

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA BIOQUÍMICA

PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

EFFECTO DEL RASTROJO SOBRE LA DESHIDROGENASA EN  
SUELOS CON CULTIVOS SIMPLES DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN  
AGRICULTURA DE CONSERVACION.

LABORATORIO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y  
BIOTECNOLOGIA

PERIODO DEL PROYECTO

AGOSTO – DICIEMBRE 2012

ASESOR INTERNO

DR. JOAQUIN ADOLFO MONTES MOLINA

REVISORES

DR. REINER RINCON ROSALES  
DR. FEDERICO ANTONIO GUTIERREZ MICELI

PRESENTA

LOPEZ RODAS EDER

NÚMERO DE CONTROL

08270023

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS.

DICIEMBRE 2012



## INDICE

I.	INTRODUCCION.....	4
II.	JUSTIFICACION.....	15
III.	OBJETIVOS.....	16
	3.1Objetivos generales.....	16
	3.2Objetivos específicos.....	16
IV.	CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO.....	17
V.	PROBLEMAS A RESOLVER.....	18
VI.	ALCANZES Y LIMITACIONES.....	18
	6.1 Alcances.....	18
	6.2Limitaciones.....	18
VII.	FUNDAMENTO TEORICO.....	19
VIII.	METODOLOGIA.....	20
	8.1Materia prima.....	25
	8.2Parámetros de suelos.....	25
	8.2.1 humedad.....	25
	8.2.2 CRA.....	26
	8.2.3 pH.....	26
	8.3variables de crecimiento en plantas de maíz.....	27
	8.4Variables de cosecha en las mazorcas.....	27
	8.5Humedad en los granos de mazorca.....	27
	8.6Actividad enzimática de la deshidrogenasa.....	28
	8.6.1 casida.....	28
IX.	RESULTADOS.....	29
	9.1 variables de crecimiento en cultivos de maíz.....	29
	9.1.1 diámetro del tallo de plantas.....	29
	9.1.2 longitud de plantas.....	30
	9.1.3 numero de hojas.....	31
	9.1.4 Numero de mazorcas por planta.....	32
	9.1.5 Altura de la mazorca.....	32
	9.2variables de cosecha de mazorcas.....	34
	9.2.1 diámetro de mazorcas.....	34
	9.2.2 longitud de mazorcas.....	35
	9.2.3 granos por hilera.....	36
	9.2.4 numero de hileras.....	37
	9.2.5 mazorcas dañadas.....	38
	9.3Capacidad de retención de agua CRA.....	39
	9.4Medición de pH.....	40
	9.5Concentración de deshidrogenasa.....	41

X.	DISCUSIONES.....	42
XI.	CONCLUSIONES.....	44
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46
XIII.	ANEXOS.....	48

## I. INTRODUCCION

Muchos de los problemas más apremiantes de la población rural y de su ambiente están relacionados con el manejo de los recursos de aguas y tierras. Estos incluyen la malnutrición, la inseguridad alimentaria, los bajos niveles de vida, las migraciones en gran escala y algunas veces la competencia violenta por los recursos para satisfacer sus necesidades básicas. Los problemas ambientales involucran la degradación de la tierra, la destrucción de los hábitats terrestres y acuáticos y la pérdida de biodiversidad. La población humana, que se ha duplicado en los últimos cuarenta años- probablemente se duplicará nuevamente dentro de los próximos cincuenta años. Este incremento ocurrirá principalmente en los países más pobres con pocos recursos y condiciones inestables para la producción. Por lo tanto, las repercusiones políticas y sociales serán proporcionalmente mayores.

Mientras la población continuará incrementándose, la disponibilidad de recursos no renovables por persona declinará claramente. Otro tema de creciente importancia es la prevención de la contaminación ambiental por medio de la minimización de los residuos de los procesos de producción y comercialización y el descarte seguro o el reciclaje de los desperdicios.

La fuente primaria de alimentos para los seres humanos y los animales son los productos originados en las plantas. Excepto el carbono que ingresa en las plantas a través de las hojas, todos los elementos necesarios para su crecimiento, para el de los seres humanos y para la nutrición animal se obtienen del suelo a través del sistema radical de las plantas: nitrógeno, oxígeno, fósforo, potasio, calcio, etc. Debido a la concentración y a la presión de la población estos elementos son drenados en los suelos de las aguas servidas y de los vaciaderos de las ciudades. Un cálculo aproximado indica que los requisitos diarios de la dieta de fósforo de una población mundial de 5 500 millones de habitantes son de cerca de 1,4 kg de fósforo que se han de obtener de cada una de los 1 500 millones de hectáreas de tierras de cultivo del mundo. Ningún suelo, cualquiera sea su composición, inicial puede continuar exportando productos alimenticios en forma indefinida sin un apoyo activo y directo.

En el mundo se encuentran gran cantidad de sistemas de producción agrícola, tales como sistemas intensivos de cultivos, agricultura migratoria, agros silvicultura y muchos otros. En la agricultura convencional el suelo es frecuentemente considerado sólo como un substrato que proporciona apoyo físico, agua y nutrientes a las plantas y se asume que los agricultores deben suplementar todas las necesidades de la planta, tales como nutrientes, protección y agua, con insumos provenientes del externo de ese sistema:

- Si un suelo es deficiente en algún nutriente, se aplican fertilizantes;
- Si un suelo no almacena suficiente agua de lluvia, se proporciona riego;

- Si un suelo se compacta demasiado y el agua no penetra, se usan implementos como el arado de cincel para provocar su apertura;
- Si ocurre alguna enfermedad o plaga, se aplican pesticidas.

Alguna de estas prácticas puede ser necesaria bajo condiciones específicas y con planificación, supervisión y manejo adecuados. Sin embargo, algunas prácticas de uso común pueden conducir a serios problemas para el ser humano y el ambiente.

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 (Lámina 1) 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 -por ejemplo, aldicarb, carbaryl, carbofuran, benomyl y muchos fumigantes del suelo- 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.

La agricultura de conservación ha evolucionado a partir de la labranza cero. El sistema de labranza cero o no labranza se basa en el uso de los residuos de los cultivos para la cobertura de la superficie y en el mejoramiento de los ciclos naturales en el suelo. Con el correr del tiempo, los elementos vivos del suelo hacen las funciones de la labranza tradicional, aflojando el suelo y mezclando sus componentes. Pero además de esto, el incremento de la actividad biológica crea una estructura estable del suelo por medio de la acumulación de materia orgánica. Los agricultores pioneros comenzaron a aplicar la labranza cero como una forma de labranza conservacionista a inicios de las décadas de 1960 y 1970, en los Estados Unidos de América y en Brasil, respectivamente. La adopción fue inicialmente lenta pero a partir de mediados de la década de 1980 su difusión ha sido rápida, especialmente en América y en Australia.

La agricultura de conservación basada en la labranza cero ha demostrado ser especialmente útil para mantener y aumentar la materia orgánica del suelo y para mantener su fertilidad, reduciendo básicamente su disturbio y conservando su estructura y estimulando la biota.

En los sistemas forestales, la gran producción y reciclaje del follaje dan lugar a una intensa actividad biológica, a la formación de humus y con ello a una capa superior de suelo de color oscuro. En razón del gran número de insectos y gusanos hay poros grandes que permiten la infiltración del agua. En contraste, en el caso de los cultivos anuales, la producción de hojas es mucho menor, la biomasa por lo general se remueve del suelo, el suelo es labrado varias veces al año y, por lo tanto, es mucho más seco. En consecuencia, hay menos alimentos y humedad disponibles para la fauna del suelo y su hábitat es disturbado o destruido en forma sistemática.

En los casos en que la capa superior del suelo ha sido erosionada y que las capas de suelos más pobres han quedado expuestas, es esencial rehabilitar y restaurar el suelo para devolverle una buena capacidad de producción con el cultivo o pastura siguientes. Si esto no se cumple, se pone en movimiento una espiral de degradación como consecuencia de una cobertura vegetativa y producción de biomasa reducidas y una menor retención de agua y suelo. De este modo, la calidad del suelo restante da más motivo de preocupación que la cantidad y la calidad del suelo que se ha perdido.

Los agricultores necesitan crear condiciones favorables para la vida del suelo y deberían manejar la materia orgánica de modo de crear suelo fértil en el cual se puedan desarrollar plantas fuertes y sanas. En la agricultura tropical de secano, en la cual los agricultores de pocos recursos sufren, por lo general, una fertilidad decreciente del suelo y una disminución de la dinámica del agua del suelo, la restauración de la materia orgánica es esencial para la estabilización de la producción.

Sin embargo, esto no se obtiene con la mera incorporación de materia orgánica al suelo, ya que bajo las condiciones tropicales el proceso de degradación es demasiado rápido como para permitir el mejoramiento de las propiedades del suelo a mediano o largo plazo. Más aún, la incorporación de materia orgánica implica la labranza del suelo la cual acelera su descomposición y destruye la estructura y los organismos.

La necesidad primaria es alimentar los organismos del suelo -bacterias, hongos, lombrices y otros- y regular sus condiciones de vida al mismo tiempo que se los protege de los impactos químicos y mecánicos. Por ejemplo, la labranza superficial, la labranza en surcos o la labranza cero y el manejo superficial de los residuos han llevado a menudo a incrementos en la actividad de las lombrices, en comparación con áreas donde la labranza es profunda.

La formación de una cobertura del suelo permanente o semipermanente -con cultivos o residuos de cultivos- proporciona alimentos para los organismos del suelo, protege el suelo de la fuerza destructiva de la lluvia, el viento y el sol, reduce la pérdida de humedad, mejora la infiltración de agua y regula su microclima.

Esta práctica debería ser acompañada por otras relacionadas con la agricultura de conservación la cual tiende a minimizar el disturbio del suelo y proteger y alimentar la vida del suelo tales como:

- reduciendo o eliminando las operaciones de labranza;
- usando las rotaciones de cultivo;
- usando fertilizantes en forma apropiada;
- confiando en el manejo integrado de plagas y malezas

Características principales de los sistemas de agricultura de conservación

- No se ará, rastrea o escarda el suelo (ó sea, no se revuelve el suelo);
- Los residuos del cultivo y el cultivo de cobertura permanecen sobre la superficie del suelo;
- No se queman los residuos de los cultivos;
- Los residuos de los cultivos permanentes y de las malezas protegen el suelo;
- Se replica el sistema cerrado del reciclaje forestal
- Cal, y algunas veces fertilizantes, se aplican sobre la superficie;
- usan equipo especializado;
- Uso continuo de la tierra;
- Las rotaciones de cultivos y los cultivos de cobertura son usados para maximizar los controles biológicos (o sea, más diversidad de especies y cultivos)

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.

