



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

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“EFECTO DEL RASTROJO SOBRE LA DESHIDROGENASA DE SUELO EN
CULTIVO SIMPLE DE CANAVALIA (*ENSIFORMIS* L.) EN AGRICULTURA DE
CONSERVACIÓN”

DESARROLLADO POR
RUIZ VELAZQUEZ DIEGO ARMANDO
08270029

ASESOR
DR. JOAQUIN ADOLFO MONTES MOLINA

PERIODO
AGOSTO-DICIEMBRE 2012

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre del 2012

Índice		Pág.
I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	JUSTIFICACIÓN	7
III.	OBJETIVOS	8
	3.1 Generales	8
	3.2 Específicos	8
IV.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIOS ⁹	
V.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
	5.1 Alcances.....	10
	5.2 Limitaciones	10
VI.	FUNDAMENTO TEÓRICO	11
	6.1 Características fisicoquímicas del suelo.....	11
	6.1.1 Importancia de los microorganismos del suelo	12
	6.1.2 Concepto de “Calidad del suelo”.....	13
	6.1.3 Indicadores de calidad del suelo.....	14
	6.1.4 Condiciones que deben cumplir los indicadores de calidad del suelo	17
	6.1.5 Implicaciones de los agro-ecosistemas en la calidad del suelo	18
	6.2 Agricultura ecológica.....	19
	6.3 Agricultura de conservación.....	21
	6.3.1 Características de la agricultura de conservación.....	22
	6.3.2 Beneficios de agricultura de conservación.....	22
	6.3.3 Rastrojo en agricultura de conservación	23
	6.4 Agricultura convencional.....	24
	6.5 Actividad enzimática del suelo (deshidrogenasa)	29
	6.6 Canavalia (<i>Ensiformis L</i>).....	31
	6.6.1 Descripción	31
	6.6.2 Antecedente histórico	32
	6.6.3 Usos.....	32
	6.6.4 Toxicidad	33
	6.6.5 Adaptación.....	33
	6.6.6 Establecimiento.....	33
	6.6.7 Productividad, calidad de suelo y animal	34
	6.6.8 Principales factores anti nutricionales presentes en la Canavalia	34
VII.	METODOLOGÍAS.....	36
	7.1 Materia Prima	36
	7.2 Parámetros de suelo	36
	7.2.1 % de humedad.....	36
	7.2.2 Capacidad de retención de agua (CRA)	37

7.2.3	Potencial de hidrógeno (pH)	38
7.3	Medición de Clorofila	38
7.4	Actividad enzimática de la deshidrogenasa	38
7.4.1	Técnica de casida	39
7.4.2	Extracción y medición del 1, 3, 5-trifenilformazano	39
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
8.1	Diámetro del tallo de la plantas	40
8.2	Longitud de la planta	41
8.3	Largo del follaje	42
8.4	Números de hojas	43
8.5	Número de vainas	44
8.6	Peso del follaje	45
8.7	Peso de la planta	46
8.8	Peso de la raíz	47
8.9	Largo de la raíz	48
8.10	Determinación de clorofila	49
8.11	Número de mazorcas	50
8.12	Número de mazorcas dañadas	51
8.13	Número de mazorcas podridas	52
8.14	Número de plantas	53
8.15	Peso de 10 mazorcas	54
8.16	Peso de mazorca	55
8.17	Peso de grano de 10 mazorcas	56
8.18	Rendimiento	57
8.19	Determinación del CRA (t-0) profundidad de (0-20 cm)	58
8.20	Determinación del CRA año 1	59
8.21	Determinación de (pH) t-0 profundidad (0-20)	60
8.22	Determinación de (pH) año 1	61
8.23	Concentración de TPF µg/ml (t-0)	62
8.24	Concentración de TPF µg/m año 1	63
IX.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
X.	CONCLUSIÓN	66
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
XII.	ANEXOS	69

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema vivo, dinámico y no renovable, cuya condición y funcionamiento es clave para la producción de alimentos y para el mantenimiento de la calidad ambiental a escalas local, regional y global. 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 de los procesos edafológicos. 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. De entre ellas, destacan las actividades enzimáticas, que, actualmente, están siendo ampliamente estudiadas. La agricultura es, tal vez, en la actualidad, la actividad antropogénica que más perjudica de forma directa e indirecta, tanto en extensión como en temporalidad, al suelo, y, sin embargo, es la actividad con menores restricciones normativas. En este trabajo exponemos una breve revisión de algunos estudios que han abordado la medida de la calidad el suelo a través de distintos indicadores microbiológicos basados en actividades enzimáticas y el efecto de algunas prácticas de manejo sobre éstas. (ACOSTA, Y., J. PAOLINI 2005)

El término suelo se refiere a la sección exterior, poco compacta, de la superficie terrestre. Es la región en la que se sustenta la vida vegetal y de la cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrientes. Está formado principalmente por cinco componentes: materia mineral, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos; sus características fisicoquímicas determinan la naturaleza del medio en el cual se encuentran los microorganismos, afectando la composición de las comunidades microscópicas, tanto cuantitativa como cualitativamente. (Domínguez, V.A. 1997).

Los organismos del suelo participan en el ciclo del carbono, regulación del reciclaje, disponibilidad de los nutrientes para las plantas, mezcla de materiales inorgánicos para generar agregados en el suelo, aumento del agua de infiltración para reducir las pérdidas por erosión, interacción con microorganismos patógenos o beneficiosos, y en la descomposición de muchos contaminantes nocivos para el suelo.

La diversidad biológica de las especies es crucial para el mantenimiento de los ecosistemas, y comprende tres elementos interrelacionados: diversidad taxonómica, diversidad genética y diversidad funcional; ésta última entendida como el número, tipo, actividades y tasa a las cuales son utilizados una serie de sustratos por las comunidades microbianas.

La actividad bioquímica total del suelo está constituida por una serie de reacciones catalizadas por enzimas. Las enzimas son proteínas solubles, de naturaleza orgánica y estado coloidal, elaboradas por las células vivas, que actúan pendiente de estas, tienen poder catalítico específico y se destruyen por el calor húmedo a 100 °C.

De las enzimas determinadas en suelos, son las oxidorreductasas las más estudiadas dentro de las cuales se encuentran la deshidrogenasa, catalasa, peroxidasa, fenoloxidasa y glucoxidasa si bien también lo han sido otros grupos como las hidrolasas, liasas y transferasas.

En general, se ha demostrado ampliamente que las enmiendas orgánicas incrementan la actividad de las enzimas en el suelo, al menos que estas contengan ciertos contaminantes como metales pesados o compuestos orgánicos tóxicos en concentraciones inhibitorias. Estos compuestos contaminantes afectan negativamente la composición y la actividad de la microflora del suelo. Han indicado que la importancia del conocimiento de las actividades enzimáticas en los suelos deriva fundamentalmente del papel que juegan éstas en los procesos de degradación y evolución de la materia orgánica (MO). A esto se agrega el hecho

de que procesos como la mineralización y humificación de la MO se rigen en gran medida por reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis; de ahí la importancia del conocimiento de las oxidorreductasas.

La determinación de la actividad de la deshidrogenasa (ADH) es un reflejo de las actividades oxidativas de la microflora del suelo. Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo. (Doran, 2002; Gianfreda y Ruggiero, 2006)

Esta enzima es la encargada de la oxidación biológica de los compuestos orgánicos mediante el proceso de deshidrogenación.

La actividad enzimática del suelo en cultivos de canavalia *Ensiformis L.*, 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. 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 en análisis ambiental, como un indicador de contaminación y en biotecnología, como medida de la eficiencia de los tratamientos biológicos para remediar suelos impactados por diferentes contaminantes, incluyendo los hidrocarburos. (García-Ruiz *et al.*, 2008);

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

II. JUSTIFICACIÓN

La actividad humana, particularmente el manejo del suelo, es la mayor responsable de la degradación física, química y biológica del suelo. Modificando su nivel de calidad y causando un descenso en la capacidad de producir cosechas. Generalmente, la estimación de los efectos del manejo sobre la calidad del suelo ha estado basada en la medida de los contenidos del carbono y del nitrógeno del suelo, comparando estas medidas con las de un suelo de referencia que haya permanecido bajo vegetación clímax. Sin embargo, en la actualidad se considera que las propiedades biológicas son mucho más sensibles a los efectos del manejo que la propia materia orgánica. Ya que el manejo del suelo influye en los procesos microbianos que tiene lugar en el y en la calidad y cantidad de los residuos que entran en el suelo, su distribución espacial y temporal y altera los inputs de nutrientes. Desafortunadamente, el efecto del manejo afecta a veces de manera diferente a cada propiedad bioquímica.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del rastrojo sobre la de deshidrogenasa del suelo en cultivo simple de Canavalia (*Ensiformis L.*) en agricultura de conservación.

3.2 Objetivos específicos:

3.2.1 Evaluar el efecto del rastrojo en las variables de crecimiento del cultivo de Canavalia *Ensiformis L.*

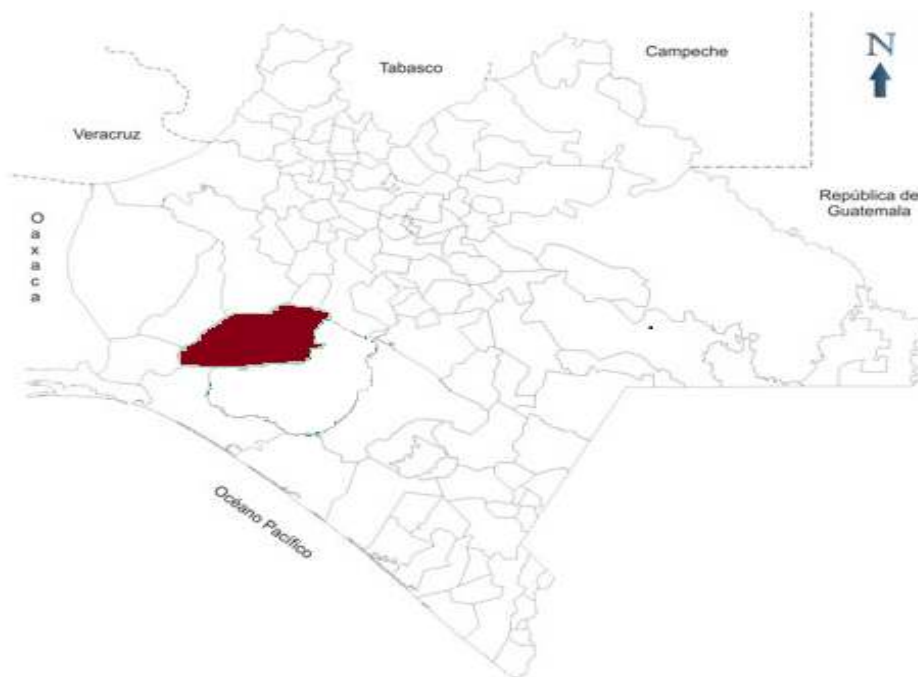
3.2.2 Evaluar el efecto del rastrojo sobre la actividad de la deshidrogenasa en suelos de cultivo de Canavalia *Ensiformis*.

IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La colecta de muestras de suelo, plantas de *Canavalia Ensiformis L.* se realizó en el rancho "guapinol" que está situado en el Municipio de Villaflores (en el Estado de Chiapas). Se ubica en la Región Socioeconómica VI FRAILESCA. Limita al norte con Ocozocoautla de Espinosa y Suchiapa, al este con Chiapa de Corzo y El Parral, al sur con Villa Corzo y Tonalá; y al oeste con Arriaga y Jiquipilas. Las coordenadas de la cabecera municipal son: 16°26'6.6" de latitud norte y 93°11'39.4" de altitud oriente.

Rancho guapinol está situado en el Municipio de Villaflores (en el Estado de Chiapas) tiene un clima caluroso húmedo, con una temperatura de 15 a 40 °C durante el año, con una precipitación pluvial de 600 a 1,500 mm, con lluvias de mayo a octubre (Protocolos y resultados de plataformas 2011).

Las determinaciones del suelo son: pH, Casida, capacidad de retención de agua (CRA), % de humedad. Se efectuaron en laboratorio para residentes y tesisistas ubicado en el edificio "F" en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).



V. ALCANCES Y LIMITACIONES

5.1 Alcances

En la realización de este proyecto se pretende observar la actividad enzimática de la deshidrogenasa en los suelo, todas estas con un tratamiento diferente, además verificar si existe una diferencia trabajar con una agricultura de conservación y convencional. Esto para determinar si el suelo presenta una buena calidad para el cultivo de Canavalia Ensiformis L.

5.2 Limitaciones

El escaso material y equipos dentro del laboratorio de ingeniería ambiental, La falta de reactivos para la prueba de casida y el acceso limitado a los laboratorios de fisicoquímica y microbiología para llevar a cabo algunas determinaciones dentro de los mismos.

VI. FUNDAMENTÓ TEÓRICO

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

Productividad del suelo para mejorar la producción vegetal y biológica. Calidad medioambiental: la disposición del suelo a atenuar los efectos de los contaminantes y patógenos en el medio ambiente. Relación que existe entre la calidad de un suelo y la salud de las plantas. Las propiedades bioquímicas del suelo son indicadores de la calidad del mismo, aunque estas no garantizan el uso que se le pueda dar. Generalmente las propiedades bioquímicas están vinculadas a los biociclos de los elementos (C, N, P y S), siendo utilizados para evaluar la calidad del suelo. Estas propiedades incluyen ambos parámetros bioquímicos generales (por ejemplo: biomasa microbiana, actividad de deshidrogenasa-C y potencial de mineralización-N) y específicos (Stores et al., 2005).

6.1 Características fisicoquímicas de los suelos

Tanto el suelo cultivado como el control están clasificados como suelos franco-arenosos, con una elevada tasa de reciclaje de nutrientes y una baja retención de agua. La temperatura en ambos favorece el crecimiento de microorganismos mesófilos, el pH de ácido a neutro favorece la actividad microbiana. La conductividad eléctrica es baja (0,08-0,10 mS/cm) influyendo en una disminución en la concentración de cationes Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} . El contenido de materia orgánica es bajo (0,40-0,49%) contribuyendo a una rápida remoción por parte de los microorganismos.

Los niveles de nitrógeno y fósforo son bajos, con una relación C:N:P para el suelo cultivado de 12:1:0,01 y de 16:1: 0,001 para el control, catalogándose como suelos muy erosionados, con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes. Las diferencias entre ambos suelos sólo se encuentran en la temperatura, pH y humedad.

Valores de las características fisicoquímicas de los suelos.

