCTIVITY.

ING. FRANCISCO J. MORALES FLORES Y EL DR. MARIO R. MARTÍNEZ MENEZ. MANUAL DE CONSERVACION DE LOS SUELOS. ED. 2012

PINO, I., PEYRELONGUE A, Y BUNEDER. M 1996. EVALUACIÓN DE FUENTES NITROGENADAS (15N) EN TRES VARIEDADES DE TRIGO, EN UN ANDISOL Y ULTISOL DE LA IX REGIÓN. II PARÁMETROS ISOTÓPICOS Y USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES. AGRICULTURA TÉCNICA (CHILE) 56, 181-192.

PATRICK WALL, PETER HOBBS AND JAVIER EKBOIR, ED. AUGUST, 2004, ARTICULO CIMMYT

QUINTERO, M., PEDROZA A. Y MATIZ A. 2004. EVALUACIÓN DE UN PREFORMULADO SÓLIDO COMO ACELERADOR DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE EL COCUY. TRABAJO DE GRADO. FACULTAD DE CIENCIAS, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ. PP. 52-75.

ROCHETTE, P. Y HUTCHINSON, G.L. 2005. MEASUREMENT OF SOIL RESPIRATION IN SITU: CHAMBER TECHNIQUES, PP. 247-286. EN HATFIELD, J. Y BAKER, J.M., EDS. MICROMETEOROLOGY IN AGRICULTURAL SYSTEMS.

ROWELL, D. L. 1996. SOIL SCIENCE: METHODS AND APPLICATIONS. ADDISON WESLEY LONGMAN

STEVENSON, F. J. AND COLE M. A.. 1999. CYCLES OF SOIL. JOHN WILEY AND SONS, NEW YORK, UNITED STATES.

ZAGAL, E., RODRÍGUEZ N., VIDAL I. Y HOFMANN G.. 2003. EFICIENCIA DE USO Y DINÁMICA DEL NITRÓGENO EN UNA ROTACIÓN CON Y SIN USO DE RESIDUOS. AGRICULTURA TÉCNICA (CHILE) 63, 298-310.