El concepto actual del suelo conocido como una fina capa de material en la zona externa de la litósfera e inmediatamente debajo de la atmósfera está cambiando hacia el concepto de una entidad viva que engloba la dinámica del crecimiento de las raíces y la fauna del suelo, la temperatura, la humedad y la oxidación-reducción, y tiene una profunda significación para el manejo práctico y los estudios ecológicos. Los nutrientes que el suelo pierde a través de la producción, la erosión y la lixiviación deben ser reemplazados y la disponibilidad de todos esos nutrientes debe ser restaurada. El enfoque más amplio de la agricultura conservacionista abarca no sólo el contenido de nutrientes de los suelos sino también su estructura y estado biológico que son determinantes para la sostenibilidad de la productividad.

En muchos casos pueden ser necesarios cambios en las prácticas de manejo de suelos y labranza, rotación de cultivos y épocas de siembra, medidas de conservación de suelos, uso estratégico de materiales orgánicos y uso correcto de fertilizantes inorgánicos para enfrentar los requerimientos de los agricultores en cuanto a combinaciones de cultivos, tierras, disponibilidad de material orgánico y oportunidades de mercado.

Un enfoque simple del uso sostenible e integrado de los recursos naturales requiere un paradigma centrado en el papel del usuario y en el significado de la dinámica y arquitectura del suelo, sobre o debajo la superficie, así como en el aumento de la sinergia entre las fuerzas locales, internas y externas. A medida que los agricultores aplican las técnicas de manejo y tienen más y mejores conocimientos para trabajar junto al mundo biológico encuentran formas para reducir la adquisición de insumos externos.

Con el énfasis actual sobre la agricultura de conservación se ha despertado nuevamente la atención sobre la materia orgánica del suelo. Algunos temas tales como la fertilidad del suelo y, por lo tanto, la seguridad alimentaria, el

almacenamiento de agua, la compactación y la erosión están directamente relacionados con la materia orgánica del suelo. Otros temas, tales como las enfermedades y las plagas, pueden estar indirectamente relacionados con esto. De esta manera, la construcción y el mantenimiento de la biota del suelo y los buenos niveles de materia orgánica de los suelos son elementos de importancia fundamental.

La adopción de la agricultura de conservación requiere la roturación de suelos densos y compactos así como también la apertura de la mente humana a ideas innovativas. De hecho, casi todas las limitaciones que hubo para introducir estos cambios en Brasil fueron superadas con ideas positivas y creativas. Durante 1998 y 1999 fueron capacitados 140 extensionistas en siete estados; los cursos de capacitación tuvieron un gran éxito y cambiaron completamente la actitud de los servicios de extensión hacia la labranza cero abriendo el camino para la colaboración en proyectos piloto con los pequeños agricultores y llevando considerables beneficios a ese sector.

Las ciencias agrícolas han entendido mal, descuidado o ignorado el conocimiento de los agricultores y los enfoques tradicionales. Los expertos en conservación de suelos han puesto énfasis en las soluciones que han creído técnicamente deseables para los problemas de la escorrentía y la erosión. Las agencias de extensión, por lo general, han encontrado dificultad para aprender de los agricultores y de la población rural.

Existen pocos procesos sistemáticos para fortalecer la retroalimentación, en los dos sentidos, sobre los resultados obtenidos. Un examen de la situación en la parte tropical de Brasil identificó varias razones de las dificultades de los investigadores para comprender las prácticas de los agricultores.

En este caso, la resistencia al cambio de los investigadores, académicos y consejeros fue mucho mayor que la de los agricultores. Los agricultores apreciaron los beneficios inmediatos por encima del costo del cambio mientras que los profesionales vieron un costo importante en el esfuerzo del cambio pero no pudieron anticipar los beneficios económicos a este esfuerzo adicional. Los investigadores creían que los agricultores debían ser motivados por estímulos no financieros, lo cual, pensaban, tomaría mucho más tiempo.

El control de la erosión del suelo y el establecimiento de límites aceptables de pérdida de suelos han sido durante mucho tiempo los principales puntos de discusión sobre la degradación del suelo con el objeto de estabilizar e incrementar la producción agrícola.

En contraste con este enfoque limitado de los problemas del suelo se ha reconocido en forma creciente que la tierra y los componentes del suelo deben ser considerados como un recurso vivo a ser tutelado y usado en forma sostenible y responsable. La definición de tierra está implícita en la siguiente cita:

Para que un sistema de uso de la tierra sea sostenible requiere, primeramente, que satisfaga las necesidades de los agricultores y otros usuarios de la tierra y, en segundo lugar, que conserve todos los recursos naturales, incluyendo el clima, el agua, los suelos, la topografía, los bosques y las pasturas (Young, 1998).

En el pasado, la conservación de suelos fue considerada como un punto de partida para mejorar los rendimientos de los cultivos. La erosión del suelo ha sido percibida convencionalmente como una de las principales causas de la degradación del suelo y como la razón principal de la declinación de los rendimientos en las zonas tropicales. Basados en esas asunciones, las medidas de conservación se dirigieron a tres puntos principales:

- Obras físicas para capturar, guiar y prevenir el daño de la escorrentía.
- Presión sobre la población para detener la deforestación y reducir el número de animales y Pastoreo.
- Planificación de diferentes usos de la tierra de acuerdo con la Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra, basados en la evaluación de distintos grados de peligro de erosión.

La experiencia ha demostrado que ninguno de los métodos físicos e institucionales recomendados contra la erosión fue adoptado en forma masiva por los pequeños agricultores de las regiones tropicales. Dado que la conservación del suelo per se no incrementa los rendimientos y que no es la primera preocupación de los agricultores -si bien puede serlo el mejoramiento de la productividades aconsejable enfatizar las prácticas de buen manejo del suelo y de los cultivos que tienen efectos positivos sobre la conservación. Esta percepción ha llevado a cambiar el concepto de detener la erosión al concepto de asistir a los agricultores a obtener una mayor y más estable producción a través de métodos efectivos de conservación.

Los estudios de caso donde se han aplicado esos conceptos muestran que es técnicamente posible y económicamente lucrativo desarrollar sistemas intensivos de producción en los trópicos y al mismo tiempo mejorar la calidad de los recursos naturales y proteger el ambiente. Esto requiere enfocar el manejo de los recursos biológicos junto con las funciones hidrológicas y el reciclaje de nutrientes complementadas, cuando sea necesario, con obras físicas adecuadas -curvas de nivel, terrazas en las laderas pronunciadas.

Del mismo modo, especialmente en los trópicos áridos y semiáridos, es oportuno enfatizar con los agricultores el manejo del agua de lluvia como un recurso productivo y no como un medio de salvar el suelo. Al haber una mejor infiltración y un mejor almacenamiento del agua de lluvia, cuando estas han sido las limitantes, se favorece la producción agrícola y automáticamente se reduce el movimiento y el transporte del suelo. En este sentido, para fortalecer la disponibilidad de agua y

retener la productividad del suelo es importante considerar las prácticas que promueven la captura del agua de lluvia en el suelo antes de considerar aquellas que se dirigen al control de la escorrentía, que son complementarias en esa secuencia, pero que no son alternativas competidoras.

En las zonas con altas precipitaciones y tendencia a la inundación de los suelos, la conservación del agua y del suelo requieren un manejo cuidadoso de la estructura del suelo y de la cubierta vegetativa para fortalecer la infiltración y mantener el drenaje superficial e interno.

El hecho de facilitar a los agricultores la posibilidad de un mejor manejo y cuidado de sus tierras produce una respuesta más efectiva que los esfuerzos aislados para combatir la erosión. Esto reconoce a su vez, los deseos de los agricultores de elevar los rendimientos y sus ingresos a medida que se estabiliza o se invierte el proceso de agotamiento y también ofrece oportunidades a los gobiernos para armonizar ciertos objetivos nacionales -mejor manejo de los recursos naturales y desarrollo de la agricultura sostenible- con el objetivo principal de que la familia rural cuente con medios de vida más seguros. Sin embargo, este enfoque requiere muchos ajustes a ser discutidos ampliamente (Hinchcliffe *et al.*, 1995).

La experiencia ha demostrado que los sistemas de agricultura de conservación obtienen altos niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional pero con menores fluctuaciones debidas a los desastres naturales tales como sequías, tormentas, inundaciones y deslizamientos de tierra. La agricultura conservacionista contribuye, por lo tanto, a la seguridad alimentaria y reduce los riesgos para las comunidades -salud, condiciones de vida, abastecimiento de agua- y también reduce los costos para el Estado; por ejemplo, menos mantenimiento de caminos y cursos de agua y menos asistencia de emergencia.

La agricultura de conservación también contribuye a mayores beneficios ambientales tales como:

- Mejor manejo de los recursos de suelos y aguas en las fincas y en las cuencas: menos inundaciones, menos erosión, menos desertificación, flujo más constante en las corrientes de agua, mejor recarga de las aguas subterráneas, mejor calidad del agua gracias a la menor contaminación y menos sedimentos aguas abajo;
- Mayor secuestro y menor liberación de carbono, o sea menor uso de combustibles, menor degradación de la materia orgánica;
- Mayor biodiversidad por medio de la diversificación.

Una consecuencia del mantenimiento de la calidad del suelo es favorecer la actividad benéfica de los organismos del suelo. Entre las especies más

importantes se encuentran las bacterias de los nódulos de las raíces que participan en la fijación biológica del nitrógeno.

Varios estudios han indicado que en los sistemas de labranza cero incrementan la biomasa microbiana y el tamaño de la población (Ferreira et al., 2000). En los sistemas de labranza cero en el sur de Brasil se encuentran diferencias de hasta 50 por ciento en la biomasa del suelo y en las poblaciones rizobianas comparadas con la labranza convencional (Hungria et al., 1997). Las evaluaciones han demostrado que algunas rotaciones de cultivos y la labranza cero favorecen las poblaciones de *Bradyrhizobium* sp, la nodulación y, por lo tanto, la fijación de nitrógeno y los rendimientos (Voss y Sidirias, 1985)

La materia orgánica también juega un papel importante en la formación y la estabilización de los agregados del suelo conectando los polímeros orgánicos y la superficie inorgánica con cationes polivalentes. Las hifas de los hongos y el mucílago de las bacterias, si bien se forman y se descomponen rápidamente, tienen una función importante para conectar las partículas de suelo. También existe una fuerte relación entre el contenido de carbono del suelo y el aumento del tamaño de los agregados. (Castro Filho et al., 1998) encontraron un incremento del contenido de carbono del suelo bajo labranza cero que dio lugar a un 134 por ciento de incremento de los agregados de más de 2 mm y a 38 por ciento de disminución en los agregados de menos de 0,25 mm, comparado con la labranza convencional.