Variable	Suelo Cultivado	Suelo Control
Temperatura (°C)	31,35	39,18*
pH	6,76	6,33*
Humedad (%)	2,69	0,21*
Conductividad (mS/cm)	0,08	0,10
Materia orgánica (%)	0,40	0,49
Nitrógeno orgánico (%)	0,02	0,02
Fósforo aprovechable (ppm)	2,48	3,85
Sodio (Na ⁺) intercambiable (meq/100 g)	0,48	0,49
Calcio (Ca ⁺²) intercambiable (meq/100 g)	0,011	0,014
Magnesio (Mg ⁺²) intercambiable (meq/100 g)	0,016	0,014

6.1.1 importancia de los microorganismos del suelo.

Los microorganismos del suelo, son los componentes más importantes de este. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. En un solo gramo de tierra, encontramos millones de microorganismos beneficiosos para los cultivos. En desinfecciones severas, como las que se realizan en cultivos bajo plástico, anulamos muchos de estos microorganismos, que estaban de forma natural en el suelo.

En cierta medida, esta idea va paralela a la actual medicina en el hombre; ¿es bueno tomar un medicamento que nos anule aquellos microorganismos perjudiciales, pero... a la vez, elimine también aquellos que nos son beneficiosos? Estos microorganismos beneficiosos que se encuentran en el suelo, son bacterias,

actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal. (Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2010) 11(2), 155-164

6.1.2 El suelo. Concepto de “Calidad del suelo”.

El suelo cumple un papel fundamental en el equilibrio global de la tierra, ya que representa la interface entre la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Hace posible el crecimiento de las plantas al suministrarles anclaje, agua y nutrientes, y por ello la vida en el planeta en su forma actual. La vida y los medios de vida sobre la tierra, a nivel general, dependen de la capacidad del suelo para producir, de ahí la necesidad de mantener un equilibrio entre su explotación como recurso y el incremento de la población humana (consumidora de alimentos). La comunidad científica ha reconocido hace tiempo que la calidad de dos grandes recursos naturales como son el aire y el agua está siendo degradada por la actividad humana. El establecimiento en las normativas de índices que miden la calidad de éstos y de umbrales, no cabe duda, que han contribuido a minimizar el impacto de las actividades humanas sobre estos recursos. Sin embargo, la aceptación de la degradación del suelo por diferentes usos y prácticas de manejo es reciente, posiblemente por la elevada capacidad de amortiguación del suelo. Así, en la última década, ha sido cuando se ha empezado acuñar el concepto de calidad del suelo, siempre en relación a su productividad y fertilidad. Sin embargo, para mantener y gestionar la sostenibilidad del suelo, es preciso que la medida de su calidad se fundamente en criterios que engloben todas sus múltiples facetas. Esta misma idea fue expuesta por el presidente de la Soil Science Society of America Ad Hoc Committee on Soil Health, Darrell W. Nelson (1992), que propuso que en la definición de calidad del suelo se tengan en cuenta: (i) su capacidad de ser un elemento fundamental de los ecosistemas, (ii) ser medio para el desarrollo de plantas y animales, (iii) mantener y aumentar la calidad de aire y agua. (Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994).

6.1.3 Indicadores de calidad del suelo:

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Arshad y Coen, 1992). Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski *et al.*, 1998). Según Adriaanse (1993) los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996). Para Dumanski *et al.* (1998) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado *ad hoc* para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional. Tal posición no es compartida por los autores del presente trabajo, quienes sostienen que los indicadores que se empleen deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan, como lo ha sugerido Astier *et al.* (2002). Hünemeyer *et al.* (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir: (a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; (b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; (c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

Hay tres elementos implícitos en el concepto sostenibilidad: la dimensión económica, la social y la ecológica (Goodland y Daly, 1996; Hünemeyer *et al.*, 1997). La sostenibilidad ecológica se refiere a las características fundamentales para la supervivencia que deben mantener los ecosistemas a través del tiempo en cuanto a componentes e interacciones. La sostenibilidad económica implica la

producción a una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo, lo cual haga atractivo continuar con dicho manejo. Y, la sostenibilidad social aspira a que la forma de manejo permita a la organización social un grado aceptable de satisfacción de sus necesidades. El manejo sostenible puede, por lo tanto, significar distintas cosas según la función principal del recurso o del momento histórico en que se hace una evaluación. El desarrollo agrícola sostenible abarca las tres vertientes. No parece posible optimizar simultáneamente cada uno de los tres componentes de la definición anterior, lo más conveniente es definir ciertos límites aceptables para cada uno de ellos y optimizar primero uno, procurando que la intensidad de los otros dos se ubique en el límite aceptable para ese momento y condición particulares. Con el transcurso del tiempo, los tres objetivos deberían ir acercándose a los óptimos ideales para cada uno de los tres componentes. Por lo que para cada momento histórico o situación particular habría que buscar un equilibrio entre los tres objetivos del desarrollo sostenible. (Doran y Parkin, 1994).

La materia orgánica es una variable de "calidad" establecida en suelos agrícolas, pero ésta cambia lentamente y se precisan de muchos años para que se produzcan cambios medibles en la materia orgánica de un suelo debido a cambios en el manejo de éste en la actualidad, son las propiedades bioquímicas y biológicas las candidatas a ofrecer una mejor herramienta para medir calidad del suelo.

Los indicadores microbiológicos del suelo son aquellos relacionados directa o indirectamente con la estructura y función de los microorganismos. Éstos dan una medida integrada de la calidad del suelo, aspecto que no puede ser obtenido a través del análisis tradicional de variables físico-químicas tales como pH, capacidad de intercambio catiónico, etc.

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

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).

Al igual que en los otros sistemas vivos, la velocidad de la reacción catalizada por una enzima en el suelo es dependiente del pH, fuerza iónica, temperatura y presencia o ausencia de inhibidores (Burns R.G, 1982).

Las enzimas son relativamente resistentes a los procesos de desnaturalización por lo que es difícil extraerlas del suelo y, por tanto se estudian indirectamente midiendo su actividad, y expresándolas en cantidad de producto final por tiempo de incubación y gramo de suelo. (Ladd, J.N., 1978).

El papel fundamental que juegan las actividades enzimáticas (AE) en el suelo radica en que el funcionamiento de los ecosistemas no se puede entender correctamente sin la participación de los procesos enzimáticos (Overbeck J, 1991). Ya que están directamente implicadas en la transformación de las formas complejas de carbono de la materia orgánica a nutrientes fácilmente disponibles para las plantas, determinando así la pauta de gran parte de las transformaciones químicas que se producen en el suelo. (Stryer L., 1995).

Visser y Parkinson (1992) han sugerido que las propiedades biológicas y bioquímicas más útiles para determinar la calidad del suelo desde una perspectiva funcional, son aquellas relacionadas más íntimamente con el reciclado de nutrientes, porque proporcionan "información" sobre el estado funcional del suelo. De entre los indicadores microbiológicos, cabe destacar las AE relacionadas con el reciclaje del N, P, C y S, ya que, por un lado, nos proporcionan información sobre el estado microbiológico del suelo, y por el otro, sobre sus propiedades fisicoquímicas, siendo indicadores tempranos de cambios en la calidad del suelo. Además, responden rápidamente a perturbaciones gracias a su rápida adaptación

a las condiciones ambientales, y, por último, son relativamente fáciles y baratas de medir, lo que facilita su protocolización. (M.A. Aon y A.C. Colaneri, 2001)

Según su función, las enzimas del suelo más estudiadas son las oxidorreductasas (en particular, deshidrogenadas, catalasas y peroxidasas), y las hidrolasas (fosfatasas, proteasas y ureasa).

6.1.4 Condiciones que deben cumplir los indicadores de calidad del suelo

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones (Doran y Parkin, 1994):

a) describir los procesos del ecosistema, b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensitivas a variaciones de clima y manejo; e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

En virtud de que existen muchas propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold *et al.* (1997) plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo. Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo). La identificación efectiva de indicadores apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental.

La identificación es compleja por la multiplicidad de factores químicos, físicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en intensidad con respecto al tiempo y espacio (Doran *et al.*, 1996).

6.1.5 Implicación de los agro-ecosistemas en la calidad del suelo

La población humana se ha duplicado en los últimos 50 años. Actualmente nos encontramos cerca de 6.5 mil millones de habitantes y diferentes estimas acercan esa cifra a los 10-12.000 millones de habitantes en el año 2100. Con estas cifras es fácil pensar que la superficie del planeta dedicada a la agricultura será cada vez mayor, siendo necesaria una mayor eficiencia en la productividad. Estas formas de producción agrícola más eficientes, particularmente en los países industrializados del hemisferio norte, han originado problemas serios a las comunidades urbanas y rurales.

Su dependencia de la utilización extensa de productos agroquímicos, y la ampliación de la producción a medios frágiles, previamente no cultivados por su escasa rentabilidad económica, han dado lugar al deterioro de ambientes rurales, agotamiento de los recursos hídricos, erosión del suelo y empobrecimiento de la diversidad biológica, ya que los agro-ecosistemas se diferencian de los ecosistemas naturales por una fuerte simplificación estructural, la contaminación de alimentos con residuos de pesticidas, la despoblación de las comunidades rurales, y en definitiva, a la disminución de la calidad del suelo. Nunca la desertificación de los suelos agrícolas y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas han sido tan elevadas como lo son ahora. De hecho, según informes recientes de la FAO, la sobreexplotación y erosión de los recursos edáficos han originado ya la desertificación de gran parte de la Cuenca Mediterránea. Sorprendentemente, la agricultura sigue siendo aún una de las actividades productivas sometida a menor grado de restricciones ambientales, al compararla con otras actividades como la industria o el transporte.

El presente y futuro de la agricultura viene unido a aumentar la calidad de los productos, reducir los costes unitarios, hacer más eficaces los procesos productivos, acabar con la superada doctrina del incremento de los rendimientos, y de manera muy especial, la conservación del medio ambiente. Es por ello que la sostenibilidad de los agro-ecosistemas es un concepto de la más inmediata actualidad, como así lo atestiguan el 5º Programa de Acción Medioambiental de la Comisión Europea (Comisión of the European Communities, 1998. Directions towards sustainable agriculture, COM, 22 final, Brussels 17.01), la existencia de unas directrices europeas hacia una agricultura sostenible (Comisión of the European Communities, 1999. Directions towards sustainable agriculture, 22 final, IP/99/48), o que sea referencia en la Unión Europea para establecer nuevas estrategias de subvención a la agricultura de los países miembros. La Asociación Americana para la Conservación del Agua y del Suelo Agrícola de EEUU, definió la Agricultura Sostenible como: "El sistema de cultivo capaz de mantener la productividad y la utilidad de la agricultura para el hombre, de forma indefinida, basado en la conservación de los recursos, la competitividad comercial, el respeto al medio ambiente y que está firmemente apoyado por la sociedad". (Doran *et al.*, 1996).

6.2 Agricultura Ecológica

En la línea de estrategias agrícolas que persiguen una relación respetuosa con el medio que la sustenta, destacan la agricultura integrada, eco-compatible, alternativa o sustitutoria, y, por último, la agricultura ecológica, también llamada biológica u orgánica. Según el Reglamento del Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica (ORDEN del M.A.P.A. del 4 de octubre de 1989), basado en el Reglamento (CEE) 2092/91, la agricultura ecológica "...es un sistema agrario cuyo objeto fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra, mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos de

síntesis". Según las directrices del Codex alimentarius (CAC/GL 32.1997 punto 7), la agricultura ecológica debe tener, entre otros, los siguientes objetivos:

- ✓ Aumentar la diversidad biológica del sistema en su conjunto.
- ✓ Incrementar la actividad biológica del suelo.
- ✓ Mantener la fertilidad del suelo a largo plazo.
- ✓ Reutilizar los desechos de origen vegetal y animal a fin de devolver nutrientes a la tierra, reduciendo al mínimo el empleo de recursos no renovables.
- ✓ Basarse en recursos renovables y en sistemas agrícolas organizados localmente.
- ✓ Promover un uso saludable del suelo, el agua y el aire, y reducir al mínimo todas las formas de contaminación de estos elementos que pueden resultar de las prácticas agrícolas.

Actualmente, la superficie mundial de suelo con uso en agricultura ecológica ocupa más de 31 x 106 ha. De éstas, el 39% se encuentra en Australia, el 21% en Europa, el 20% en América del Sur, el 13% en Asia, el 4% en América del Norte y el 3% en África.

En la Unión Europea, la superficie cultivada de manera ecológica o en fase de conversión hacia la agricultura ecológica ha aumentado, pasando de unas 900.000 ha en 1993 a más de seis millones en la actualidad.

6.3 Agricultura de conservación

El objetivo de la agricultura de conservación es el de mantener y mejorar los rendimientos de los cultivos y de la capacidad de reacción del suelo contra la sequía y otros riesgos y al mismo tiempo proteger y estimular su funcionamiento biológico. Dos características esenciales de la agricultura de conservación son la no labranza y el mantenimiento de una cobertura de material vegetal, viva o muerta, sobre la superficie del suelo.

Los cultivos se siembran o se plantan a través de esta cobertura con equipos especiales. Sin embargo, si bien la no labranza es una característica especial de la agricultura de conservación, el no uso de la labranza no implica que sea agricultura de conservación. Cuando el agricultor labra la tierra al menos para un cultivo dentro de la rotación o no mantiene una cobertura permanente del suelo, no está haciendo agricultura de conservación.

La cobertura del suelo también inhibe la germinación de muchas semillas de malezas, minimizando la competencia de las mismas con el cultivo. En los primeros años, sin embargo, puede ser necesario aplicar herbicidas y hacer un relevamiento cuidadoso de las malezas presentes. La agricultura de conservación también implica la planificación de las secuencias de los cultivos para varias temporadas, para minimizar el aumento de enfermedades y plagas y para optimizar el uso de los nutrientes de las plantas por medio de la sinergia entre los diferentes cultivos, alternando las especies de raíces superficiales con aquellas de raíces profundas. Está permitido, en estas condiciones, el uso continuo de la tierra.(FAO, 2005).

6.3.1 Características de agricultura de conservación

La Agricultura de Conservación no es un paquete tecnológico; por el contrario, es una técnica nueva que se basa en tres principios: dejar el rastrojo en la superficie del suelo, realizar rotación de cultivo con el mínimo movimiento de suelo, que se deben manejar en conjunto y practicar según las condiciones de cada localidad (enlace 2010).

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

6.3.2 Beneficios de la agricultura de conservación

Los beneficios de la agricultura de conservación incluyen características agroambientales. La pérdida de nutrientes puede ser minimizada por medio del uso apropiado de cultivos de cobertura de raíces profundas que reciclan los nutrientes lixiviados de la capa superior del suelo, el manejo de la humedad y una mejor recolección, almacenamiento y aplicación de los residuos de los cultivos, del ganado y de las viviendas (residuos de la alimentación). Los nutrientes que son cosechados y removidos pueden ser reemplazados por medio de la fijación simbiótica del nitrógeno, la materia orgánica o el uso complementario de fertilizantes y suplementos alimenticios.

