



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRICOLA

**Impacto de tres sistemas de labranza, mejoradores de suelo y rotación de cultivos en el nivel de micronutrientes (Cu, Fe, Zn) de un suelo franco-arcilloso.**

Por:

**JORGE ALBERTO DURAN REYES**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRICOLA

IMPACTO DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA, MEJORADORES DE SUELO Y ROTACIÓN DE CULTIVOS EN EL NIVEL DE MICRONUTRIENTES (FE,CU,ZN) DE UN SUELO FRANCO-ARCILLOSO.

Por:

JORGE ALBERTO DURAN REYES

## Tesis

Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO AGRICOLA

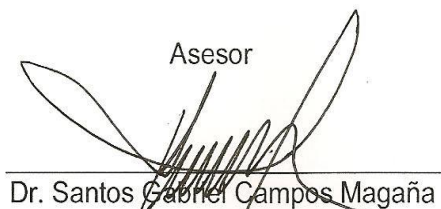
Aprobado por el comité de Tesis

Asesor principal:



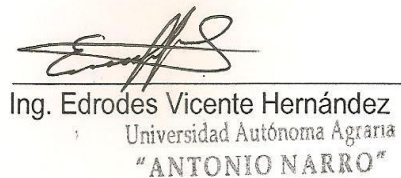
Dr. Martin Cadena Zapata

Asesor



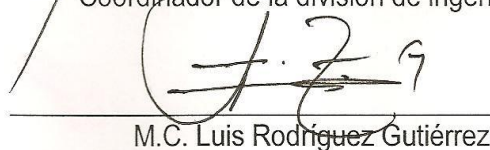
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Asesor



Ing. Edrodes Vicente Hernández  
Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la división de ingeniería



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2012

## DEDICATORIAS

*A mi padre dios por darme el regalo más grande y preciado que pude recibir de él que es la vida, por estar siempre a mi lado en las buenas y malas, pendiente de todo lo que necesitaba, por darme la inteligencia, capacidad y fuerza, alentándome de siempre seguir adelante y guiándome por el buen camino.*

*Con mucho cariño y respeto para las personas que más amo en esta vida y que lo merecen todo, brindándome la oportunidad de formarme como un profesional “Mis padres”.*

*A mi padre: **Sr. Blas Duran Sosa** por ser el pilar de la familia a ti que con su enseñanza dura y rigurosa aprendí a ser valiente y enfrentarme a cualquier problema que se interponga en mi camino, a ti por brindarme apoyo y confianza depositada en mí, a ti por el sacrificio económico que siempre me has brindado, gracias por aconsejarme y guiarme por el buen camino, eres y serás el mejor ejemplo de mi vida.*

*A mi madre: **Sra. Eufemia Duran y reyes** por darme la vida por brindarme el apoyo de madre en todos los buenos y malos momentos de mi vida, por los sacrificios, el esfuerzo y el apoyo moral que siempre me has brindado, a ti que sin importar hasta donde quería llegar siempre estabas apoyándome, que a pesar de la distancia siempre estaba presente su cariño y amor de madre, gracias por tu apoyo, consejos, confianza y el deseo que yo saliera siempre adelante, logrando ser la persona que soy ahora, eres y serás la mejor madre que haya tenido en mi vida. Gracias.*

*A mis hermanos: **Rosalino Hernández Hernández y Joaquín Duran Reyes**, por su ayuda emocional y económica, a su estilo demostraron su apoyo, cariño y preocupación hacia mí, el cual siempre lo tuve presente, gracias por siempre alentarme en seguir adelante. Gracias hermanos.*

*A mis tíos: **Elena Reyes Guzmán, Emigdio, Isaías Reyes Guzmán, Margarito Reyes Guzmán**, quienes siempre me estuvieron aconsejando y apoyando emocionalmente en seguir adelante y por el buen camino.*

*A mis primos: **Danixa Jary Reyes Miranda** quien siempre la considere como la hermana que nunca tuve, a ella que siempre me brindo su amistad, su confianza, su tiempo y cariño, gracias por entenderme, aconsejarme y estar presente en los buenos y malos momentos, a **Luis Miguel Reyes Miranda** quien siempre te considero como un hermano más, gracias por tus consejos y apoyo emocional.*

*A mis amigos inseparables de generación: **Daicy Martínez Vilchis, Jorge Asís Esteves, Marco Faustino Mendoza, Gerardo Gonzales López**, quienes siempre tuve un apoyo condicional, quienes nunca me negaron su ayuda, quienes con ellos pase momentos inolvidables. Gracias amigos.*