Cuando las condiciones son adecuadas, la mayor cantidad de residuos sobre el suelo que resulta de los mayores rendimientos puede generar una espiral creciente de la productividad del suelo. La inclusión de leguminosas como abono verde o cultivos de cobertura en los sistemas de los pequeños agricultores ha mostrado esos efectos proporcionando no solo una cobertura densa y grandes cantidades de materia orgánica al suelo sino también importantes cantidades de nitrógeno fijado bacteriológicamente.

## II. JUSTIFICACION

Durante varias décadas se ha considerado que el extensionismo es el proceso de transferencia de tecnología. Bajo este modelo, la generación de conocimientos e ideas sobre las prácticas agrícolas se desarrollan en centros de investigación. Una vez obtenidos los productos deseados (como nuevos cultivos, variedades o prácticas a realizar), éstos se difunden entre los agricultores a través de la labor de los extensionistas. Se partía del principio de que los agricultores con capacidad de experimentar las nuevas tecnologías, las adoptarían una vez que obtuvieran los beneficios, y a su vez, difundirían sus resultados a los demás miembros de una comunidad.

Se han desarrollado evaluaciones de enzimas con efectos del rastrojo para cultivos de soya, trigo y cebada, entre otros pero el maíz tiene también una gran importancia, ya que en México es el principal cultivo y de mayor importancia en consumo, es por ello que se pretende elevar la producción de maíz pero para llevarlo a cabo, se debe caracterizar los suelos donde se van a cultivar nuestras plantas, es decir, poder evaluar bioquímicamente si es un suelo apto para dicho cultivo.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la actividad enzimática de la deshidrogenasa presente en los suelos con cultivo simple de maíz (*Zea mays* L), utilizando rastrojo de la cosecha anterior para su producción para poder determinar la calidad del suelo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Evaluar los parámetros del suelo como pH, peso seco y capacidad receptora de agua (CRA), antes del tratamiento enzimático.

Evaluar las variables de crecimiento del maíz (*Zea mays* L) las cuales son diámetro de tallo, altura, color, aspecto, número de hojas y mazorcas, así como la medición de la clorofila en lapsos de tiempo diferentes durante el crecimiento de la misma, antes del tratamiento enzimático.

#### **IV. CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO**

El área en la que se realizó este proyecto, fue en el rancho “La gloria” ubicado en el municipio de Villaflores, Chiapas. Así también fueron utilizados, los laboratorios de biotecnología e ingeniería ambiental del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

En el laboratorio de biotecnología se utilizó el área de pesado y almacenamiento de la materia prima, así mismo fue utilizado el laboratorio de ingeniería ambiental, en el cual se preparó la materia prima, donde se le realizaron las determinaciones específicas y la preparación de las soluciones para llevar a cabo la técnica de Casida para poder evaluar la actividad enzimática de la deshidrogenasa.

El equipo de la AC del ITTG ha trabajado de modo particular en la garza, ubicada en la periferia de la colonia del mismo nombre, el cual se ubica en el municipio de villaflores, propiedad del señor Germán Jiménez Gómez.

La ubicación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicado en Carretera Panamericana, Km 1080, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; esta institución tiene como objetivo promover el desarrollo integral y armónico del educando con los demás, consigo mismo y con su entorno mediante una formación intelectual que lo capacite en el manejo de los métodos y los lenguajes sustentados, en los principios de identidad nacional, justicia, democracia, cultura, que le permite una mente y cuerpo sanos.

## **V. PROBLEMAS A RESOLVER**

Evitar la erosión del suelo, que ya es un problema grave en el estado de Chiapas.

Caracterizar física y químicamente los suelos, tanto de agricultura de conservación como convencional.

## **VI. ALCANZES Y LIMITACIONES**

### **6.1 alcances**

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

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

### **6.2 limitaciones**

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

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

## VII. FUNDAMENTO TEORICO

Chiapas es considerado un estado eminente agropecuario y lleno de contrastes. Por un lado sobresale su riqueza en recursos naturales y la oferta de servicios ecosistémicos y por otro lado, por la pobreza de su población, la ocurrencia de inundaciones y altos riesgos por efectos de cambios climáticos.

Uno de sus principales cultivos es el maíz, que ocupa el cuarto lugar nacional de producción, con un promedio de 1.7 millones de toneladas en 905 mil hectáreas; sin embargo, su rendimiento de 1.87 toneladas por hectáreas está por debajo de la media nacional. Las escasas productividad y rentabilidad están relacionadas con siembras en zonas sin potencial; la degradación de los suelos: física, química y biológica; los altos costos de producción: preparación del terreno, fertilizantes y cosecha, y los elevados riegos productivos por ocurrencias de sequías. Una parte importante de la superficie que siembra se ubica en las laderas con fuertes pendientes que, originan problemas de erosión hídrica de los suelos y daños a la economía por los excesos de escurrimientos en las partes bajas.

Ante esta problemática, es prioritario encontrar alternativas tecnológicas que, permitan elevar la productividad, bajar los costos y disminuir los índices de degradación ambiental, asociada a los cultivos.

Desde la década de los setenta el INIFAP identificó como unos de los principales problemas de la agricultura, la baja fertilidad y erosión hídrica de los suelos. Sin embargo, debido a la falta de recursos humanos, a la predominante visión a corto plazo y a las políticas oficiales, por ejemplo el crédito para la quema, no se brindaba la atención adecuada a estos problemas.

Fue en la década de los 80 cuando el INIFAP, CIMMYT y los productores unieron esfuerzos para atender y revertir esta problemática, en especial en las aéreas cultivadas con maíz de temporal, logrando hasta el momento avances significativos que, se han retomado en el marco de la iniciativa MasAgro para la implementación de una nueva estrategia con base en la AC que, sustenta en la red de hubs, para continuar con la difusión y adopción de tecnologías que involucran al productor como el principal detonante del cambio.

Más del 80% de la superficie de Chiapas, 6 millones de hectáreas, corre el riesgo potencial de sufrir erosión hídrica, con pérdidas estimadas en más de 200 toneladas por hectárea al año. De acuerdo a estas estimaciones, la erosión de los suelos es la principal amenaza para garantizar, a largo plazo, una agricultura sustentable. (MasAgro)

La erosión del suelo, además de afectar de forma negativa la productividad de los suelos, también contribuye a la contaminación del agua, daños por azolvamiento e inundaciones en las tierras bajas.

Al ser la erosión hídrica un fenómeno que origina una degradación paulatina de la capacidad productiva de los suelos, por lo general solo se le presta atención cuando sus daños son severos o irreversibles.

Entre las principales causas de este problema, destacan las altas precipitaciones, suelos frágiles, fuertes pendientes, deforestación, monocultivo de maíz excesivo laboreo de los suelos, no incorporar materia orgánica y no adoptar practicas de conservación de suelos y agua.

La agricultura de conservación se sustenta en acciones claves relacionadas con la mecánica de la erosión hídrica.

La primera acción trata de evitar que el suelo este descubierto y laboreado para que las gotas de lluvia no lo golpeen, directamente, e inicie el proceso de erosión; que la energía cinética de las gotas de lluvia se pierda al golpear el rastrojo cualquier otra cobertura que proteja al terreno.

La segunda busca disminuir al máximo el escurrimiento del agua de lluvia a través del terreno, para que el suelo no sea lavado año con año. Se trata de que la energía cinética del agua se vaya perdiendo conforme descienden desde la parte más alta del terreno, hasta chocar con la cobertura o practicas de conservación que tenga el suelo a lo largo de la pendiente.

Hay que recordar que, debido a la acción de la gravedad, el agua de lluvia y todo lo que arrastra corre con determinada velocidad y fuerza que, depende de la cantidad de lluvia, de la pendiente del terreno y de la cobertura que tenga el suelo como protección.

Por ello la agricultura de conservación se rige bajo los siguientes principios básicos:

- a) Mantener una cobertura de residuos de cultivo sobre la superficie del terreno, para disipar la energía cinética de las gotas de lluvia. Una acción clave en los cultivos anuales es no quemar los residuos de cosechas que, además, ayudan a recuperar la fertilidad del suelo.
- b) Reducir al mínimo el movimiento del suelo, para evitar que los escurrimientos lo arrastren con facilidad.

c) Disipar la energía cinética de los escurrimientos para evitar la erosión hídrica o lavado de los suelos. Se recomienda regular las infiltraciones en forma organizada, empezando desde las laderas (partes altas) hacia las partes bajas.

Una de las opciones técnicas es el establecimiento de barreras vivas en forma perpendicular a la pendiente del terreno

d) Rotar los cultivos, intercalando gramíneas con leguminosas, para aumentar la protección del suelo, incorporarles materia orgánica de alta calidad y mejorar sus propiedades. Las especies de leguminosas: frijol común, mucuna, canavalia y otras, son seleccionadas de acuerdo a las características de los suelos al régimen de las lluvias de cada zona, durante todo el año.

La interacción de estos principios permite ubicar ala AC como una alternativa para asegurar sistemas agrícolas sustentables, y en una escala mayor, conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas.

La degradación del suelo, en todas sus formas, es una de las principales inquietudes de la agricultura, sin embargo, como no se le presta atención suficiente, se agota sin medida y disminuye su calidad. Se considera uno de los problemas más serios, porque reduce su fertilidad y contamina las aguas superficiales (Fernández *al.*,2004)

Con razón principal, esta variación de los suelos se ocasiona, porque los sistemas de producción agrícola convencionales no dejan el rastrojo de la cosecha anterior en la superficie y queda el suelo desnudo durante la estación de lluvia. Su laboreo excesivo y el que se efectúa en condiciones de baja humedad, deterioran su estructura e incrementan este riesgo de erosión, sobre todo por el agua y aire (González, 2005).

Bajo condiciones de riego en surcos, hay una diversidad de factores que la interactúan y afectan; entre ellos, la velocidad del flujo de entrada del agua, la pendiente del campo y del tipo de suelo (Fernández *al.*, 2004).

Los microorganismos y los productos de su metabolismo son los componentes vivientes del suelo y constituyen uno de los parámetros útiles para la medición de su fertilidad. Sin embargo, la medida de la actividad de estos microorganismos es difícil de evaluar debido a la compleja estructura de las comunidades que alberga y sus relaciones, sobre todo en función al ecosistema u otros factores de efecto dominante (Bitton, 1983).