El manejo de las plagas también puede obtener beneficios de las prácticas de conservación que fortalecen la actividad y la diversidad biológica y, por lo tanto, los competidores y los predadores así como otras fuentes alternativas de alimentos. Por ejemplo, la población de muchas especies de nematodos – especialmente los patógenos– pueden ser reducidas significativamente por la

aplicación de materia orgánica, la cual estimula la acción de varias especies de hongos que atacan los nematodos y sus huevos.

6.3.3 Rastrojo en agricultura de conservación

El manejo de los rastrojos en suelos tratados bajo la técnica cero labranza, ha permitido no sólo aumentar los niveles de materia orgánica sino consecuentemente mejorar las características físicas, químicas y biológicas de estos mismos. La cero labranza, al dejar la totalidad de los rastrojos sobre la superficie, crea condiciones de mayor humedad, lo que aumenta la capacidad calórica del suelo e induce menores temperaturas en el suelo en comparación al sistema tradicional, moderando las fluctuaciones a través de las estaciones de crecimiento. Las temperaturas en labranza tradicional presentan una tendencia a ser mayores que en cero labranza en todas las profundidades, pero la diferencia tiende a disminuir con el aumento de la profundidad. Una temperatura más uniforme a lo largo del año, permite mantener activa la población de organismos y microorganismos del suelo, evitando períodos de latencia por bajas temperaturas como puede ocurrir en un sistema de labranza tradicional. De este modo, se obtiene una descomposición más rápida de los rastrojos provenientes de los distintos cultivos. El contenido de humedad aprovechable para las plantas presenta una tendencia a ser mayor en cero labranza que en labranza tradicional, principalmente en 2-5 cm de profundidad. Existe un aumento de agua que infiltra en el suelo, un menor escurrimiento superficial y una menor evaporación superficial. El agua permanece almacenada por más tiempo en el perfil a disposición del cultivo, permitiendo un uso más eficiente de la humedad aprovechable, factor importante en la obtención de mayores rendimientos en los cultivos. Por otro lado, el aumento de la materia orgánica y la consecuente disminución de la densidad aparente del suelo, permite disponer de un mayor volumen o espacio, almacenando más agua y reteniéndola por un tiempo más prolongado (Reyes, 2002).

6.4 Agricultura convencional

El objetivo de este tipo de agricultura han sido generalmente la maximización de los rendimientos, minimizar la inestabilidad entre cada año y prevenir a largo plazo la pérdida de la capacidad productiva del sistema agrícola.

En la agricultura convencional, la labranza del suelo es considerada una de las operaciones más importantes para crear una estructura favorable del suelo, preparar el lecho de las semillas y controlar las malezas. Pero los implementos mecánicos, especialmente aquellos arrastrados por tractores destruyen la estructura del suelo al reducir el tamaño de los agregados; actualmente, los métodos de labranza convencional son la mayor causa de pérdida del suelo y de desertificación en muchos países en desarrollo. La erosión del suelo inducida por la labranza puede llegar a generar pérdidas de suelo de más de 150 t/ha anuales y la erosión del suelo, acelerada por el viento y el agua, es responsable por el 40 por ciento de la degradación universal de la tierra.

El aumento creciente de la mineralización de la materia orgánica del suelo resultante del cultivo continuo puede acarrear, a corto plazo, incrementos de rendimiento, pero a largo plazo, la vida y la estructura del suelo resultan perjudicadas. La labranza profunda daña la población de lombrices de tierra y otros organismos del suelo; los puede directamente matar, destruir sus galerías, reducir la humedad del suelo y la cantidad y disponibilidad de sus alimentos. Otras prácticas inadecuadas de manejo de la tierra tal como el uso de ciertos pesticidas y algunos fertilizantes inorgánicos, especialmente el sulfato de amonio, también pueden ser perjudiciales para la vida en el suelo. Todas estas prácticas dan lugar a una menor vida en el suelo y a una reducción de la materia orgánica que son importantes para los ciclos del oxígeno, del agua y de los nutrientes, incluyendo la retención de humedad, la infiltración del agua y la nutrición de las plantas.

De esta manera el suelo se vuelve vulnerable a la compactación la cual a su vez reduce la tasa de infiltración de agua y la capacidad de almacenamiento. Uno de los resultados es un mayor flujo de agua a través del suelo desnudo induciendo la escorrentía y la pérdida de agua depositada en el suelo y, en definitiva, una posterior pérdida del potencial productivo.

La continua degradación del suelo está poniendo en peligro la seguridad alimentaria y el bienestar de millones de familias de agricultores en todo el mundo. Las principales causas no incluyen solo la preparación intensiva del suelo con azadas o arados sino también la deforestación, la remoción o la quema de los residuos, un manejo inadecuado de las tierras de pastoreo y rotaciones incorrectas que no mantienen la cobertura vegetativa y que no permiten la restitución adecuada de la materia orgánica y los nutrientes de las plantas. Estas prácticas dejan el suelo expuesto a los peligros climáticos como el viento, la lluvia y el sol.

De este modo, el uso intensivo y continuo del arado ha demostrado ser inadecuado en varias zonas climáticas. Muchos agricultores han sido inducidos a reconsiderar la labranza y sus efectos. Los sistemas de labranza conservacionista se desarrollaron para proteger el suelo y reducir la erosión. La presión económica, en algunos países ha llevado al desarrollo de sistemas de labranza reducida o mínima. Una característica común de esos sistemas es la eliminación o el uso mínimo del arado. La labranza del suelo puede sin embargo ser usada para aflojarlo y para mezclar sus componentes, pero para esto es preferible usar los arados de cincel que dejan la mayor parte de los residuos de los cultivos sobre o cerca de la superficie de modo de no exponer el suelo desnudo al viento y a la lluvia.

La intensificación sostenible de la producción de cultivos es posible en la actualidad en áreas no mejoradas o degradadas. Se ha acumulado evidencia empírica de que la agricultura de bajos insumos -pero no necesariamente cero-

puede ser altamente productiva, siempre que los agricultores participen plenamente en todas las etapas del desarrollo tecnológico y de la extensión. Esta evidencia indica que la productividad de las tierras agrícolas y de pastoreo es una función de la capacidad y habilidad humana y de los procesos físicos y biológicos de la naturaleza.

Esto ha llevado a lo que ha dado en llamarse agricultura de conservación. Hay tres criterios interrelacionados que distinguen la agricultura de conservación de un sistema de agricultura convencional: labranza reducida o cero, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos. La biomasa producida por el sistema se mantiene sobre la superficie del suelo y sirve como protección física del mismo y como sustrato de la fauna del suelo. De esta forma, la mineralización se reduce y la materia orgánica del suelo se mantiene o aumenta. La labranza mecánica es evitada de modo de mantener las interacciones existentes entre la flora y la fauna del suelo, las cuales son necesarias para liberar los nutrientes de las plantas. Una rotación variada de cultivos es necesaria para evitar plagas y enfermedades y mejorar las condiciones del suelo.

El objetivo de la agricultura de conservación es el de mantener y mejorar los rendimientos de los cultivos y de la capacidad de reacción del suelo contra la sequía y otros riesgos y al mismo tiempo proteger y estimular su funcionamiento biológico. Dos características esenciales de la agricultura de conservación son la no labranza y el mantenimiento de una cobertura de material vegetal, viva o muerta, sobre la superficie del suelo. Los cultivos se siembran o se plantan a través de esta cobertura con equipos especiales. Sin embargo, si bien la no labranza es una característica especial de la agricultura de conservación, el no uso de la labranza no implica que sea agricultura de conservación. Cuando el agricultor labra la tierra al menos para un cultivo dentro de la rotación o no mantiene una cobertura permanente del suelo, no está haciendo agricultura de conservación.

La cobertura del suelo también inhibe la germinación de muchas semillas de malezas, minimizando la competencia de las mismas con el cultivo. En los primeros años, sin embargo, puede ser necesario aplicar herbicidas y hacer un relevamiento cuidadoso de las malezas presentes. La agricultura de conservación también implica la planificación de las secuencias de los cultivos para varias temporadas, para minimizar el aumento de enfermedades y plagas y para optimizar el uso de los nutrientes de las plantas por medio de la sinergia entre los diferentes cultivos, alternando las especies de raíces superficiales con aquellas de raíces profundas. Está permitido, en estas condiciones, el uso continuo de la tierra.

Hay un número creciente de experiencias de los beneficios de la agricultura de conservación, tanto en la agricultura mecanizada como en la agricultura no mecanizada, sobre decenas de millones de hectáreas de pequeños y grandes agricultores, en climas templados y tropicales, que sugieren que son posibles aún grandes mejoramientos en una agricultura efectivamente conservacionista. Estas prácticas serán aceptables para los agricultores si son económicamente eficientes a corto plazo.

Los sistemas de agricultura de conservación que se discuten en esta publicación han demostrado ser efectivos para explotar los recursos naturales en los que están basados sin degradarlos, y en algunos casos permitiendo su restauración. Cada caso hace referencia a las interacciones y a la complementariedad que existe entre los conocimientos científicos y la práctica, los factores del mercado, los contextos sociales y políticos y las inversiones públicas y privadas. Los casos discutidos son ejemplos de una serie de amplias circunstancias encontradas en América Latina y África. En todos los casos se trata de agricultura de secano y comprenden un amplio rango de países de ingresos bajos o medios con condiciones físicas y económicas contrastantes. El conjunto de casos comprende solo operaciones en pequeña escala. Algunas se han desarrollado en respuesta a cambios macroeconómicos y de mercado; a menudo los cambios de la

infraestructura física y social han sido importantes, pero en todos los casos la condición necesaria para el cambio ha sido que los principios de los sistemas físicos, químicos y biológicos subyacentes han sido comprendidos y respetados por los agricultores.

6.5 Actividad enzimática en el suelo (Deshidrogenasa)

Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo. Pertenecen al grupo de las oxidorreductasas, es decir, a las enzimas que remueven electrones (oxidan) o añaden electrones (reducen) a varios sustratos. La principal actividad de las deshidrogenasas es eliminar átomos de 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 oxígeno y el carbono, en las posiciones en las que antes estaba presente un grupo hidroxilo (OH) (Acosta y Paolini 2005).

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

Estas enzimas intervienen en los procesos de descodificación y en el metabolismo de la vitamina A. 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 (Acosta y Paolini.,2005).

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

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

6.6 Canavalia *Ensiformis* L.

Esta planta leguminosa es originaria de América tropical y se cultiva en el Perú en costa, sierra y selva hasta los 1,800 msnm. Este vegetal sirvió de alimento a las culturas prehispánicas de la costa, ello se evidencia en el hallazgo de semillas, encontradas en fardos funerarios Paracas y en sitios arqueológicos del valle del río Chillón.

Nombre científico: Canavalia Ensiformis Familia: Fabáceas.
Nombres comunes: Pallar del gentil, frejolón.

6.6.1 Descripción

Descripción: Altura 0.6-1m; **raíces** pivotantes; **tallos** poco ramificados, glabros, de color púrpura, hasta 10 m de largo, volviéndose duros en la madurez; **hojas** trifoliadas, foliolos grandes, ovados a elíptico-ovados, muy acuminados en el ápice, hasta 20 x 10 cm, glabros, verdes oscuros, brillantes, venas bien marcadas; inflorescencia colgante, hasta 30 cm de largo con 10-20 flores en abultamientos; flores grandes, 2,5 cm de largo, de color violáceo, rosado o blanco con base roja, cáliz tubuloso con los dientes muy desiguales, estandarte hasta 2.8 cm de largo, quilla recurvada hacia arriba; fruto hasta 30 x 3,5 cm, ensiforme, aplastado, algo recurvado, rostrado, con 2 o 3 costillas longitudinales cerca de la sutura superior, indehiscente; semillas 12-20, oblongas a redondas, algo aplastadas, 21 x 15 x 10 mm, lisas, blancas con un hilo largo de color café rodeado de una zona color castaño.

Zona Agroecológica:

Temperatura °C	Precipitación mm/año	Altura msnm	Tolerancia a...			
			...sequía	...inundación	...sombra	...quema
15-30	640-4200	0-1800	excelente	moderada	buena	
opt. 15-28	opt. 900-1200	opt. 0-900				

6.6.2 Antecedentes históricos:

Se han hallado restos de canavalia, en sitios arqueológicos de la costa peruana. Dentro de fardos funerarios Paracas, se encontraron semillas de canavalia amarilla con puntos marrones o grises, depositados en mates o platos, junto a maíces, yucas y maníes. En Nazca se hallaron frijoles de canavalia en las excavaciones de Cahuachi y La Estaquería. En 1934, los investigadores Yacovleff y Herrera descubrieron semillas de canavalia en el valle del Chillón.

6.6.3 Usos

Las semillas secas y maduras de canavalia pueden ser utilizadas en la alimentación humana, necesitan hervirse varias horas para que ablanden. Sirve como abono verde porque fertiliza los suelos, es nitrogenante. También es un excelente forraje para los animales. Las semillas tostadas son un buen sustituto del café.

Los granos poseen una alta proporción de aminoácidos esenciales, a excepción de triptófano. Se comen cuando están maduros y las vainas y semillas inmaduras, al igual que las hojas que se consumen como verdura. Además, se puede incorporar en la dieta humana en forma de harina, pastas y galletas. En todos los casos, hay que asegurar un procesamiento adecuado para reducir riesgos de intoxicación.

También se usa en productos farmacéuticos. Es una fuente industrial de lectinas y ureasa. El efecto hematoaglutinante de la concanavalina A es utilizado para la caracterización de tipos de sangre en humanos. La ureasa es una enzima termolábil que cataliza la hidrólisis de la urea. Se extrae de las semillas con el propósito de usarla en laboratorios analíticos como reactivo para determinar las concentraciones de urea. La semilla actúa como repelente muy eficaz para el control de babosas (*Sarasinula plebeia*). Las hojas controlan los zompopos (*Atta* sp., *Acromyrmex* sp.) matando al hondo alimenticio que ellos cultivan.

6.6.4 Toxicidad

Las semillas contienen factores anti nutricionales, como un aminoácido libre, canavanina, y las proteínas concanavalina A y B. La canavanina es similar al aminoácido esencial arginina y ocasiona la sustitución de éste en las proteínas, lo cual puede ser la causa de su efecto tóxico. Es soluble en agua y, por lo tanto, puede ser lavado mediante remojo de las semillas. La concanavalina A es una lectina con actividad hematoaglutinante; además, interfiere en la capacidad de absorción de nutrientes de los intestinos, ya que destruye las células de la mucosidad intestinal. Los granos requieren remojo prolongado antes de cocerlos. Para disminuir el riesgo de toxicidad, se recomienda eliminar la cáscara, cociendo un poco las semillas, escurriéndolas, quitando la mayor parte de la cáscara y, finalmente, terminando de cocerlas en agua. También se detoxifica por fermentación. (*Claudino Monegat. 1991*).