Ya que los microorganismos reaccionan fácil y rápidamente a estímulos ambientales, los parámetros de efectos específicos son difíciles de determinar en medio de un gran número de variables influyentes que pueden ser desconocidas o no constantes; es por ello que la variancia en los ensayos es crítica para los procesos de detección de efectos y de interpretación de datos (Burton & Lanza, 1986).

La medición de CO<sub>2</sub> producido es una estimación de la actividad y, por lo tanto de la presencia microbiana, tal actividad varía en función de muchos factores, como el uso del suelo, mineralogía, cobertura vegetal, prácticas de manejo, calidad de los residuos que entran al sistema, factores ambientales, entre otros (Jenkinson, 1992).

Los factores involucrados en la actividad microbiana, tales como temperatura, pH, humedad, disponibilidad de oxígeno, nutrientes inorgánicos y accesibilidad al sustrato, influyen en la descomposición de la materia orgánica. Así también, ha sido señalado que la actividad y estabilidad de las enzimas en el suelo es regulada por muchos factores como pH (Frankenberger & Johanson, 1983)

La actividad bioquímica total del suelos está constituida por una serie de reacciones catalizadas por enzimas (Skujins, 1967). Las enzimas son proteínas solubles, de naturaleza orgánica y estado coloidal, elaboradas por las células vivas, que actúan independientemente 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 mas estudiadas dentro de las cuales se encuentran la deshidrogenasa, catalasa, peroxidasa, fenoxidasa y glucosidasa, asi bien lo han sido otros grupos como las hidrolasas, liasas y transferasas. Las enzimas del suelo pueden dividirse, además, en dos grupos: extracelulares (exoenzimas o abióticas) e intracelulares (endoenzimas).

La determinación de la actividad de la deshidrogenasa (ADH) es un reflejo de las actividades oxidativas de la microflora del suelo (Ladd, 1978; Skujins, 1978).

Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo (Rossel *et al.*, 1997). 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 (Trevors, 1984).

La deshidrogenasa ha sido propuesta como un indicador de la actividad biológica de un suelo (Skujins, 1976) y es uno de los métodos comúnmente usados para determinar la actividad de los microorganismos (Trevors, 1984; Casida *et al.*, 1964). La alta correlación encontrada entre la deshidrogenasa con otros parámetros involucrados con la actividad biológica del suelo tales como: el C de la biomasa, la relación C-biomasa/COT y la respiración basal (Reddy y Faza, 1989) hacen aún confiable su determinación como índice de actividad microbiana.

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteínica producidas por los seres vivos y que se encargan de acelerar reacciones químicas o hacer posibles aquellas reacciones que de otra manera no se producirían.

Dicho de otro modo, son catalizadores biológicos que, al reducir la energía de activación necesaria para las reacciones, transforman las sustancias involucradas en el metabolismo celular (incluyendo el anabolismo o reacciones de construcción, y el catabolismo o reacciones de destrucción). La velocidad de la reacción catalizada por una enzima depende del pH, de la fuerza iónica, de la temperatura y de la presencia o ausencia de inhibidores (Burns, 1982).

La mayoría de las enzimas actúan dentro de las células, pero algunas son extracelulares.

La actividad enzimática del suelo es importante porque refleja el estado en el que se encuentran sus poblaciones microbianas y su relación con la biología del suelo, la producción de biomasa, la degradación de contaminantes y la conservación de ecosistemas (Doran, 2002). En agricultura, la actividad enzimática y otros indicadores biológicos, como la biomasa microbiana, se emplean como una medida de la fertilidad y del impacto de esta actividad en los suelos (García-Ruiz *et al.*, 2008); en análisis ambiental, como un indicador de contaminación (Schinner *et al.*, 1993), y en biotecnología, como medida de la eficiencia de los tratamientos biológicos para remediar suelos impactados por diferentes contaminantes, incluyendo los hidrocarburos (Margesin *et al.*, 2000a).

En el caso de suelos contaminados con hidrocarburos (Wyszkowska y Kucharski 2000) han reportado una disminución de la actividad enzimática, en particular de ureasas, deshidrogenasas y fosfatasas. Una diferencia se presenta con las lipasas, las cuales muestran una gran actividad en suelo contaminado con hidrocarburos, probablemente porque intervienen más directamente en el proceso de biodegradación de estos compuestos (Margesin, 2005).

En este capítulo se describen algunos métodos enzimáticos que son útiles para evaluar el comportamiento enzimático de suelos contaminados y biorremediados.

El pH de un suelo es el resultado de múltiples factores, entre los que cabe destacar:

- Tipo de minerales presentes en un suelo
- Meteorización (de tales minerales y los que contiene la roca madre)
- Humificación en sentido amplio (descomposición de la materia orgánica)
- Dinámica de nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados
- Propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio iónico

Cuando nos referimos al pH del suelo, solemos hacerlo a la solución de las aguas del suelo en un momento dado, aunque ya veremos que existen otros tipos de estimaciones. En consecuencia, estimamos la fracción activa de iones hidrógeno  $[H^+]$ . En base a esta última podemos clasificar los suelos según su grado de acidez en los siguientes tipos:

- Muy ácido  $pH < 5,5$
- Ácido  $5,6 < pH < 6,5$
- Neutro  $6,6 > pH < 7,5$
- Básico o ligeramente alcalino  $7,6 > pH > 8,5$
- Muy alcalino  $pH > 8,6$

## VIII. METODOLOGIA

### 8.1 materia prima

Las muestras de suelos, plantas y mazorcas, fueron proporcionadas en el rancho "La Gloria", 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 que se le realizaron a los suelos.

Se obtuvieron 108 muestras en cultivos simple de maíz (*Zea mays*) y 18 muestras de los tratamientos naturales con neem y matarraton, todas las muestras fueron de 1 kg, recolectando antes y después de la cosecha.

Las mazorcas fueron recolectas por bloque, seleccionando las mejores 10 para aplicarles las pruebas correspondientes a nivel laboratorio.

### 8.2 parámetros de suelos

#### 8.2.1 % 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<sub>2</sub> es poco soluble en agua.

Se tomaron 5 g de muestra de suelo por triplicado, utilizando cajas petry de cristal y se metieron en la estufa a 24 horas con una temperatura de 120°C.

### 8.2.2 Capacidad retención 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 adicione 100 ml de agua destilada y se dejó 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 y poder observar la recepción de agua por parte del suelo, para enseguida pasando las 24 horas, pesar las muestras y por diferencia de pesos, obtener los resultados.

### 8.2.3 pH

El pH del suelo es una de las propiedades químicas más relevantes ya que controla la movilidad de iones, la precipitación y dilución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La remoción de bases (calcio, magnesio, potasio) sin reposición de las mismas, conlleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de suelos (Vazquez, 2005)

Por otra parte, la aplicación de fertilizantes también contribuye a la disminución de pH del suelo (Liebig *et al.*, 2002), dependiendo dicho efecto de la capacidad del tampón del mismo. El uso de fertilizantes fosfatados y nitrogenados se ha incrementado desde mediados de los 90, y asta en la actualidad, el consumo de fertilizantes (fosfatados mas nitrogenados) se ubica alrededor de 120 kg/Ha (Melgar, 2006).

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. Sin embargo, a partir de tal umbral las producciones de los cultivos pueden mermarse ostensiblemente. En la mayoría de los casos, los pH altos son indicadores de la presencia de sales solubles, por lo que se requeriría acudir al uso de cultivos adaptados a los ambientes salinos.

En vasos de precipitado fueron agregados 5 g de muestra de suelo y se le adicione 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.

### **8.3 variables de crecimiento en las plantas de maíz.**

Se monitoreo el crecimiento en las plantas de maíz, durante los 60, 75 y 90 días después de la emergencia. Seleccionando 5 plantas por parcela, los parámetros que se monitorearon fueron diámetro de tallo, longitud de la planta, altura de la mazorca, numero de mazorcas, % daño total, coloración, aspecto y numero de hojas; el monitoreo se llevo a cabo tanto en agricultura convencional y de conservación para observar la diferencia en crecimiento en ambos experimentos.

### **8.4 variables de cosecha en las mazorcas.**

El rendimiento del maíz y en general para todos los cultivos, no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando el grano llega a su máximo contenido de materia seca. Sin embargo, para mantener la producción hasta su comercialización es necesario sacarla del campo oportunamente. No hacerlo, significa un deterioro en la cantidad y calidad del grano, lo que se traduce en menores utilidades para el agricultor.

El grano llega a su madurez fisiológica cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 por ciento. La cosecha mecanizada se puede comenzar cuando el grano tiene aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15% Arriba o abajo de estos límites, los granos se aplastan, se parten o pulverizan.

Al obtener la cosecha, fueron seleccionadas 10 mazorcas por cada parcela, para tener una buena selección de las mazorcas, se tuvieron como base algunos parámetros de calidad física como: tamaño, color, no dañadas y no podridas; fueron pesadas después de su selección para obtener un peso de campo favorable y pasando 24 horas, se volvieron a pesar para obtener el peso que habían perdido por la pérdida de humedad después de la cosecha.

A nivel laboratorio, las mazorcas fueron pesadas nuevamente, se midió su diámetro, longitud, se desgranaron para enseguida pesar los granos y los oletes.

## **8.5 Humedad en granos de las mazorcas.**

Se tomaron muestras de cada uno de los bloques, esto se hizo cualitativamente, llegando al límite que el moisture check plus nos indicaba, enseguida se tapaba y presionando el botón test, nos arrojaba el porcentaje de humedad presente en los granos de maíz.