6.6.5 Adaptación

Crece bien hasta una altura de 900 m.s.n.m, precipitación alrededor de 900 - 1200 mm. Tolera la sequía, la sombra y moderadamente inundaciones. Crece en suelos pobres con poco contenido de P; textura arenoso-franco a arcillosa con pH 4.3 – 8.0.

6.6.6 Establecimiento

Germinación rápida de 2 a 3 días. Para abono verde/cobertura se siembra en surcos de 50 cm de distancia y 20 cm dentro del surco (150 – 180 kg/ha). Asociado con cultivos 4 plantas/m² (65 – 70kg/ha). Para producción de semillas se siembra en surcos de 1m de distancia y 20 cm entre plantas (65 – 100 kg/ha). Profundidad de siembra 2 – 5 cm y escarificada.

6.6.7 Productividad, calidad de suelo y animal

Produce de 3 – 7 t de MS/ha por año. Proteína cruda en el follaje de 13 – 21 %, y digestibilidad de 62 %. La alta productividad de biomasa incorporada como abono verde mejora la calidad del suelo y aumenta los rendimientos de los cultivos.

6.6.8 Principales factores anti nutricionales presentes en la Canavalia

Es bastante reconocido el hecho de que en las leguminosas crudas se encuentran varios factores limitantes que disminuyen su potencial nutricional (Van der Poel, 1990). Al igual que en la mayoría de los granos leguminosos, la canavalia posee algunos granos anti nutricionales, los cuales determinan una respuesta productiva baja en animales no rumiantes cuando los granos se incluyen en forma cruda en las raciones. En canavalia se señalan los siguientes factores antinutricionales: concanavalina A (lectina), canavanina (aminoácido no proteico), canatoxina (proteína tóxica), ureasa (enzima), y factores anti-proteolíticos (inhibidores de enzimas). En esta oportunidad nos referiremos a los dos primeros considerados los más importantes,

Concanavalina A (Con A)

La con A es una proteína de tipo globular clasificada como lectina, con relativa alta solubilidad en soluciones salinas débiles, termolabil, que forma un 30% de nitrógeno total del grano de canavalia (Escobar et al., 1984). La con A ha sido aislada e identificada como la principal causa en la reducción del consumo de alimento en aves, este efecto está asociado con la capacidad hemaglutinante de la dieta y es dependiente de la capacidad de unión de esta lectina con los carbohidratos, tal vez involucrando los grupos glicosilados de las proteínas y lípidos de las células intestinales

2. Canavanina Es un aminoácido no proteico presente en forma libre, ha sido aislado en aproximadamente 1200 plantas leguminosas donde es a menudo el principal aminoácido libre (Bell et al., 1978).

Es el aminoácido no proteico de mayor importancia presente en la canavalia, representa entre el 3 y 5% del peso seco del grano de canavalia maduro (Escobar et al., 1984). Es un análogo estructural de la arginina, soluble en agua y resistente al calor. Los efectos biológicos adversos de las canavanina, al parecer resultan principalmente de su condición de análogo estructural de la arginina, lo cual le permitiría actuar como antagonista metabólico de este aminoácido proteico.

La canavanina ha sido señalada como uno de los responsables conjuntamente con la Con A del bajo valor nutricional de los granos crudos de canavalia en aves.

VII METODOLOGÍA

7.1 Materia prima

Las muestras de suelos en plantas de Canavalia Ensiformis L, fueron proporcionadas en el rancho “Guapinol”, ubicado en el municipio de Villaflores, Chiapas; en el cual se recolectaron muestras de suelo antes y después de la cosecha para observar la variación de cada análisis a las que fueron sometidos dichas muestras.

Se recolectaron 36 muestras de suelo las cuales fueron analizadas cada una por triplicado, el terreno estaba dividido en bloques y parcelas para ser exacto contábamos con tres bloque cada uno con 4 parcelas. También realizamos medición de clorofila se midieron 5 plantas por cada parcela, tomando como referencia 3 hojas por planta, las hojas fueron seleccionadas ya que solo podíamos medir las que presentaban una coloración verde intensa y registrar los resultados, este experimento se llevo a cabo antes de la cosecha.

7.2 Parámetros de suelos

7.2.1 % de humedad

Esto es de importancia debido a que en el suelo el contenido de humedad puede variar ampliamente en función de tiempo mientras que el peso seco es constante a través del tiempo. En análisis microbianos, el contenido de humedad es usualmente reportado como el porcentaje de humedad relativa, el cual es igual a la masa de agua por unidad de masa de suelo seco al horno. Este se define como:

$$\% = (m - d / m) * (100)$$

Donde m es la masa de suelo húmedo antes del secado y d es la masa de suelo luego de secado al horno.

La disponibilidad de agua a los microorganismos es una función de cuan fuertemente enlazada está el agua a partículas de suelo. Por lo tanto, es preferible expresar la humedad de suelo en términos del potencial de agua (este parámetro no se medirá en este ejercicio). El contenido de humedad también puede influenciar la disponibilidad de oxígeno en suelo debido a que O_2 es poco soluble en agua.

Se tomaron 5 g de muestra de suelo por triplicado, utilizando cajas petry de cristal y se introdujeron en el horno durante 24 horas con un rango de temperatura de $120^{\circ}C$.

7.2.2 Capacidad receptora de agua (CRA)

La obtención del parámetro CRA fue realizada mediante un modelo con bases físicas que estima la cantidad de agua que contendrá un suelo a su capacidad de campo en condiciones naturales, esto es, teniendo en cuenta las condiciones de drenaje, que influyen sobre el retardo en la evacuación del agua gravitacional que ocupa los macro poros del suelo (*Gandullo, 1985*).

Utilizando embudos, papel filtro previamente pesados en una balanza analítica y después agregándoles 10 g de muestra de suelo, se les adiciono 100 ml de agua destilada y se dejo filtrando en un periodo de 24 horas, utilizando un papel filtro como blanco para tener una referencia, fueron tapadas todas las muestras con papel aluminio para evitar la evaporación del agua, después de haber transcurrido las 24 horas, pesar las muestras y por diferencia de pesos, obtener los resultados.

7.2.3 Potencial de hidrogeno (pH)

La acidez de un suelo depende, pues de la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ pH se define como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración de H^+ : $pH = -\log_{10} [H^+]$. Es un elemento de diagnostico de suma importancia, siendo el efecto de una serie de causas y a su vez, causa de muchos problemas agronómicos.

El pH del suelo es generalmente considerado adecuado en agricultura si se encuentra entre 6 y 7. En algunos suelos, incluso con un pH natural de 8, pueden obtenerse buenos rendimientos agropecuarios.

En vasos de precipitado fueron agregados 5 g de muestra de suelo y se le adiciono 10 ml de agua destilada, el cual fue mezclado para una mejor homogeneidad durante 10 minutos y dejando reposar por 30 minutos, se tomo lectura del pH, utilizando un pH metro manual.

7.3 Medición de clorofila

La clorofila es una biomolécula extremadamente importante, crítica en la fotosíntesis, proceso que permite a las plantas absorber energía a partir de la luz. son una familia de pigmentos de color verde que se encuentran en las cianobacterias y en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células, lo que incluye a las plantas y a los diversos grupos de protistas que son llamados algas.

Usando la ayuda de un clorofilo metro (SPAD), se midieron 5 plantas por cada parcela, tomando como referencia 3 hojas por planta, tomando en cuenta las que tuvieran la coloración verde más intensa y registrar los resultados, este experimento se llevo a cabo antes de la cosecha,

7.4 Actividad enzimática de la deshidrogenasa

7.4.1 Técnica de casida

Se pesan, por separado, tres porciones de suelo de 2 g c/u 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, posteriormente la muestra es mezclada en el vórtex. Los tubos con muestra son incubados durante 24 h a 37 °C. (este procedimiento debe realizarse con luz difusa).

7.4.2 Extracción y medición del 1, 3, 5-trifenilformazano

Después de haber transcurrido las horas de incubación, el TPF formado por la reducción del TTC se extrae en un embudo de separación con 5 ml de metanol, 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 y se afora hasta un volumen final de 50 ml. Se analizan las muestras en el espectrofotómetro a una longitud de onda 485 nm, usando metanol como blanco.

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

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

Controles

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

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Variables de crecimiento en cultivos de canavalia *Ensiformis L.*

8.1 Diámetro de plantas

A continuación se muestran en la figura 1 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, diámetro del tallo de las plantas (pplas), expresado en milímetros (mm), en las plantas de canavalia *Ensiformis L.* con los diferentes tratamientos.

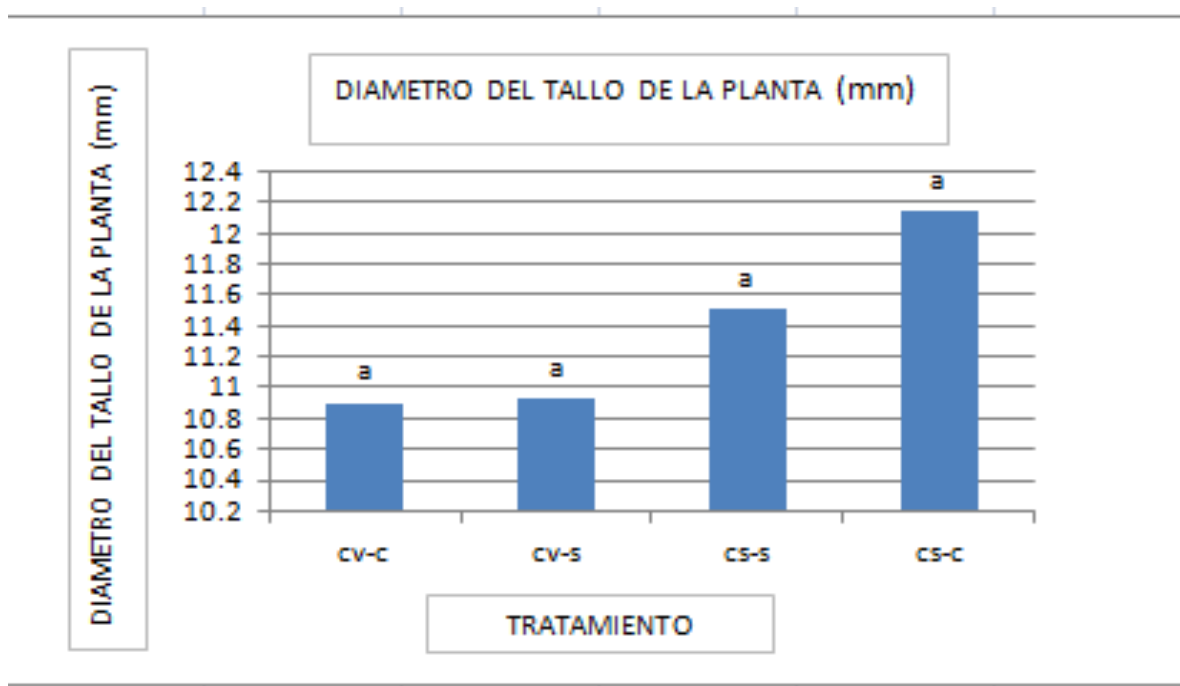


Figura 1.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia *Ensiformis L.*, para el diámetro del tallo por planta por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del diámetro del tallo de las plantas de canavalia *Ensiformis L.*, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor por un 12.9% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, ambos son aceptables.

8.2 Longitud de las plantas

A continuación se muestran en la figura 2 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de longitud de las plantas (pplas), expresado en centímetros (cm), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

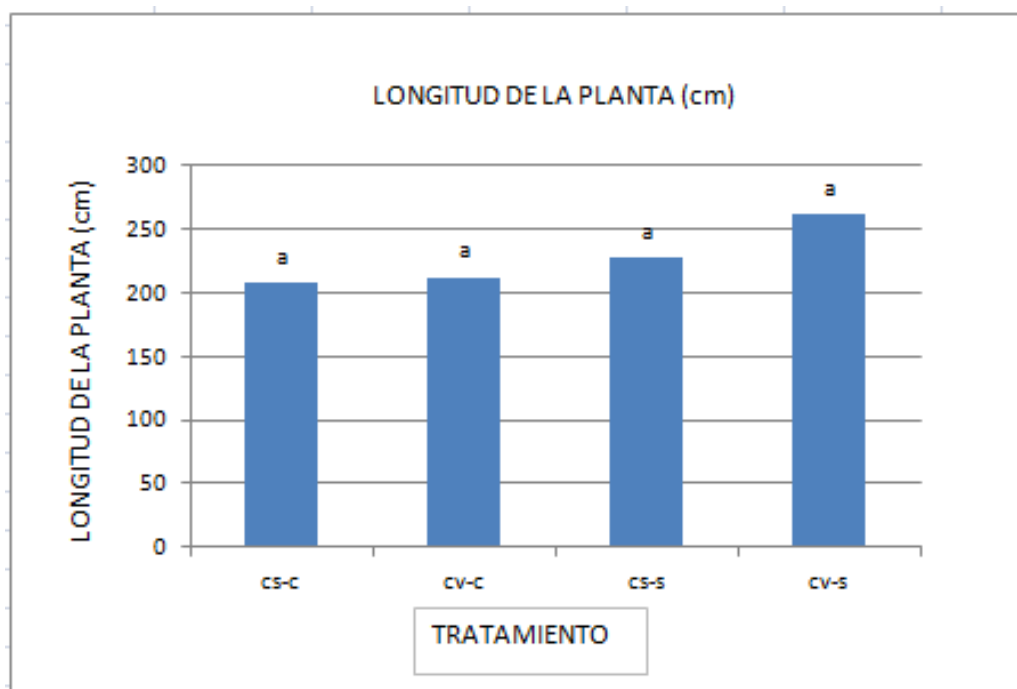


Figura 2.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para la longitud de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En los resultados de longitud de las plantas en los cultivos de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo fue mayor por un 19.24% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo, ambos son aceptables.

8.3 Largo del follaje de la planta

A continuación se muestran en la fig. 3 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable (largo del follaje de las plantas) (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

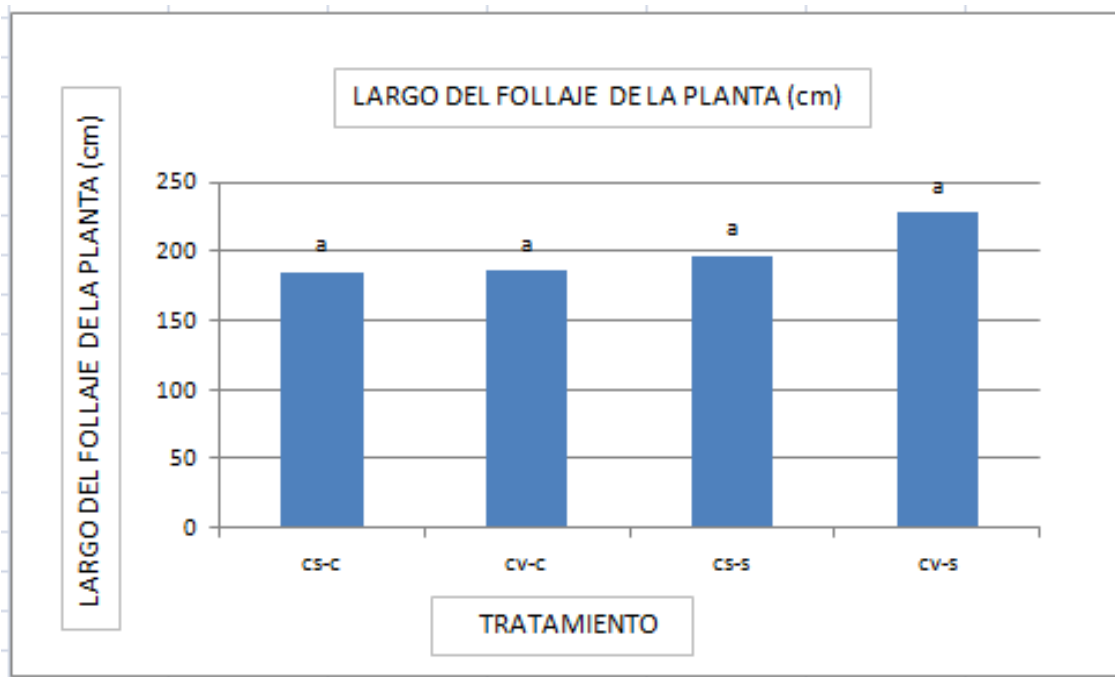


Figura 3.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el follaje de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable largo del follaje de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo fue mayor con un 13.64% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo. Ambos son aceptables.

8.4 Numero de hojas

A continuación se muestran en la fig. 4 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de numero de hojas de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

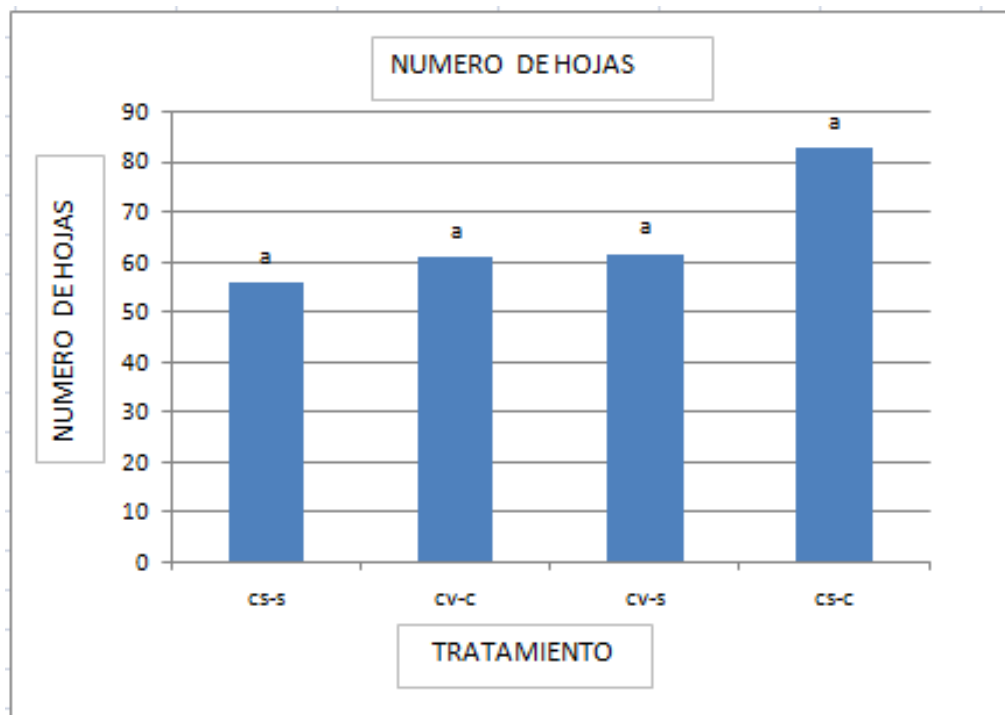


Figura 4.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el numero de hojas de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de numero de hojas de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 31.25% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo. Ambos son aceptables.

8.5 Numero de Vainas

A continuación se muestran en la fig. 5 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de numero de vainas de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

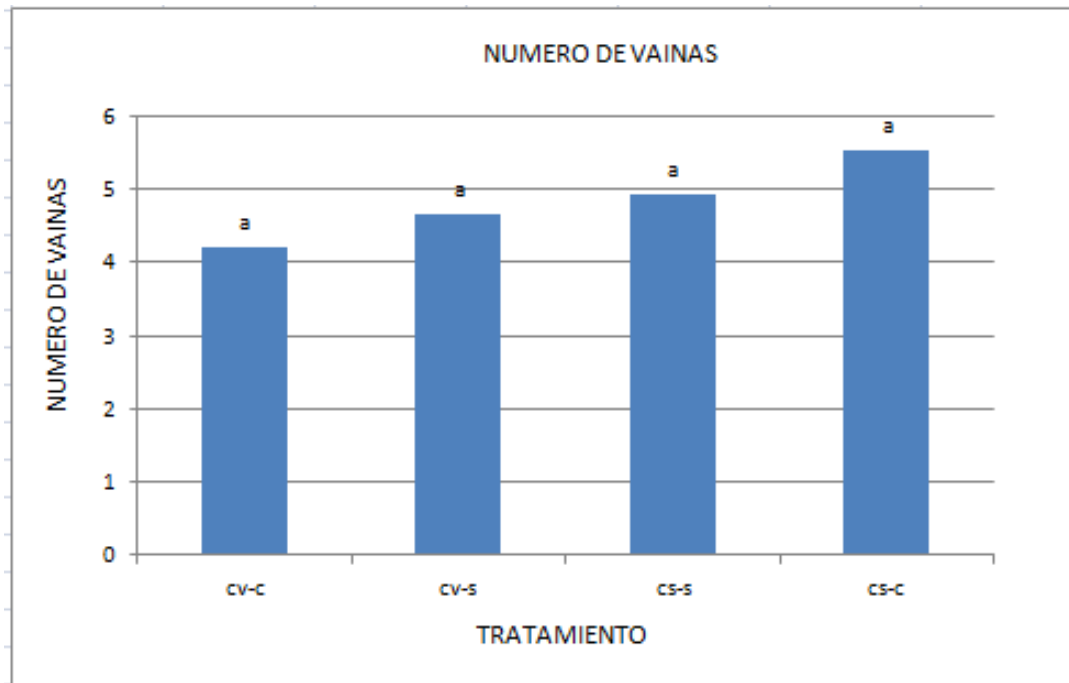


Figura 5.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el numero de vainas de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de número de vainas de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 20% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo. Ambos son aceptables.

8.6 Peso del follaje

A continuación se muestran en la fig. 6 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento del peso del follaje de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

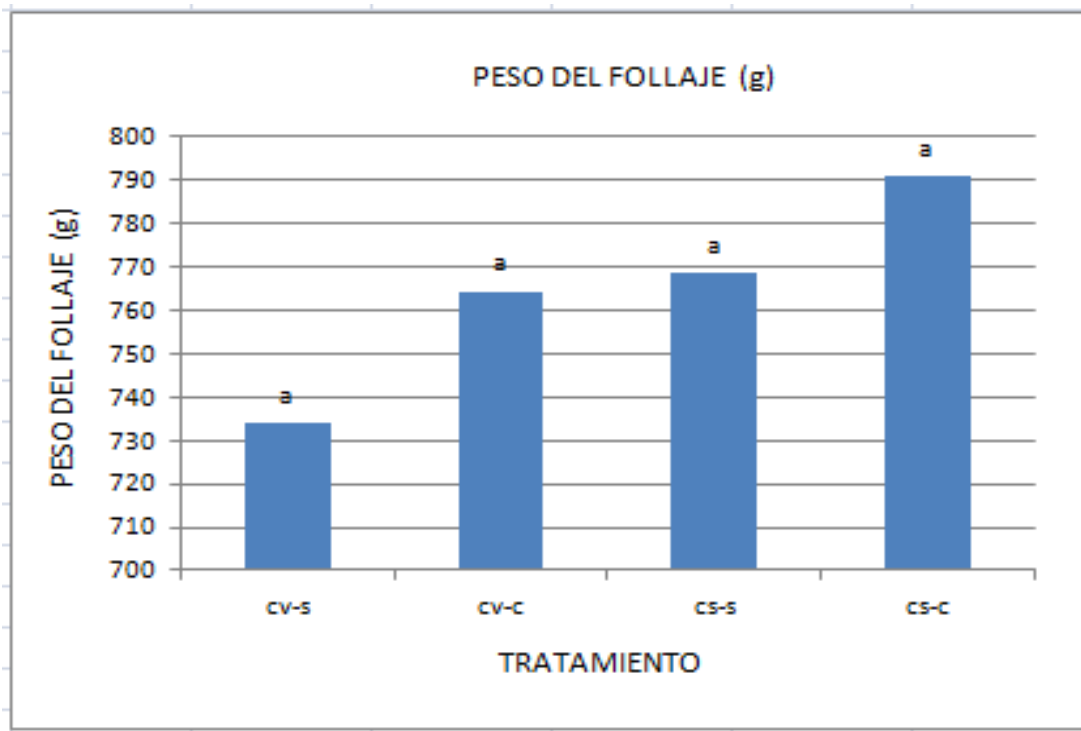


Figura 6.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el peso del follaje de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de follaje de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 7.6% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo. Ambos son aceptables.

8.7 Peso de la planta

A continuación se muestran en la fig. 7 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento del peso del follaje de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

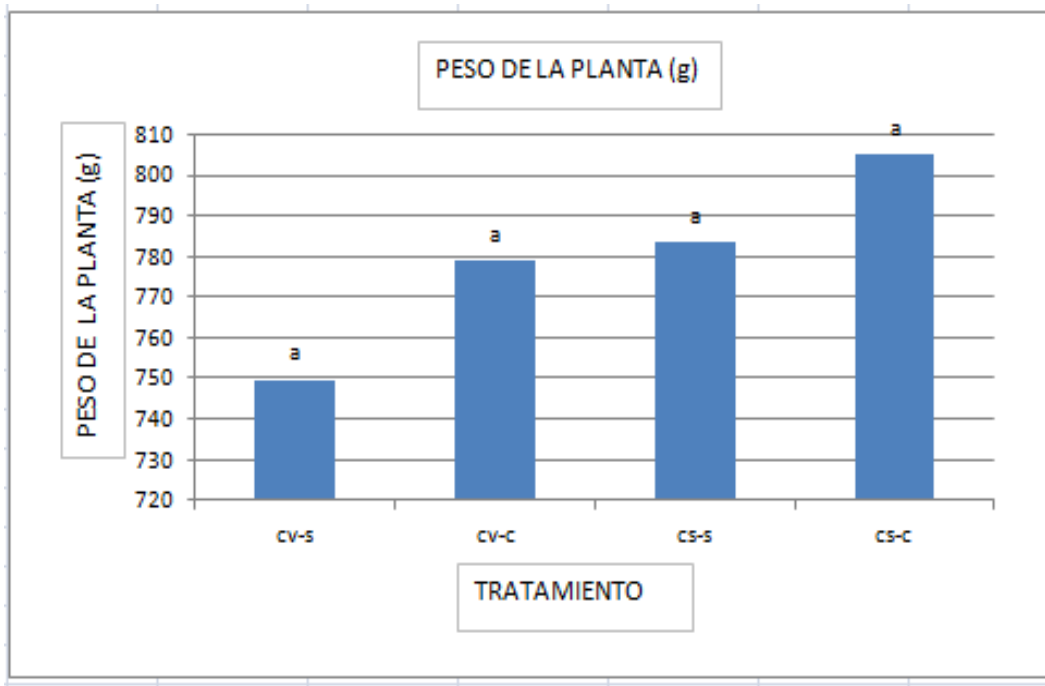


Figura 7.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el peso de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 6.25% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo. Ambos son aceptables.

8.8 Peso de la Raíz

A continuación se muestran en la fig. 8 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento del peso de la raíz de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

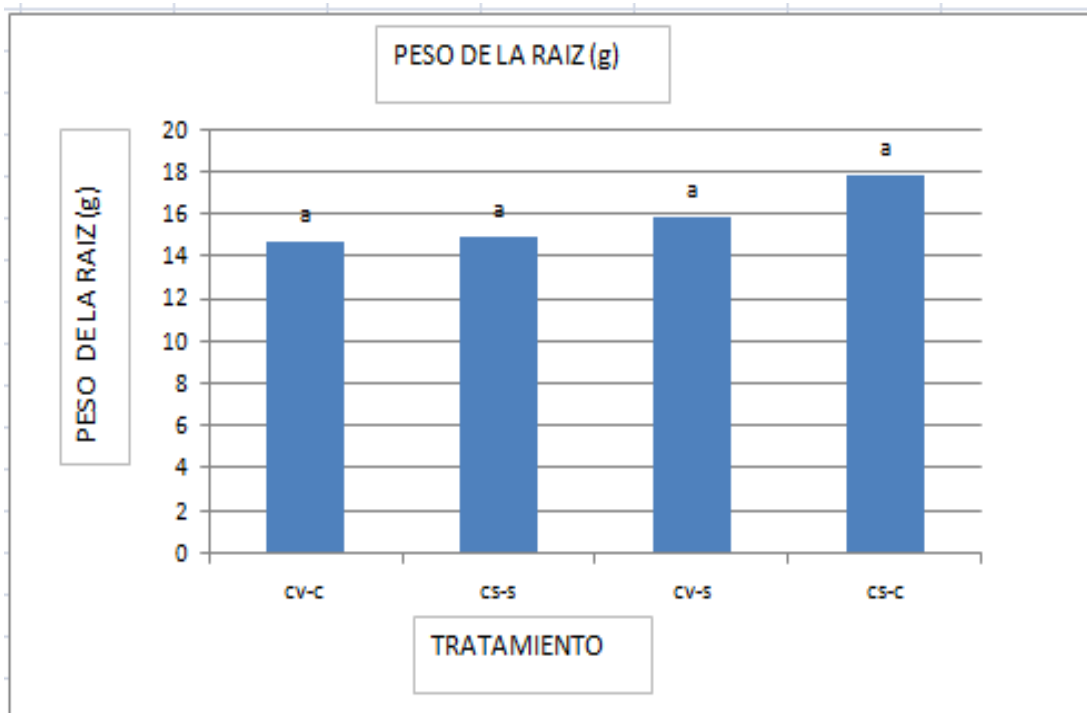


Figura 8.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, para el peso de la raíz de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de la raíz de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 22.23% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo. Ambos son aceptables.