## **8.6 actividad enzimática de la deshidrogenasa**

### **8.6.1 técnica de casida**

#### ***Incubación de las muestra***

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

#### ***Extracción y medición del 1, 3, 5-trifenilformazano***

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

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

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

#### ***Controles***

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

## IX. RESULTADOS

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

### 9.1 Variables de crecimiento en cultivos de maíz (*Zea mayz L.*)

#### 9.1.1 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 maíz (*Zea mays L.*) a los 90 días de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

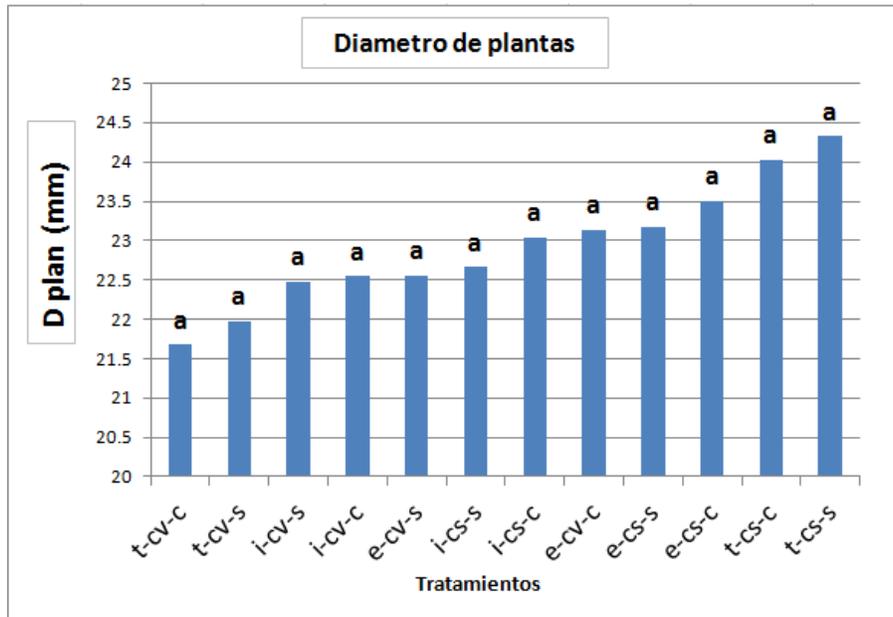


Figura 1.- Resultados del análisis estadístico en plantas de maíz, para el diámetro del tallo por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable del diámetro del tallo de las plantas de maíz, mostro que no existe diferencia significativa.

### 9.1.2 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 maíz (*Zea mays* L.) a los 90 días de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

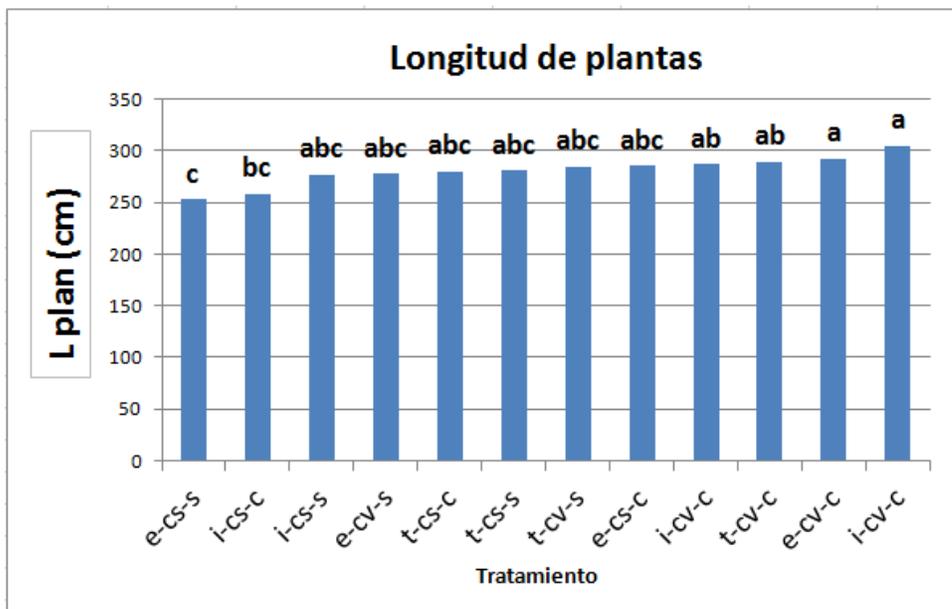


Figura 2.- Resultados del análisis estadístico en plantas de maíz, para la longitud de las plantas por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de longitud de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento de inyectado con agricultura convencional con rastrojo mostro que existe diferencia significativa, siendo mayor con un 16.9% que las tratadas con el tratamiento expuesto con agricultura de conservación sin rastrojo.

### 9.1.3 Numero de hojas

A continuación se muestran en la Graf. 3 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 maíz (*Zea mays* L.) a los 90 días de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

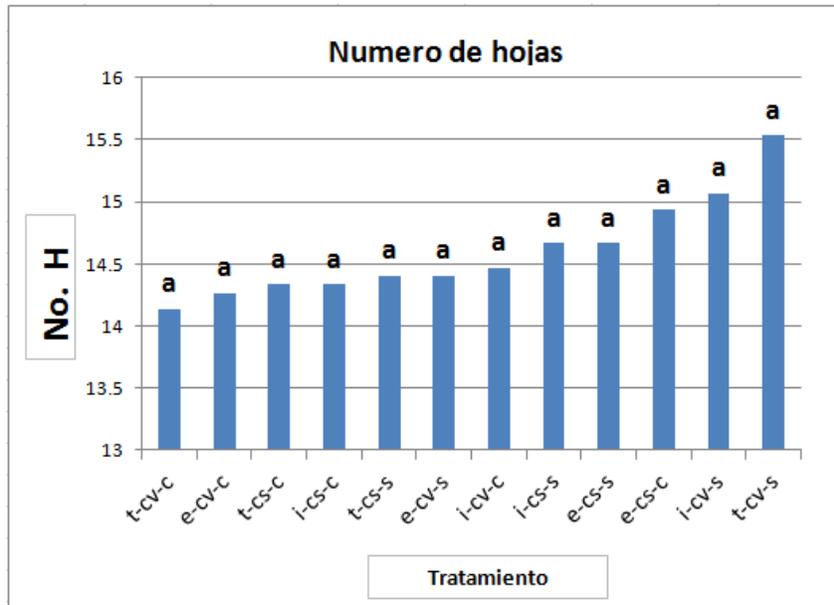


Figura 3.- Resultados del análisis estadístico en plantas de maíz, para el número de hojas por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable del número de hojas de las plantas de maíz, mostro que no existe diferencia significativa.

#### 9.1.4 Numero de mazorcas por cada planta.

A continuación se muestran en la figura 4 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de numero de mazorcas de las plantas (pplas), en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) a los 90 días de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

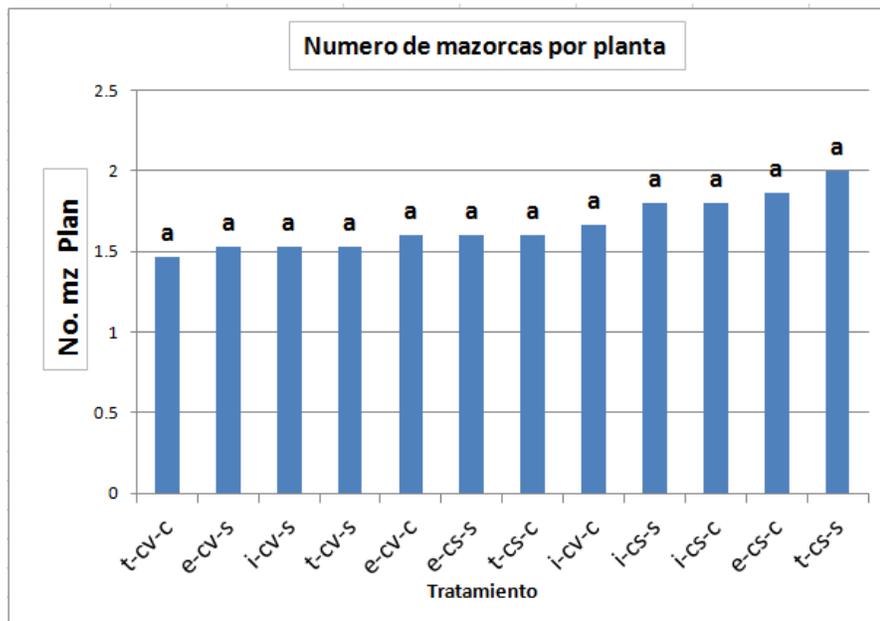


Figura 4.- Resultados del análisis estadístico en plantas de maíz, para el número de mazorcas por planta por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable del número de mazorcas de las plantas de maíz, mostro que no existe diferencia significativa.

### 9.1.5. Altura de la mazorca en la planta

A continuación se muestran en la figura 5 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de crecimiento de altura de las mazorcas de las plantas (pplas), expresada en centímetros (cm), en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) a los 90 días de la emergencia (dde) con los diferentes tratamientos.

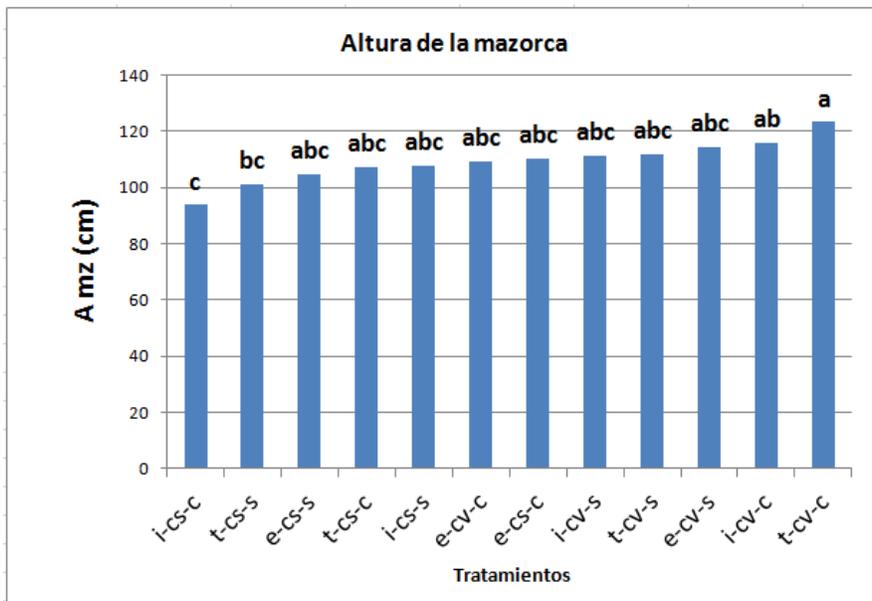


Figura 5.- Resultados del análisis estadístico en plantas de maíz, para la altura de las mazorcas de las plantas por cada tratamiento; a los 90 dde. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de altura de la mazorca de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento tapado con agricultura convencional con rastrojo mostro que existe diferencia significativa con los otros tratamientos, siendo mayor con un 23.9% que las tratadas con el tratamiento inyectado con agricultura de conservación con rastrojo.

## 9.2. Variables de cosecha en mazorcas.

### 9.2.1. Diámetro de las mazorcas.

A continuación se muestran en la Figura 6 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de cosecha en diámetro de mazorcas, expresado en milímetros (mm), en las plantas de maíz (*Zea mays*) a después de la cosecha con los diferentes tratamientos.