8.9 Largo de la raíz

A continuación se muestran en la fig. 9 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de lo largo de la raíz de las plantas (cm) (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

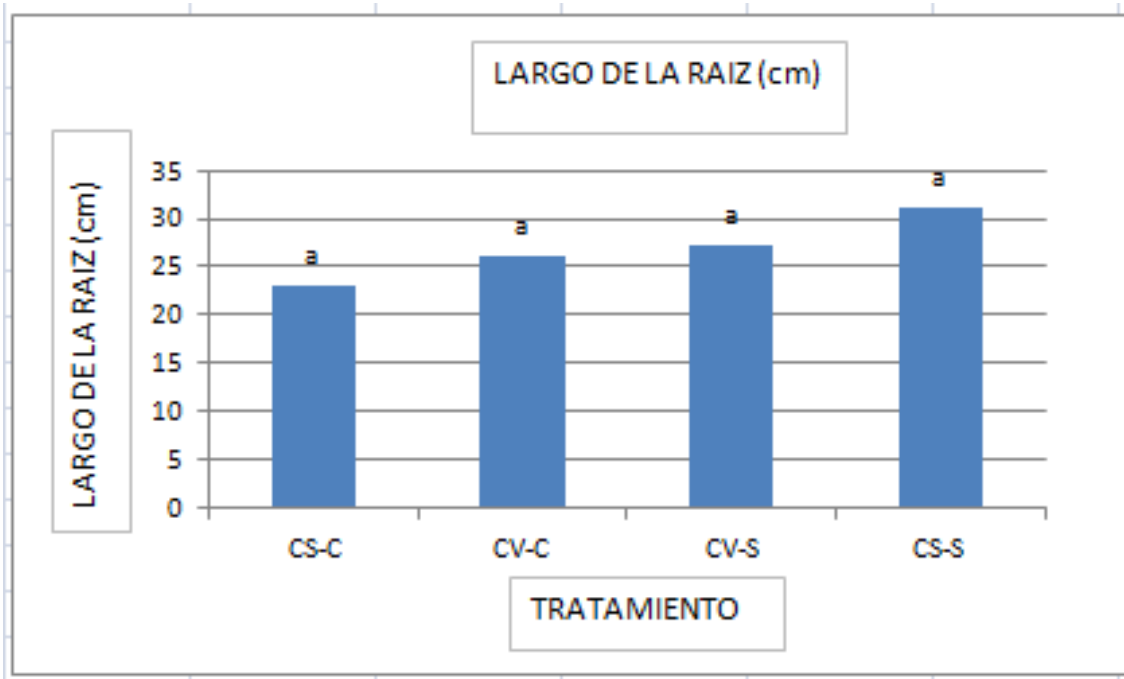


Figura 9.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, largo de la raíz de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de largo de la raíz de las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo fue mayor con un 23.34% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo. Ambos son aceptables.

8.10 Determinación de clorofila

A continuación se muestran en la fig. 10 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de la determinación de las plantas (pplas), en las plantas de canavalia Ensiformis L. con los diferentes tratamientos.

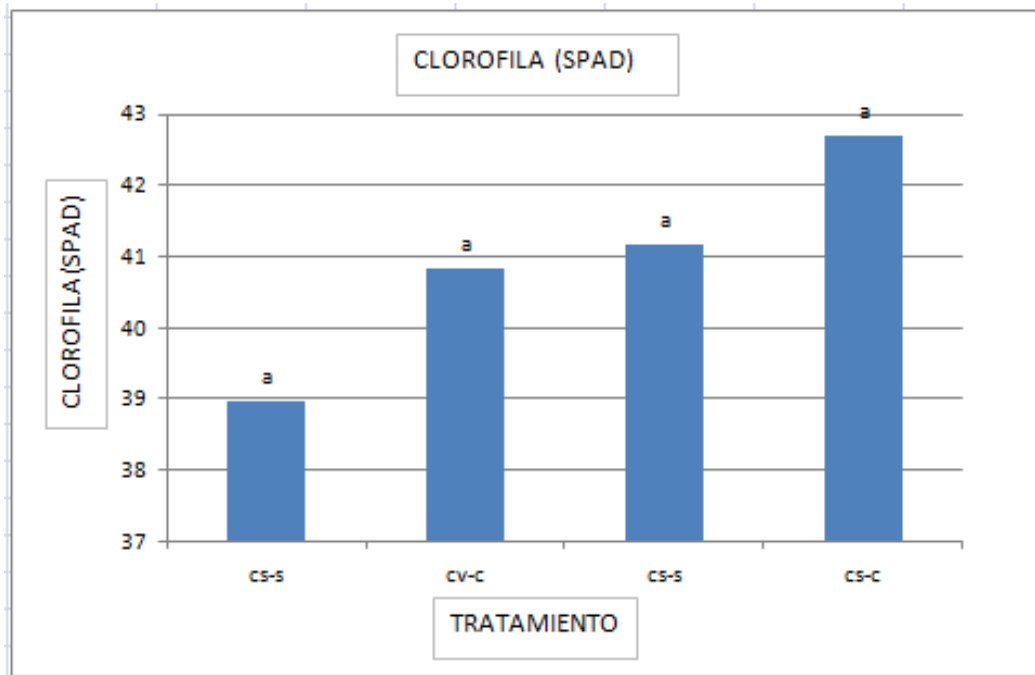


Figura 10.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, clorofila de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de la clorofila en las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 7.15% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo. Ambos son aceptables.

8.11 Numero de mazorcas

A continuación se muestran en la figura 11 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, numero de mazorcas (ppas), expresado en milímetros (mm), en las plantas de canavalia (*c. ensiformis*) con los diferentes tratamientos.

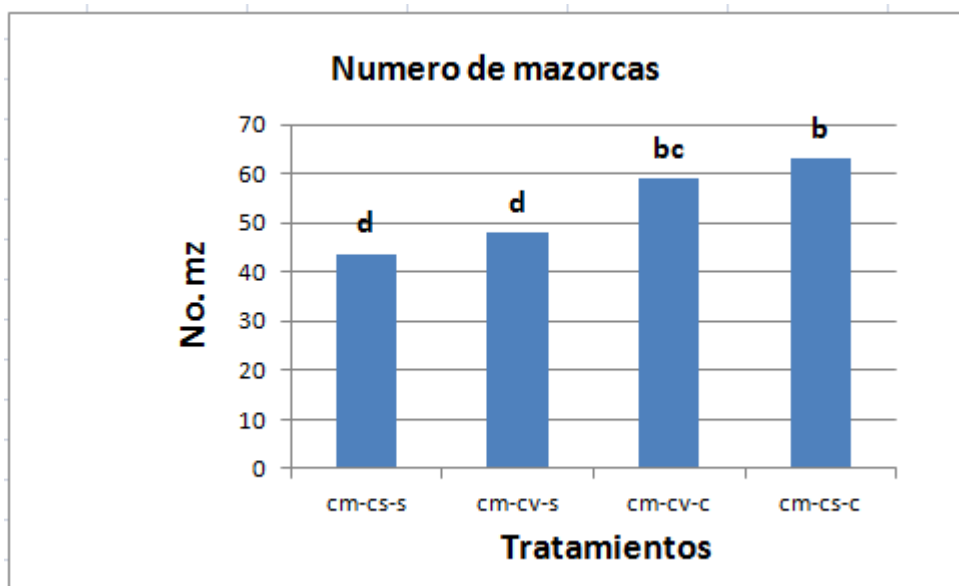


Figura 11.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia, para el numero de mazorcas por cada tratamiento;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del número de mazorca, mostro que existe diferencia significativa, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor por un 30.65% comparado con el tratamiento de agricultura conservación sin rastrojo,

8.12 Numero de mazorcas dañadas

A continuación se muestran en la figura 12 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, numero de mazorcas dañadas (C-M) (pplas), con los diferentes tratamientos.

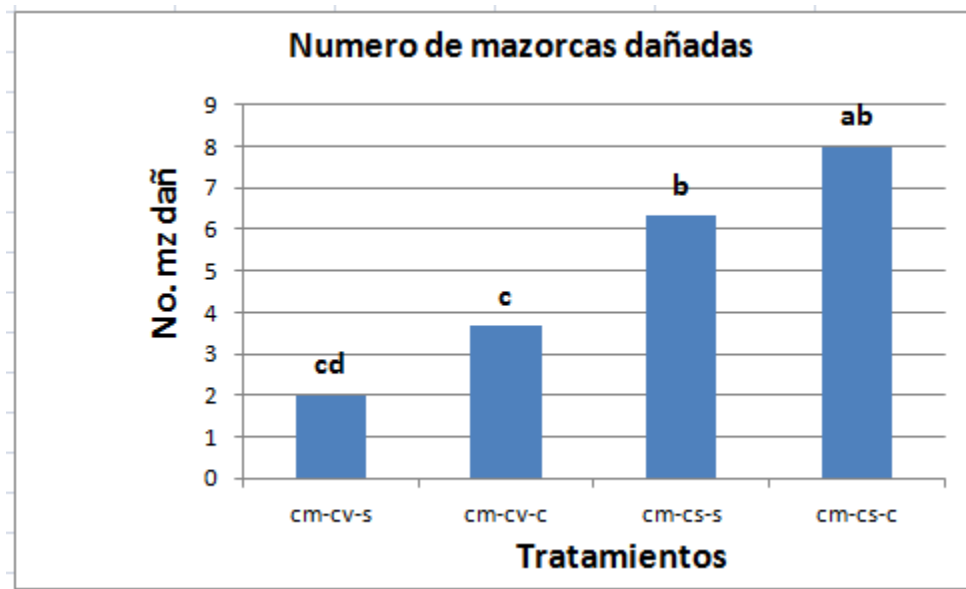


Figura 12.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el numero de mazorcas dañadas por cada tratamiento;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del número de mazorcas dañadas, mostro que existe diferencia significativa, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor por un 75% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo,

8.13 Numero de mazorcas podridas

A continuación se muestran en la figura 13 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, numero de mazorcas podridas (C-M) con los diferentes tratamientos.

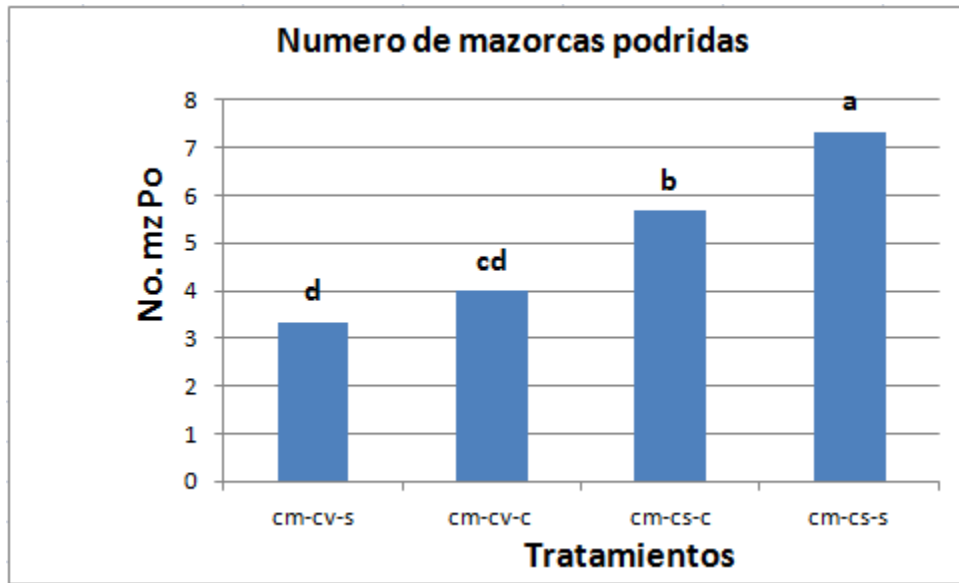


Figura 13.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el numero de mazorcas podridas por cada tratamiento;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del número de mazorcas dañadas, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo fue mayor por un 54.8% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo

8.14 Número de plantas

A continuación se muestran en la figura 14 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, número de plantas (C-M) (pplas) con los diferentes tratamientos.

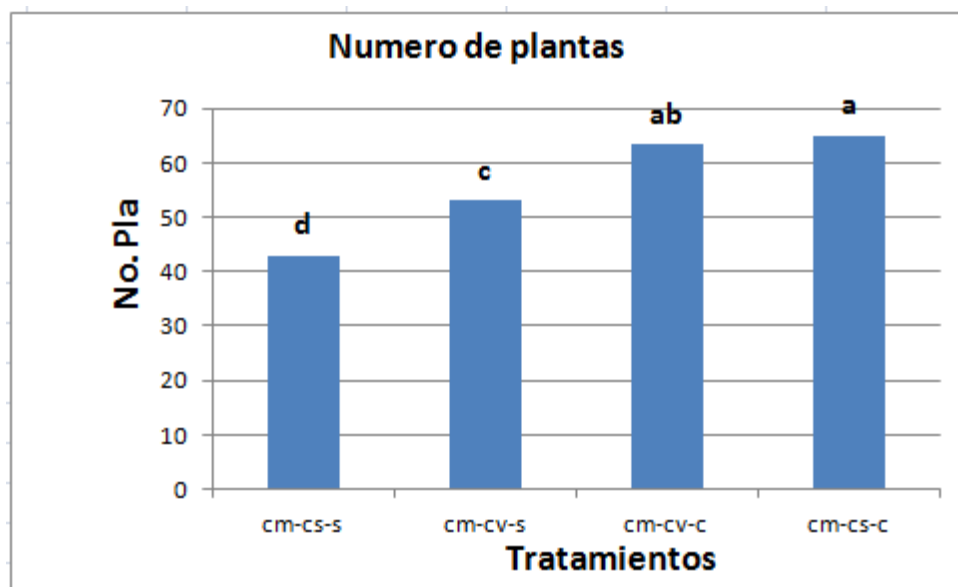


Figura 14.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el número de plantas por cada tratamiento;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del número de plantas, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor por un 34.98% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo

8.15 Peso de 10 mazorcas

A continuación se muestran en la figura 15 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de 10 mazorcas (C-M) (pplas), expresada en (Kg) con los diferentes tratamientos.

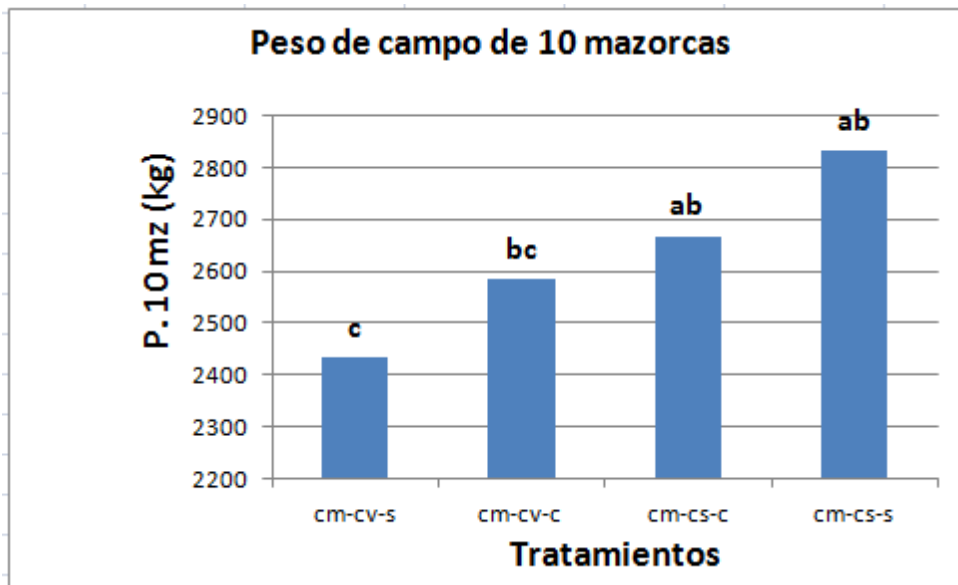


Figura 15.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el peso de 10 mazorcas expresadas en (Kg) ;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de 10 mazorcas, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo fue mayor por un 14.28% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo.

8.16 Peso de mazorcas

A continuación se muestran en la figura 16 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, y el peso de las mazorcas (C-M) (pplas), expresada en (Kg) con los diferentes tratamientos.

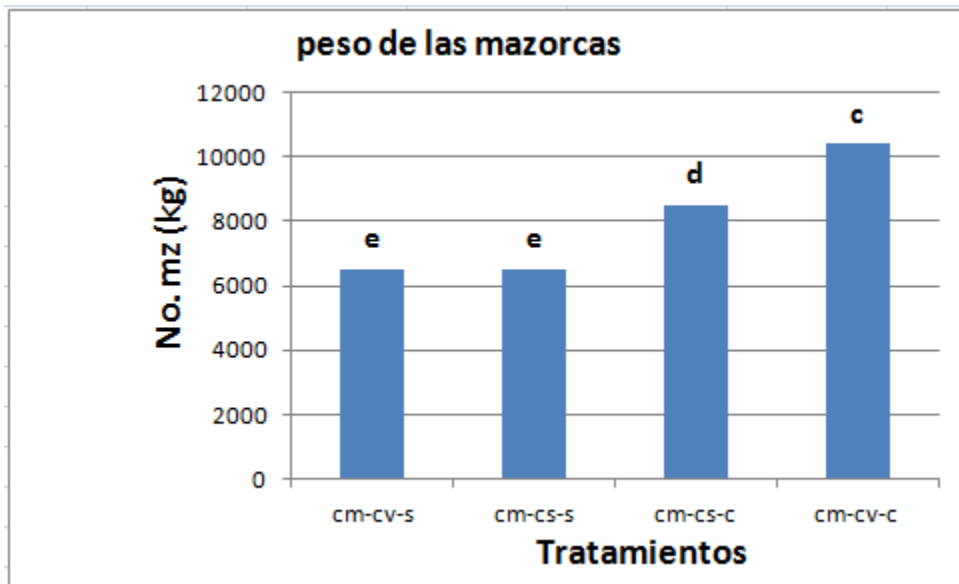


Figura 16.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el peso de las mazorcas expresadas en (Kg) ;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de granos de 10 mazorcas, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo fue mayor por un 40% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo.

8.17 Peso de granos de 10 mazorcas

A continuación se muestran en la figura 17 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, peso de granos de 10 mazorcas (C-M) (pplas), expresada en (Kg) con los diferentes tratamientos.

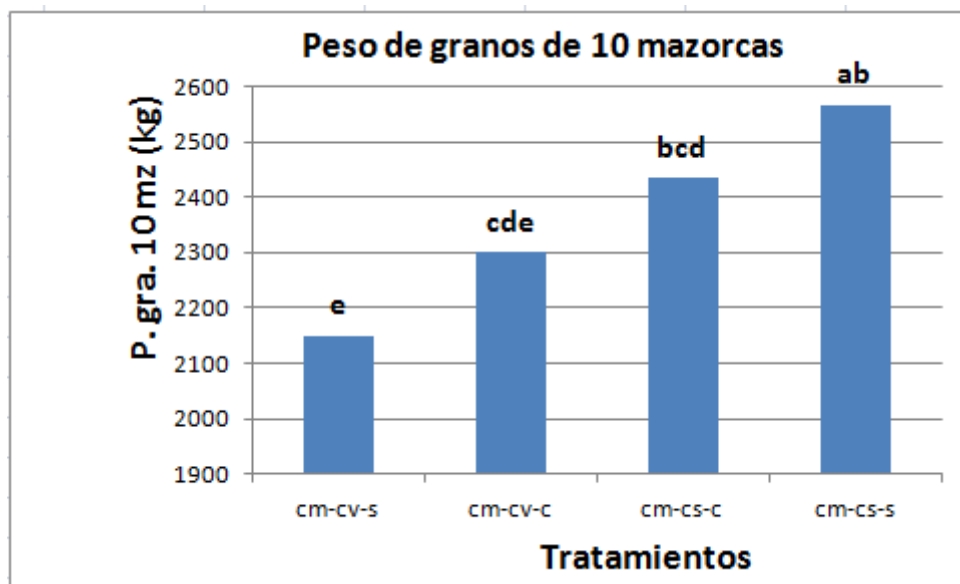


Figura 17.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el peso de granos de 10 mazorcas expresadas en (Kg) ;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del peso de granos de 10 mazorcas, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura de conservación sin rastrojo fue mayor por un 16% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo.

8.18 Rendimiento

A continuación se muestran en la figura 18 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento, y el rendimiento (C-M) (pplas), expresada en (Kg) con los diferentes tratamientos.

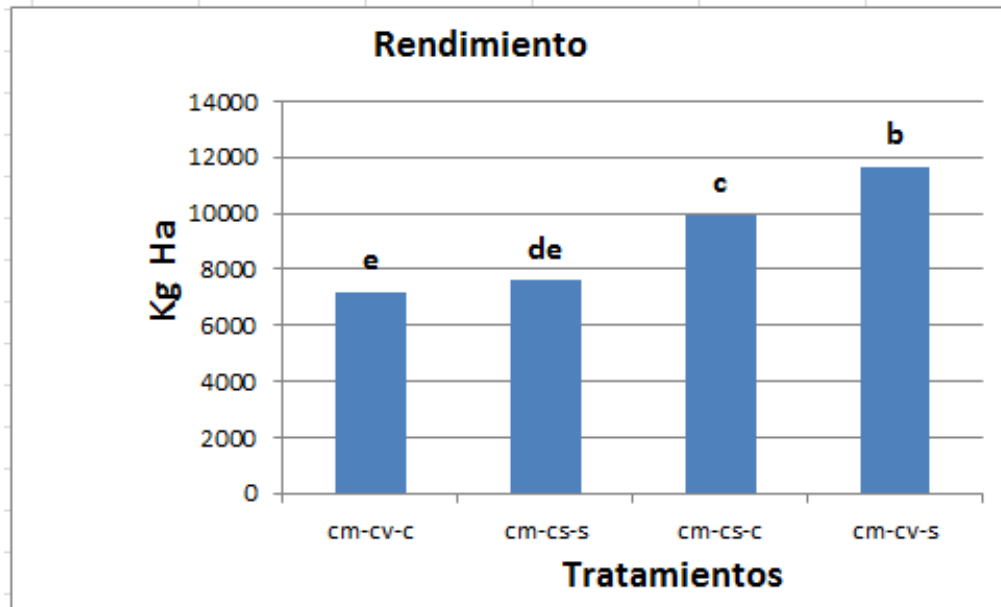


Figura 18.- Resultados del análisis estadístico en canavalia-maíz, para el rendimiento expresadas en (Kg) ;(Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del rendimiento, mostro que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura convencional con sin rastrojo fue mayor por un 52% comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo.

8.19 Capacidad de retención de agua (CRA) tiempo cero (0-20cm)

A continuación se muestran en la figura 19 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de capacidad de retención de agua en el tiempo cero con profundidades de 0-20cm en suelos de cultivo de canavalia Ensiformis L) a diferentes tratamientos.

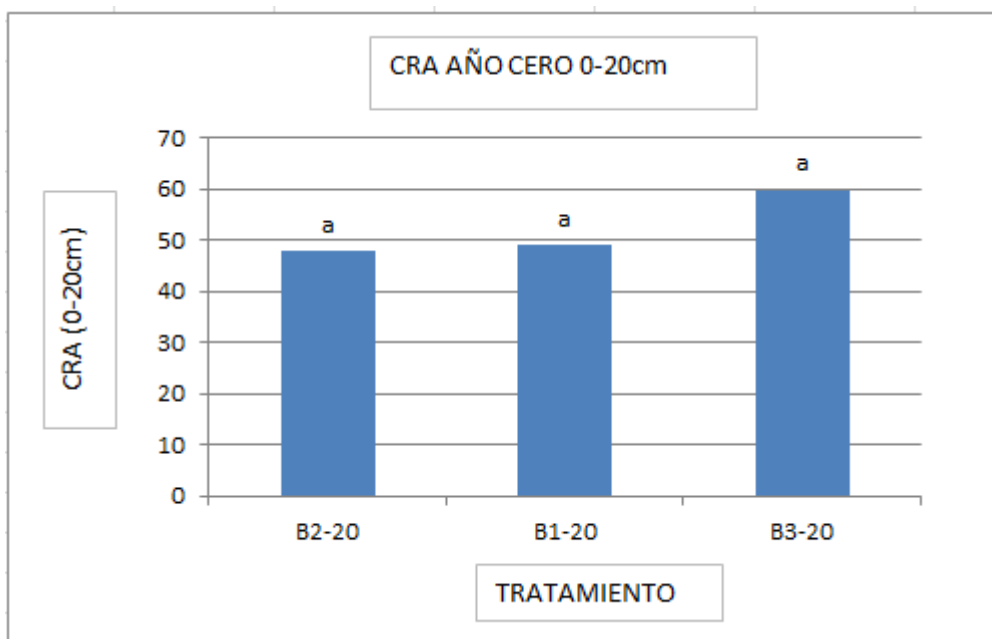


Figura 19.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, capacidad de retención de agua de las plantas a diferente profundidad; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En nuestro trabajo para la variable del CRA en cultivos de Canavalia-Maíz (C-M), obtuvimos que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, Estos resultados fueron en base al tiempo cero, con profundidad de suelo de 0-20cm.

8.20 Capacidad de retención de agua (CRA)

A continuación se muestran en la figura 20 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de capacidad de retención de agua en suelos de cultivo de las plantas de canavalia *Ensiformis L*) a diferentes tratamientos.

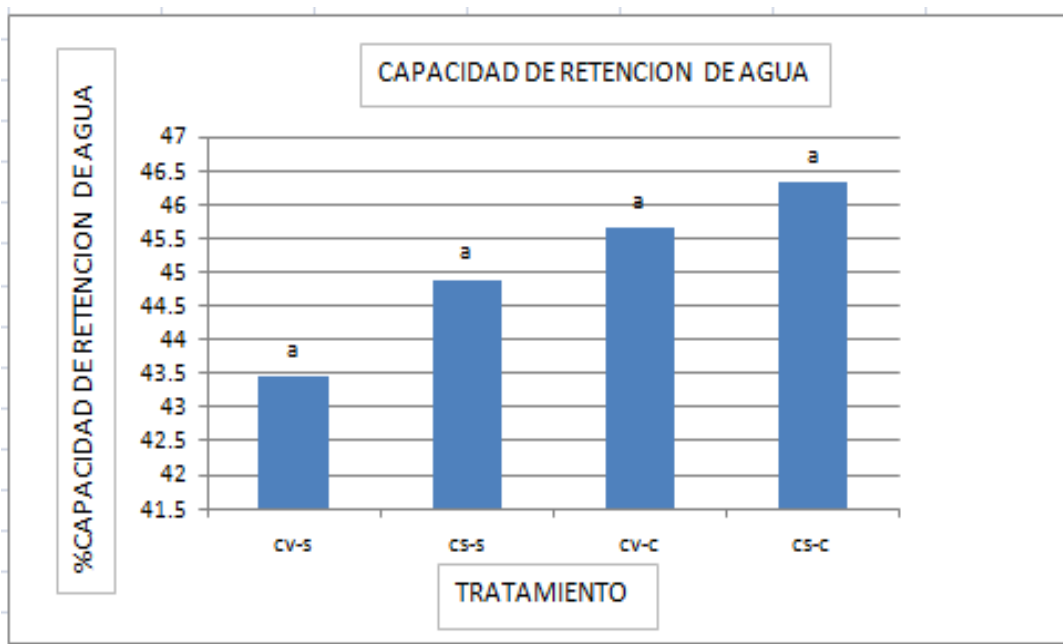


Figura 20.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia *Ensiformis L*, capacidad de retención de agua de las plantas por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de la capacidad de retención de agua en las plantas de canavalia *Ensiformis L*, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 5.44% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo. Ambos son aceptables.

8.21 Potencial de hidrogeno (0-20) t-0

A continuación se muestran en la figura 21 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de potencial de hidrogeno en suelos de cultivo de las plantas de canavalia Ensiformis L) a diferentes profundidades (tiempo cero).

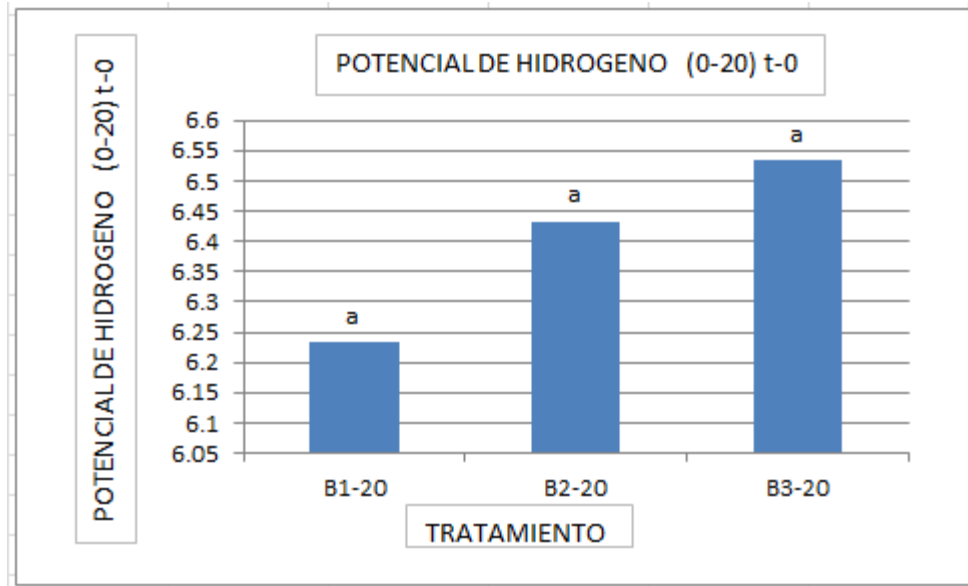


Figura 21.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, potencial de hidrogeno del suelo en cultivos de canavalia a diferentes profundidades en un tiempo cero; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable del suelo pH en cultivos de C-M. Se analizaron medición a tiempo y tratamientos diferentes, sin embargo ambos análisis no mostraron diferencia significativa. Ya que ambos resultados están dentro del rango que presenta RAMIS.