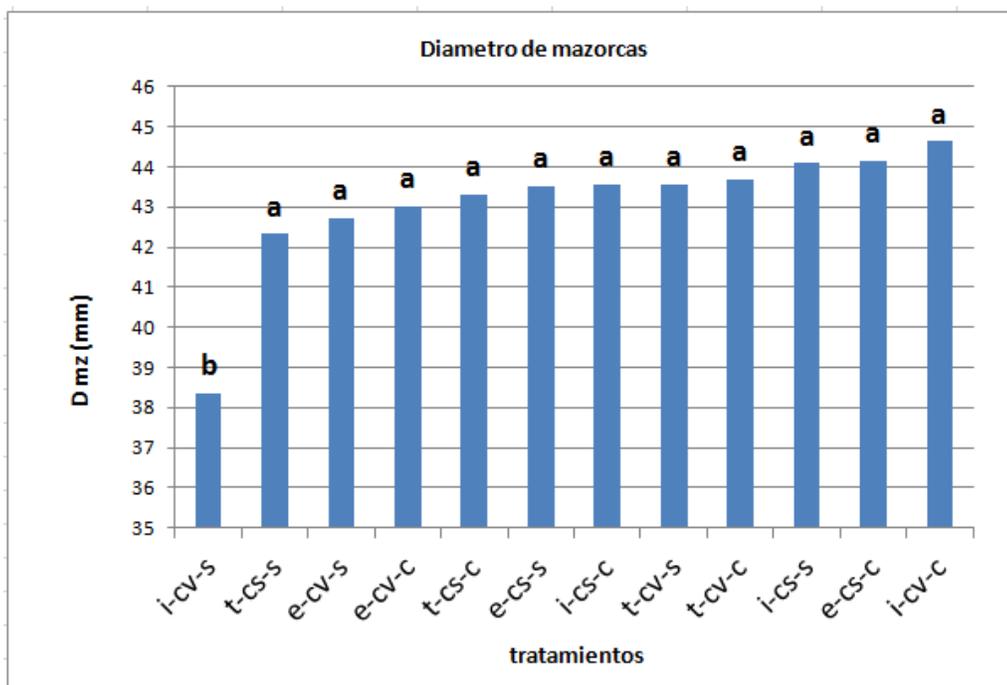


Figura 6.- Resultados del análisis estadístico en cosecha, para obtener el diámetro de cada mazorca por cada tratamiento; después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de diámetro de la mazorca de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento inyectado con agricultura convencional con rastrojo, mostro que existe diferencia significativa, siendo un 14.06% mayor que el tratamiento inyectado convencional sin rastrojo.

### 9.2.2. Longitud de las mazorcas.

A continuación se muestran en la figura 7 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de cosecha en longitud de mazorcas, expresado en centímetros (cm), en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) después de la cosecha con los diferentes tratamientos.

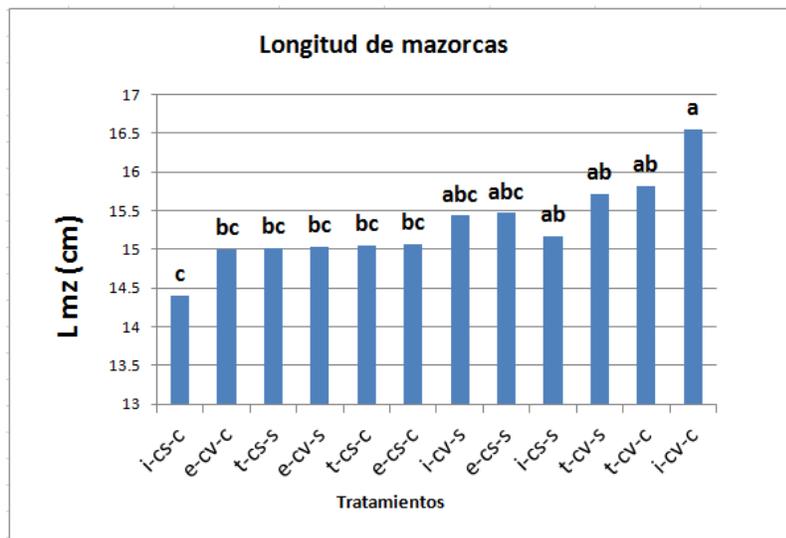


Figura 7.- Resultados del análisis estadístico en cosecha, para obtener la longitud de cada mazorca por cada tratamiento; después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de longitud de mazorca de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento inyectado con agricultura convencional con rastrojo, mostro que existe diferencia significativa, siendo un 12.9% mayor que el tratamiento inyectado de agricultura de conservación con rastrojo.

### 9.2.3. Granos por hilera

A continuación se muestran en la figura 8 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de cosecha en granos por hileras en las mazorcas, en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) después de la cosecha con los diferentes tratamientos.

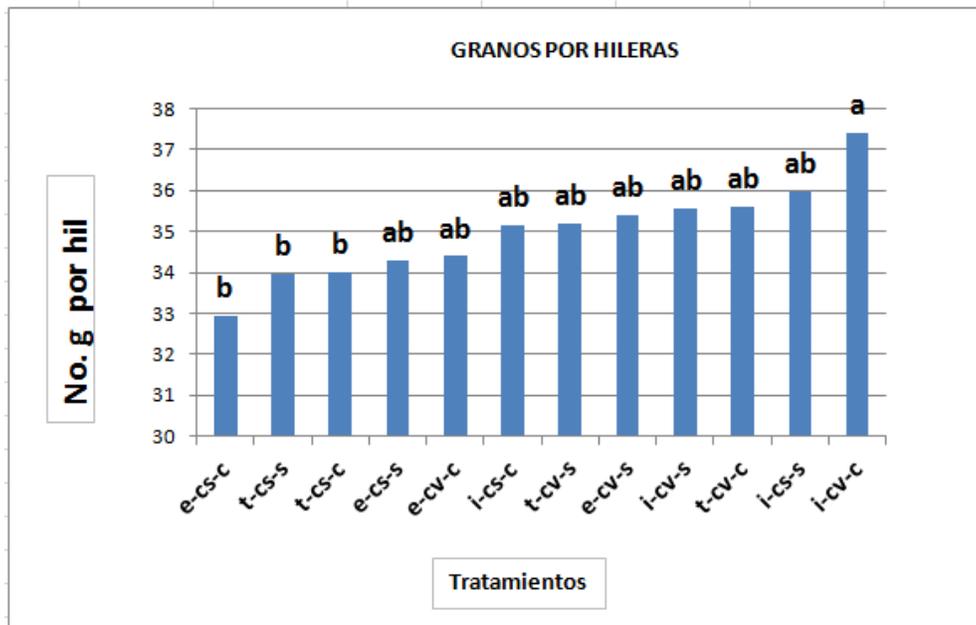


Figura 8.- Resultados del análisis estadístico en cosecha, para obtener los granos por hileras de cada mazorca por cada tratamiento; después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de número de granos de hileras por mazorca de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento inyectado con agricultura convencional con rastrojo, mostro que existe diferencia significativa, siendo un 11.9% mayor que el tratamiento expuesto de agricultura de conservación con rastrojo.

### 9.2.4. Numero de hileras

A continuación se muestran en la figura 9 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de cosecha en número de hileras en las mazorcas, en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) después de la cosecha con los diferentes tratamientos.

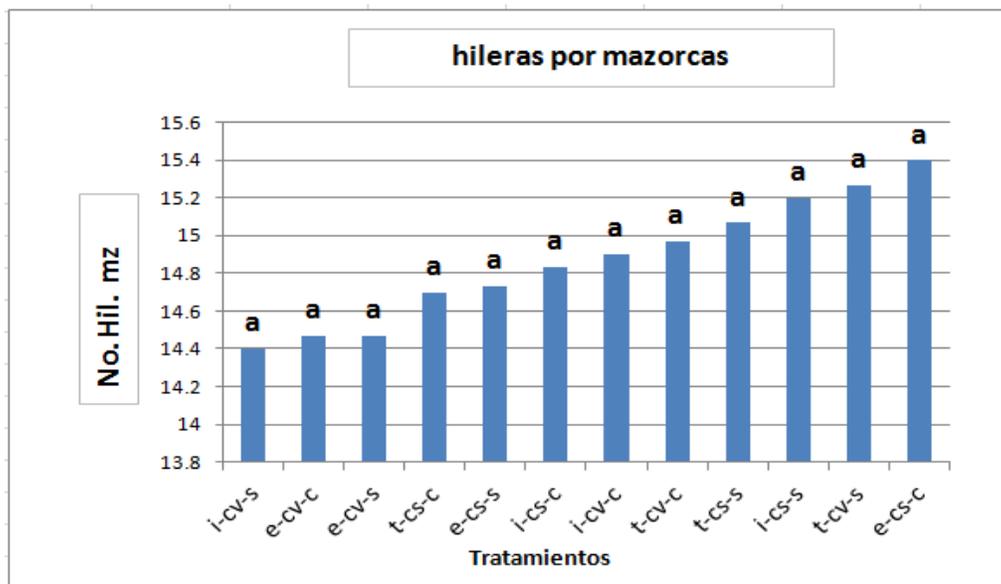


Figura 9.- Resultados del análisis estadístico en cosecha, para el número de hileras por mazorca por cada tratamiento; después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable del número de hileras por mazorcas de las plantas de maíz, mostro que no existe diferencia significativa.

### 9.2.5 Mazorcas dañadas.

A continuación se muestran en la figura 10 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la variable de cosecha en mazorcas dañadas, en las plantas de maíz (*Zea mays* L.) después de la cosecha con los diferentes tratamientos.