8.22 Potencial de hidrogeno

A continuación se muestran en la figura 20 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de potencial de hidrogeno en suelos de cultivo de las plantas de canavalia Ensiformis L) a diferentes tratamientos.

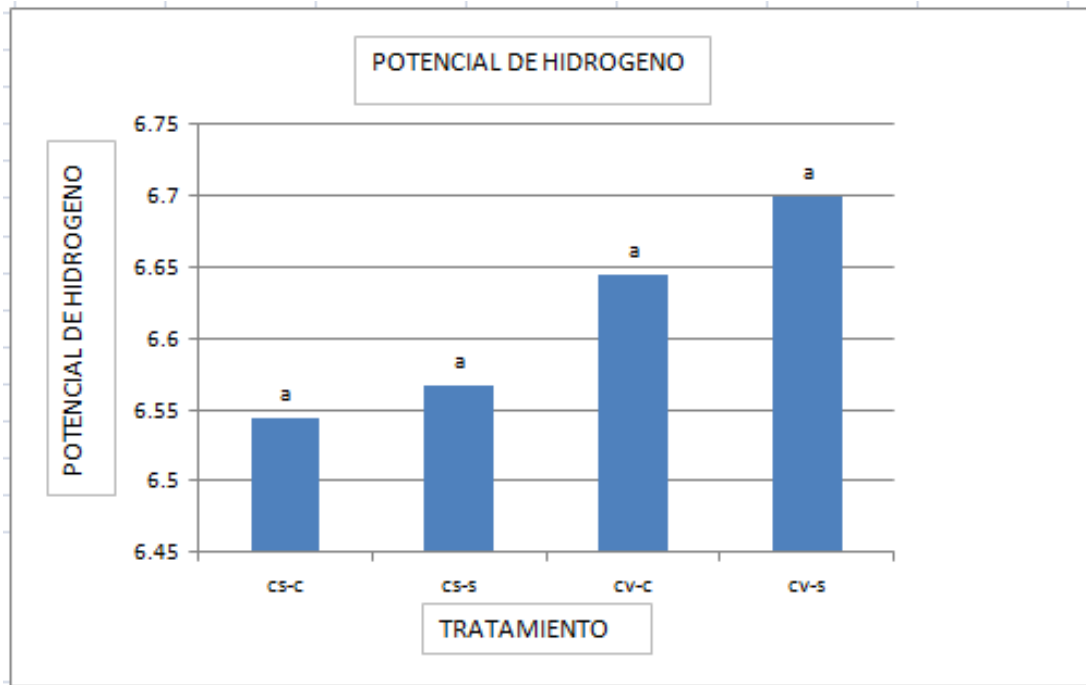


Figura 22.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, potencial de hidrogeno en cultivos de canavalia por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En nuestro trabajo para la variable del potencial de Hidrogeno en las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo presento un pH mas acidificado en comparación con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo. Estos resultados fueron en base al primer año.

8.23 Concentración de TPF $\mu\text{g/ml}$ (tiempo-0) 0-20

A continuación se muestran en la figura 23 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de concentración de TPF $\mu\text{g/ml}$ en el tiempo cero en suelos de cultivo de canavalia Ensiformis L) a diferentes profundidades.

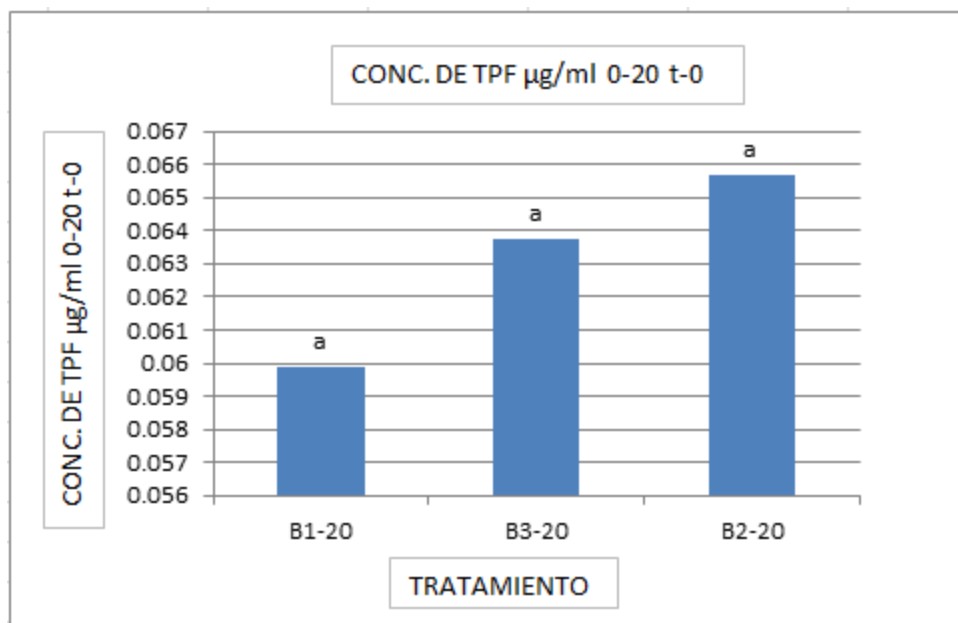


Figura 23.-Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, concentración de TPF $\mu\text{g/ml}$ por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En nuestro trabajo para la variable del CRA en cultivos de Canavalia-Maíz (C-M), obtuvimos que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, Estos resultados fueron en base al tiempo cero, con profundidad de suelo de 0-20cm.

8.2.4 Concentración de deshidrogenasa TPF $\mu\text{g/ml}$ año 1

A continuación se muestran en la figura 24 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de concentración de TPF $\mu\text{g/ml}$ en suelos de cultivo de canavalia Ensiformis L) a diferentes tratamientos.

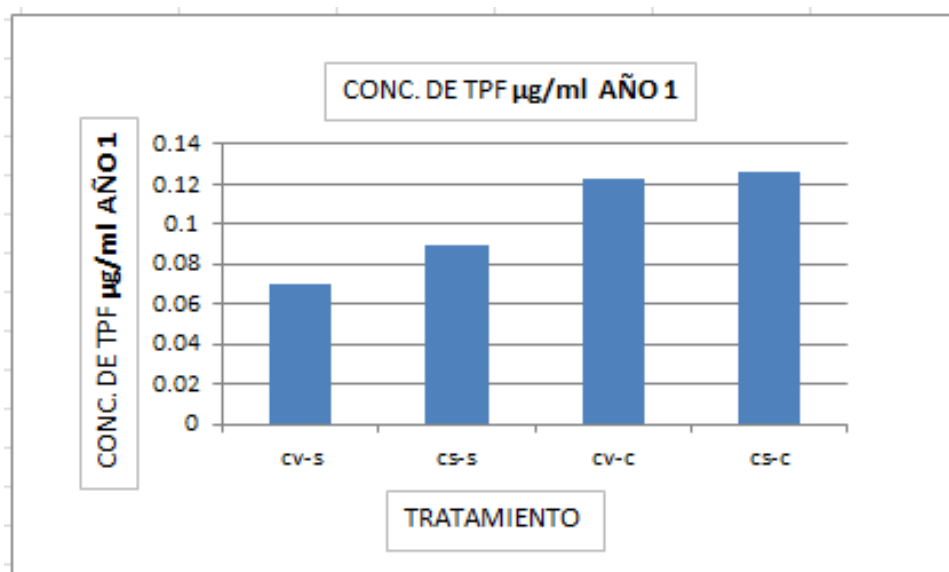


Figura 24.- Resultados del análisis estadístico en plantas de canavalia Ensiformis L, concentración de deshidrogenasa por cada tratamiento; (Tukey 95% de confianza $P \leq 0.05\%$). *Letras iguales no existe diferencia significativa, letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

En la variable de la concentración de deshidrogenasa en las plantas de canavalia Ensiformis L, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 50% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo. Ambos son aceptables.

IX DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Potencial de hidrógeno (pH)

RAMIS et al 1994, indica que la *Canavalia Ensiformis* (L.) D.C., es una fabácea que puede crecer en suelos ácidos, a pH comprendidos entre 4,3 y 6,8; sin embargo, en pH más bajos el crecimiento de la planta se reduce y, consecuentemente, el rendimiento. Tomando en cuenta que estos suelos son abundantes en el país y que esta especie podría adaptarse a esa condición, se planteó como objetivo estudiar la determinación de la causa de la reducción del crecimiento de la canavalia en suelos muy ácidos.

En nuestro estudio para la variable del potencial de Hidrogeno en cultivos de canavalia (*Ensiformis L*), demostró que no existe diferencia significativa, esto resultados fueron en base al tiempo cero, con profundidad de suelo de 0-20cm.

En nuestro trabajo para la variable del potencial de Hidrogeno en las plantas de canavalia *Ensiformis L*, mostro que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo presento un pH mas acidificado en comparación con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo. Estos resultados fueron en base al primer año.

Capacidad de retención de agua (CRA)

Gandullo 1985, demostró que La obtención del parámetro (CRA) fue realizada mediante un modelo con bases físicas que estima la cantidad de agua que contendrá un suelo a su capacidad de campo en condiciones naturales, esto es, teniendo en cuenta las condiciones de drenaje, que influyen sobre el retardo en la evacuación del agua gravitacional que ocupa los macro poros del suelo.

En nuestro trabajo para la variable del CRA en cultivos de Canavalia-Maíz (C-M), obtuvimos que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, Estos resultados fueron en base al tiempo cero, con profundidad de suelo de 0-20cm.

En nuestro trabajo la variable del CRA en las plantas de canavalia *Ensiformis L*, demostró que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo fue mayor con un 2.24% comparado con el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo. Estos Resultados son en base al primer año.

En nuestro trabajo comparamos el año cero y el año 1 para la variable del CRA en cultivos de C-M. En los diferentes tratamientos diferentes, sin embargo ambos análisis no mostraron diferencia significativa. Ya que ambos resultados son aceptables.

Concentración de deshidrogenasa.

Rossel et al., 1997, Ladd 1978 y Skujins 1978, encontraron que la determinación de la actividad de la deshidrogenasa (ADH) es un reflejo de las actividades oxidativas de la microflora del suelo. Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo.

Trevors 1984, indica que esta enzima es la encargada de la oxidación biológica de los compuestos orgánicos mediante el proceso de deshidrogenación.

Casida 1977, menciona que todos los sistemas de deshidrogenasas son parte integral de los microorganismos, por lo que la medida de actividad deshidrogenasa ha sido propuesta como un indicador de la actividad microbiana del suelo.

En nuestro trabajo observamos que la variable de la concentración de deshidrogenasa en los suelos de cultivos de canavalia-maíz (C-M) en el año cero, demostró que no existe diferencia significativa, con profundidad de 0-20 cm.

En nuestra investigación observamos que la variable de la concentración de deshidrogenasa en los suelos de canavalia Ensiformis L, demostró que no existe diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento de agricultura de conservación con rastrojo fue mayor con un 50% comparado con el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo.

En nuestro trabajo observamos que la variable del deshidrogenasa en cultivos de canavalia-maíz (C-M). Se analizaron medición a tiempo y tratamientos diferentes, sin embargo ambos análisis no mostraron diferencia significativa. Ya que ambos resultados son aceptables.

X. CONCLUSION

En base a los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

1. Los tratamientos en agricultura de conservación con rastrojo, arrojaron efectos positivos sobre el diámetro del tallo, número de hojas, números de vainas, peso del follaje, peso de la planta y peso de la raíz.
- 2.-Debido a que es el primer año de cultivo canavalia-maíz (C-M) los tratamientos con rastrojo no presentan una mejoría significativa en todas las variables medidas solo en algunas, esto es porque aun no hay degradación del total de rastrojo aplicado.
- 3.- En la variable de rendimiento para el cultivo Canavalia-maíz, los resultados obtenidos muestran que existe diferencia significativa, en el tratamiento de agricultura convencional sin rastrojo, comparado con el tratamiento de agricultura convencional con rastrojo, esto se debe a que aun no se ha integrado el rastrojo al suelo de cultivo por ser el primer año.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Brussaard, L. y Juma, N.G. 1995. Organisms and humus in soils. In: A. Piccolo (Ed.) Humic substances in terrestrial ecosystems. Elsevier. Amsterdam. pp.329-359.

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

Claudino Monegat. 1991. Plantas de Cobertura del Suelo: Características y manejo en Pequeñas propiedades. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras).

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

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)

FAO, 2005. Conservation agriculture for soil moisture. Briefing notes: Production systems management, Rome. FAO. 4 p.

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

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

Joinville *et al*, 2004, *J Colloid Interface Sci* 273:414-425).

Ladd, J.N., 1978. Origin and Range of Enzyme in Soil. En: Burns, R.G. (Ed.), *Soil enzymes*. Academic Press, London, pp.51-96).

Margesin, R., Walder, G., Schinner, F. 2000a. The impact of hydrocarbon remediation (die-sel oil and polycyclic aromatic hydrocarbons) on enzyme activities and microbial pro-perties of soil. *Acta Biotechnologica*. 20, 313-333.

Margesin, R., Zimmerbauer, A., Schinner, F. 2000b. Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere*. 40, 339–346.

M.A. Aon y A.C. Colaneri, 2001, *App. Soil Ecol*. 18: 255-270.

Overbeck, J., 1991. Early studies on ecto- and extracellular enzymes in aquatic environments. En: Chróst, R.J (Ed.), *Microbial enzymes in aquatic environments*. Springer, NY, pp.1- 5).

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

Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2010) 11(2), 155-164.

Reyes 2002, Alfonso C.A, y monederos M 2004. Uso, Manejo y Conservación de suelo. ED. Asociación cubana de Técnicos Agrícola y Forestal.42pp.

Stryer L., 1995. *Biochemistry*. 4ª Edición. Freeman and Company, NY.

XII. ANEXOS

% Humedad del suelo = (Peso inicial – Peso final)/ Peso inicial * 100

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

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

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

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

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

fig1. Curva de calibración 1,3,5-trifenilformazano (TPF)