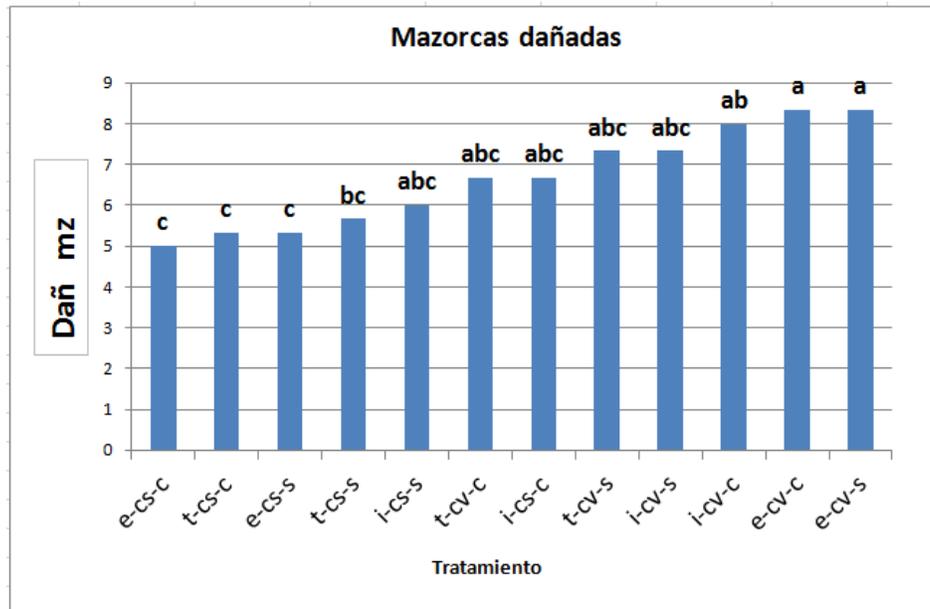


Figura 10.- Resultados del análisis estadístico en cosecha, para el número de mazorcas dañadas por cada tratamiento; después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de mazorcas dañadas de las plantas de los cultivos de maíz, en el tratamiento expuesto con agricultura convencional sin rastrojo, mostro que existe diferencia significativa, siendo un 39.9% mayor que el tratamiento expuesto de agricultura de conservación con rastrojo.

### 13.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

A continuación se muestran en la figura 11 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de capacidad de retención de agua en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes tratamientos.

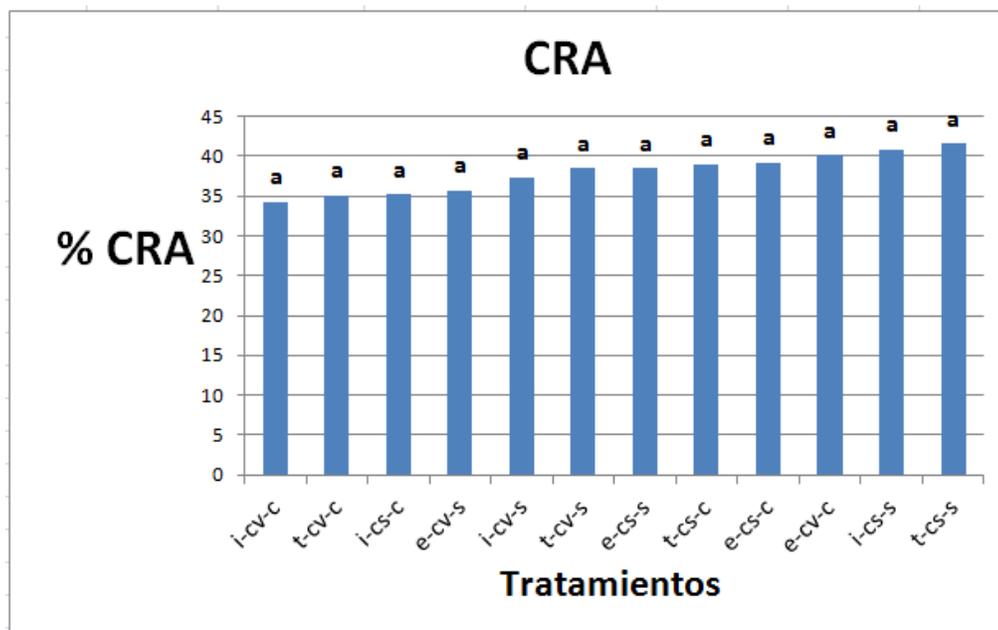


Figura 11.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.), para la capacidad de retención de agua por cada tratamiento. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro de capacidad de retención de agua (CRA) de los diferentes suelos de los cultivos de maíz, mostro que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

### 13.2 Medición de pH

A continuación se muestran en la figura 12 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para el parámetro de pH, expresado en ácido o base, en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes tratamientos.

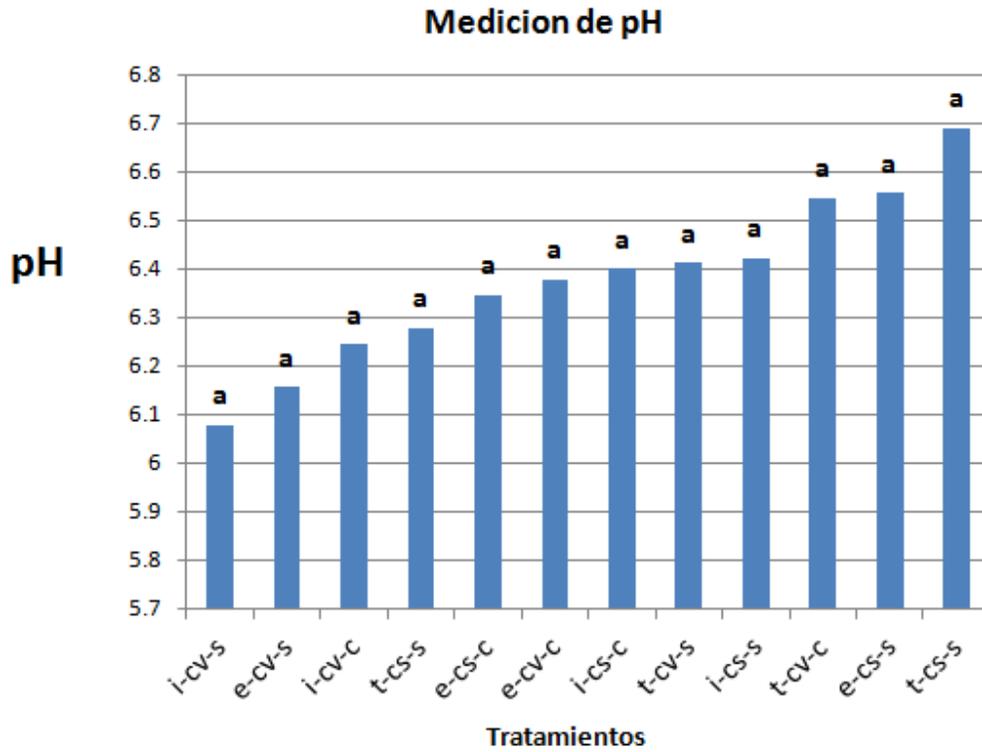


Figura 12.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.), para la medición de pH en suelos por cada tratamiento. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En el parámetro de medios de pH de los diferentes suelos de los cultivos de maíz, mostro que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

### 13.3 Actividad de la deshidrogenasa

A continuación se muestran en la figura 13 los resultados obtenidos del análisis estadístico (programa estadístico, SAS, 1989) para la producción de TPF, expresado en miligramos sobre mililitros (mg/ml), en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes tratamientos.

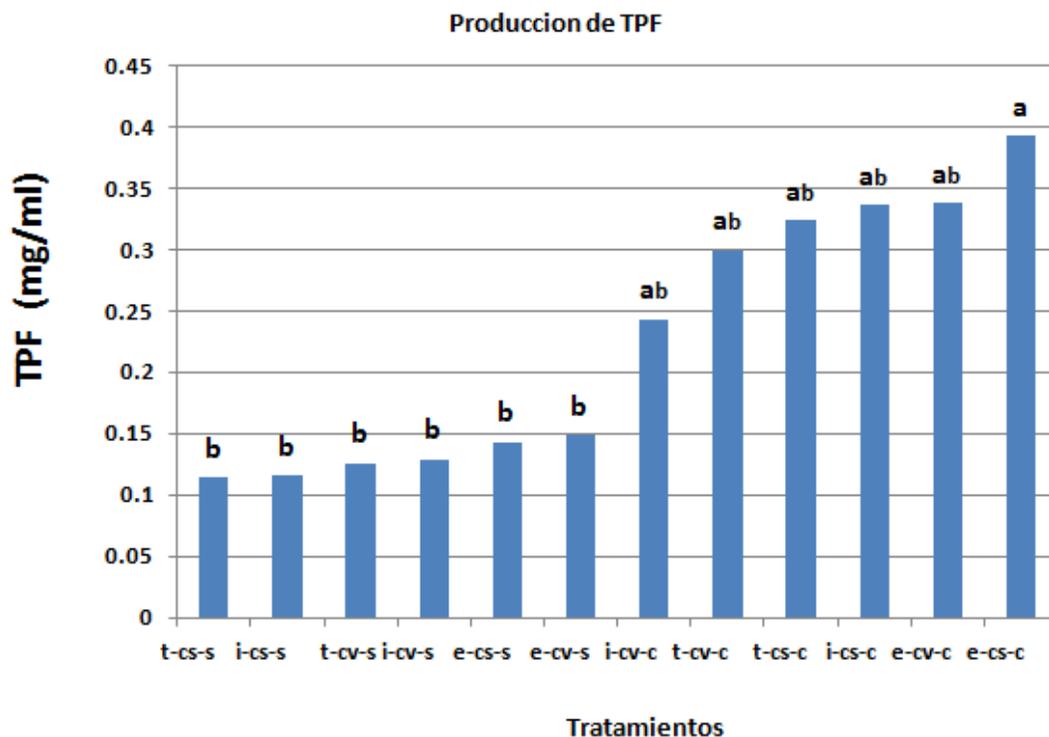


Figura 13.- Resultados del análisis estadístico en suelos de cultivo de maíz (*Zea mays* L.), para la producción de TPF en suelos por cada tratamiento, después de la cosecha. (Tukey 95% de confianza  $P \leq 0.005\%$ ). Letras iguales, no existe diferencia significativa, letras diferentes existe diferencia significativa en los tratamientos.

En la variable de producción de TPF en suelos de los cultivos de maíz, en el tratamiento expuesto con agricultura convencional con rastrojo, mostro que existe diferencia significativa, siendo un 70.9% mayor que el tratamiento tapado de agricultura de conservación sin rastrojo.

## X. DISCUSION DE RESULTADOS

Marelli (1998) indico que sólo la siembra directa que permita una cobertura de rastrojos de por lo menos el 60% puede ser considerada una efectiva práctica conservacionista. La cobertura del rastrojo disminuye la energía de impacto de la gota de lluvia y reduce también el escurrimiento por retardo del tiempo de inicio del mismo.

En base a los suelos analizados, no obtuvimos diferencias en retención de agua, sin embargo, el tratamiento tapado e inyectado en agricultura convencional con rastrojo, junto con el inyectado en agricultura de conservación con rastrojo, retuvieron menos agua, comparado con el tratamiento tapado en agricultura de conservación sin rastrojo, fue el que retuvo más agua, es posible que debido al tiempo de aplicación del rastrojo no se tenga una integración de este al suelo, pero si se evito el escurrimiento tal como los indica Marelli *en 1998*,

Skujins *en 1967*, indico que 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 independientemente de estas, tienen poder catalítico específico y se destruyen por el calor húmedo a 100°C.

García-Ruiz *et al., 2008*, nos indico que 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 nuestro estudio, los cultivos que fueron tratados con rastrojo, tanto en agricultura de conservación como convencional, tuvieron una producción mayor de enzimas deshidrogenasa en comparación con las que no se utilizo rastrojo, es posible que esto se deba a los nutrientes que se le proporcionaron al suelo por medio del rastrojo, que sirven también a los microorganismos productores de dicha enzima en la materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica en el suelo, constituye a la proliferación de microorganismos productores de enzima deshidrogenasa, entonces, tal y como lo menciona *García-Ruiz et al., 2008*, esto nos servirá como un indicador, el cual nos dirá si dicho suelo es fértil para realizar cultivos de maíz.

Frankenberger & Johansson *en 1983*, nos indico que los factores involucrados en la actividad microbiana, tales como temperatura, pH, humedad, disponibilidad de oxígeno, nutrientes orgánicos y accesibilidad al sustrato, influyen en la descomposición de la materia orgánica. Así también, ha sido señalado que la

actividad y estabilidad de las enzimas en el suelo es regulada por muchos factores como pH.

Vazquez *en 2005*, nos menciona que el pH del suelo es una de las propiedades químicas más relevantes ya que controla la movilidad de iones, la precipitación y dilución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La remoción de bases (calcio, magnesio, potasio) sin reposición de las mismas, conlleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de suelos.

En nuestro estudio, observamos que el pH medido en las muestras de suelo, permitió tener viable a los microorganismos que produce la deshidrogenasa, ya que el pH óptimo para el suelo, regula la actividad y estabilidad enzimática, como lo explica Frankenberger & Johansson *en 1983*.

Este resultado positivo de pH, se reflejó en la producción de TPF por la actividad enzimática de la deshidrogenasa, ya que los microorganismos pudieron degradar la materia orgánica y obtener los nutrientes necesarios para su actividad enzimática, a través de las reacciones redox como lo menciona Vazquez *en 2005*.

## **XI. CONCLUSION**

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

Observamos que el dejar el rastrojo en los suelos de cultivo benefician la actividad enzimática (deshidrogenasa) de este, por lo que aumenta la degradación del rastrojo en el suelo haciendo este más fértil y posiblemente con una capacidad de degradación de compuestos orgánicos más rápida.

En la obtención del 1, 3, 5-trifenilformazano (TPF), a partir de la actividad enzimática de la deshidrogenasa en suelos de cultivos de maíz con el tratamiento expuesto en agricultura de conservación con rastrojo, existió diferencia significativa con el tratamiento tapado en agricultura de conservación sin rastrojo.

Los cultivos tratados con rastrojo en agricultura convencional y de conservación, mostraron efectivos positivos en la producción de 1, 3, 5 – trifetilformazano (TPF) a comparación con los tratamientos sin rastrojo que fue una producción casi nula de TPF.

El dejar el rastrojo en los suelos de cultivo observamos que tanto en agricultura convencional y de conservación, ayudan al el aumento de nutrientes en los suelos, evita la erosión del suelo, beneficiando el mejor ambiente para el desarrollo del cultivo y de la actividad bioquímica del suelo.

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

Burns, R.G. 1982. Enzyme activity in soil: Location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology and Biochemistry*. 14, 423-427.

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

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

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.

Hinchcliffe, F. I., Guijt, J.N., Pretty y Shah, P. 1995. New Horizons: the economic, social and environmental impacts of participatory watershed development. Summary Workshop in Bangalore, India, Nov. 28 to Dec 12, 1994. International Institute For Environment And Development (IIED), London Gatekeeper Series SA 50 22p.

Liebig, M.A., G.E. Varvel, J.W. Doran, y B.J. Wienhold. 2002. Crop sequence and nitrogen fertilization effect on soil properties in the western corn belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:596-601

Margesin, R., Walder, G., Schinner, F. 2000a. The impact of hydrocarbon remediation (diesel oil and polycyclic aromatic hydrocarbons) on enzyme activities and microbial properties 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.

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

Melgar, R. 2006. El Mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. En: *fertilidad de suelos y fertilidad de cultivos*. H.E.

Echeverria y F.O. Garcia (eds). Edicitorial INTA Buenos Aires, Argentina. Pp 489 - 502

Schinner, F., Bayer, H., Mitterer, M. 1993. The influence of herbicides on microbial activity in soil materials. *Australian Journal of Agricultural Research*. 34, 22-30.

Schnitzer, M. 1986. The synthesis, chemical structure, reactions and functions of humic substances. In: Humic substances: effect on soil and plants. R.G. Burns, G. dell' Agnola, S. Miele, S. Nardi, G. Savoini, M. Schnitzer, P. Sequi, D. Vaughan and S.A. Visser (Eds.) Congress on Humic Substances. March 1986, Milan

Trevors, J.T. 1984. Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry*. 16, 673-674.

Wyszkowska, J., Kucharski, J. 2000. Biochemical properties of soil contaminated by petrol. *Polish Journal of Environmental Studies*.9, 479-485.

Vazquez M.E. 2005. Calcio y magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. En: fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. (ed HE Echeverria y FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. Pp. 161-188.

Wyszkowska, J., Kucharski, J. 2000. Biochemical properties of soil contaminated by petrol. *Polish Journal of Environmental Studies*.9, 479-485.

### XIII. ANEXOS



Figura 1. Cultivos de maíz con rastrojo en el rancho “La Gloria”, Villaflores, Chiapas.



Figura 2. Cultivos de maíz sin rastrojo en el rancho “La Gloria”, Villaflores, Chiapas.



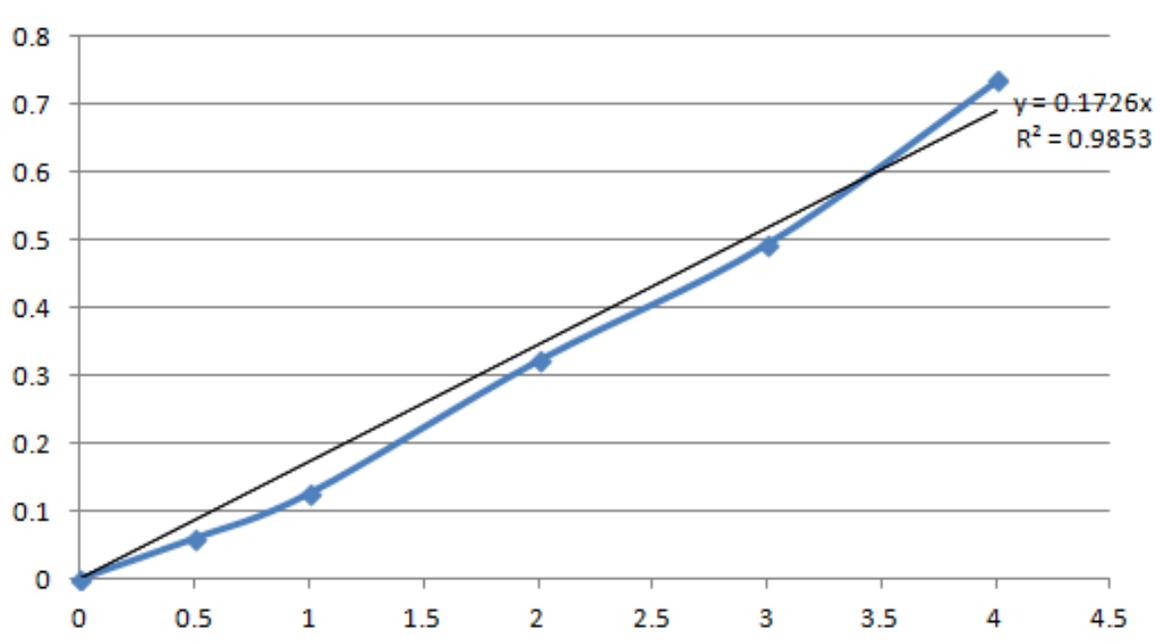
Figura 3. División de los cultivos de maíz sin y con rastrojo en el rancho "La Gloria",



Figura 4. Obtención de las muestras de suelo a cierta profundidad

Figura 5. Curva de calibración de cloruro 2, 3, 5, trifeniltetrazolio (TTC)

conc	abs
0	0
0.5	0.059666
1	0.126
2	0.32166
3	0.494333
4	0.734666



**Figura 6. Producción de TPF por la actividad enzimática de la deshidrogenasa**

trat	bloq	par	abs	conc TPF (mg/ml)
i-cv-c	1	1	0.051	0.295480881
t-cv-c	1	2	0.049	0.283893395
e-cv-c	1	3	0.038	0.220162225
i-cv-s	1	4	0.021	0.121668598
t-cv-s	1	5	0.018	0.10428737
e-cv-s	1	6	0.021	0.121668598
i-cs-c	1	7	0.044	0.254924681
t-cs-c	1	8	0.032	0.185399768
e-cs-c	1	9	0.066	0.382387022
i-cs-s	1	10	0.011	0.06373117
t-cs-s	1	11	0.031	0.179606025
e-cs-s	1	12	0.021	0.121668598
i-cv-c	2	1	0.033	0.191193511
t-cv-c	2	2	0.044	0.254924681
e-cv-c	2	3	0.081	0.469293163
i-cv-s	2	4	0.022	0.127462341
t-cv-s	2	5	0.025	0.144843569
e-cv-s	2	6	0.028	0.162224797
i-cs-c	2	7	0.067	0.388180765
t-cs-c	2	8	0.047	0.27230591
e-cs-c	2	9	0.052	0.301274623
i-cs-s	2	10	0.027	0.156431054
t-cs-s	2	11	0.012	0.069524913
e-cs-s	2	12	0.016	0.092699884
i-cv-c	3	1	0.042	0.243337196
t-cv-c	3	2	0.062	0.359212051
e-cv-c	3	3	0.056	0.324449594
i-cv-s	3	4	0.024	0.139049826
t-cv-s	3	5	0.022	0.127462341
e-cv-s	3	6	0.028	0.162224797
i-cs-c	3	7	0.063	0.365005794
t-cs-c	3	8	0.088	0.509849363
e-cs-c	3	9	0.085	0.492468134
i-cs-s	3	10	0.022	0.127462341
t-cs-s	3	11	0.016	0.092699884
e-cs-s	3	12	0.037	0.214368482