*Mis amigos de cuarto quienes realizaron mi estancia más agradable **Michael Huesca, Alberto Quevedo, José Manuel Morales, Marcos Antonio Vega y Ángel Ivan García**. Y a una grandiosa amiga que siempre estuvo en comunicación, brindándome su apoyo, tiempo, cariño, consejos y su amistad, quien siempre me escucho y comprendió, estando con migo en los buenos y malos momentos. Gracias **Daisy Andrea Pérez Castillo**.*

***“Lo que antes comenzó como un sueño hoy se ha convertido en realidad gracias a todos”***

## AGRADECIMIENTOS

*A mi Alma Terra Mater por abrirme las puertas y sus instalaciones para la culminación de una etapa más en mi vida, siempre estaré agradecido y me sentiré muy orgulloso de ser Narro.*

*A mi comité de asesores por la paciencia y confianza que tuvieron en mi:*

*Dr. Martin Cadena Zapata.*

*Dr. Santos Gabriel Campos Magaña.*

*Ing. Edrodes Vicente Hernández*

*A los maestros del departamento de Maquinaria agrícola: Dr. Martín Cadena Zapata, M.C. Héctor U. Serna Fernández, Ing. Juan Arredondo Valdez, Ing. Juan A. Guerrero Hernández, Ing. Blanca E. de la Peña Casas, M.C. Tomás Gaytán Muñiz, Ing. Rosendo Gonzales Garza, Dr. Jesús R. Valenzuela García, Dr. Santos G. Campos Magaña, Ing. Jorge A. Flores Berrueto, M.C. Mario Alberto Méndez Dorado, M.C. Genaro Demuner Molina por los conocimientos transmitidos durante mi estancia en la universidad. Y todo el personal del departamento que siempre me trato amablemente y siempre me ayudo.*

## Resumen

El presente proyecto de investigación se realizó con el objetivo de determinar los efectos que generan los mejoradores de suelo (Algaenzims, Miyaorganic y Micorrizas) en un corto plazo, interpretando en qué medida influye la interacción de estos mejoradores de suelo en la disponibilidad de micronutrientes (Cu, Fe y Zn).

Se realizó la preparación del sitio experimental con sistemas de labranza (LC, L0 y LV) distribuidas en 9 parcelas de 40m X 12m, cada una de ellas dividida en 4 subparcelas, aplicando los 3 mejoradores de suelo y dejando una subparcela como Testigo, utilizando una dosis de aplicación de 1kg/ha para Micorriza, 1lts/ha de Alga enzimas y 3Ton/ha en composta.

La evaluación de micronutrientes fue en un cultivo de avena forrajera en el ciclo Otoño-invierno, se obtuvieron muestras de suelo a profundidades de 0-15 y de 15 a 30 cm, posteriormente fueron llevadas al laboratorio para determinar el contenido de micronutrientes mediante el método de ácidos diluidos en agua (Wear y Evans)

Se analizaron y compararon todos los datos de los mejoradores y el testigo en el software R versión 2.13.1, dentro de las cuales estadísticamente comparando los 3 mejoradores orgánicos de suelo (Alga enzimas, Micorrizas y Myorganic), junto con el testigo no se encuentran diferencias en cuanto a la disponibilidad de micronutrientes en un corto plazo.

**Palabras clave:** *Ácidos diluidos, mejorador de suelo, micronutriente, sistema de labranza.*

## **INDICE GENERAL**

DEDICATORIAS.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes.....	1
Identificación del problema. ....	2
Justificación.....	3
Hipótesis.....	3
Objetivo. ....	3
REVISION DE LITERATURA .....	4
Sistemas de labranza .....	4
Labranza convencional (LC) o Labranza tradicional (LT). ....	6
Labranza de conservación y Labranza mínima. ....	8
Labranza cero (L0). ....	11
Labranza vertical (LV). ....	14
Mejoradores de suelo. ....	15
Composta. ....	16
Alga enzimas.....	19
Micorrizas.....	24
Indicadores de calidad del suelo. ....	27
Indicadores químicos en la calidad de suelo. ....	36
Indicadores químicos del suelo. ....	37
Métodos para determinación micro elementos en el suelo (Cu, Fe y Zn). ....	38
MATERIALES Y METODOS.....	42
Clima.....	42
Geología.....	43
Vegetación.....	43

Determinación de micro elementos Cu, Fe y Zn.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	47
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES. ....	56
REFERENCIAS.....	57
PAGINAS CITADAS .....	72
ANEXOS .....	76



## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Consecuencias de la preparación del suelo sobre la degradación y pérdida de productividad así como efectos externos de la LT (Adaptado de Derpsch, 1997).....	7
Figura 2. Acople de herramientas en tándem sembrando en solo un paso. ....	10
Figura 3. Labranza Cero .....	11
Figura 4. Labranza vertical .....	15
Figura 5. Composición de la composta.....	17
Figura 6. Efecto de los extractos de las algas marinas en la plantas y en el suelo. ....	20
Figura 7. Las micorrizas se extienden por el suelo proporcionando agua y nutrimentos a las plantas y protegiendo a las raíces de algunas enfermedades (Tomado de Brundrett et al, 1996; citados por Carreón, 2007). ....	26
Figura 8. Principales componentes de la calidad de suelo (Doran y Parkin, 1994). ....	28
Figura 9. Triángulo Moebius para las tres dimensiones implícitas en el concepto sostenibilidad. (Hünemeyer et al. 1997). ....	34
Figura 10. Enfoque para la definición de indicadores (Hünemeyer et al. 1997). ....	35
Figura 11. Localización del campo experimental .....	42
Figura 12. Esquema del arreglo experimental .....	44
Figura 13. Espectrofotómetro de adsorción atómica, utilizado para determinar los micro elementos (Fe, Cu y Zn).....	46

## INDICE DE CUADRO.

Cuadro 1. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del suelo. ....	29
Cuadro 2. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para L0 monocultivo-Fe. ....	47
Cuadro 3. Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para L0 Rotación-Fe.....	48
Cuadro 4. Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Monocultivo-Cu. ....	49
Cuadro 5. Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Monocultivo -Fe. ....	50
Cuadro 6. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Rotación -Cu.....	50
Cuadro 7. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Rotación -Fe.....	51
Cuadro 8. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Monocultivo -Cu.....	52
Cuadro 9. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Monocultivo -Fe.....	52
Cuadro 10. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Rotación -Cu .....	53
Cuadro 11. Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Rotación -Fe.....	54
Cuadro 12. Determinación de Cu, Fe y Zn total en las muestras de suelo a dos profundidades para cada sistema de labranza en la etapa 2.....	76

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Con el paso del tiempo, las malas prácticas de labranza o factores naturales, han dado como resultado suelos en mal estado en cuanto a sus propiedades entre ellas las propiedades químicas (nutrimentos). En el mundo, la degradación química afecta a 239 millones de hectáreas de suelos (Oldeman, 1994). En México, 15% del territorio está afectado por la lixiviación de bases o pérdida de nutrientes a estratos más profundos del suelos y 20% por procesos de salinidad (Becerra, 1998).

El deterioro de la tierra o desertificación es el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo (Duarte, 1990). Este proceso ha sido definido como “la disminución o destrucción del potencial biológico de los recursos naturales ocasionados por el mal uso y manejo de los mismos, lo que trae como consecuencia procesos degenerativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas en su entorno” (Ortiz et al., 1994).

Las diversas formas de degradación en los suelos, derivadas primordialmente del uso y manejo que se le da a las tierras, se han transformado en la mayor limitación para la expansión e intensificación de la agricultura en todo el mundo.

Es decir, son los principales obstáculos para la producción de los futuros requerimientos de alimentos para la población mundial. Los procesos más extendidos y dañinos de degradación de los suelos son la erosión hídrica y eólica, compactación, sellado y encostramiento, pérdida de materia orgánica, salinización y acidificación y acumulación de tóxicos, todos los cuales a su vez provocan un continuo deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Pla 1993, RELACO 1995, Becerra 1998, de la Rosa y Crompvoets 1998, Valetin e Ingram 1998, Cerdá y Lavee 1999, Mendoza *et al.* 2001, Pando *et al.* 2003, Schoijet 2005).

De acuerdo con estimaciones hechas por la Food and Agriculture Organization (FAO) debido a la desertificación, cada año dejan de ser productivas de seis a siete millones de hectáreas en el mundo, y a este ritmo, en menos de 200 años el hombre habrá agotado todas las tierras productivas del planeta (Duarte, 1990).

El uso de la agricultura altamente mecanizada contribuye a agravar el problema de la acelerada degradación del suelo, más aún, reduce la productividad suelo. De hecho, la agricultura moderna tiende, en general, a la simplificación del ecosistema. Por ejemplo, la labranza ha alterado el suelo debido a la adición o eliminación de nutrientes.

De esta manera el material natural y orgánico a base de fertilización puede asegurar un suministro de elementos sin dañar el medio ambiente y los seres humanos (Álvarez, et al., 2005).

Por lo tanto, la incorporación de material orgánico se hace necesario, ya que aporta nutrientes y promueve la actividad de los microorganismos, la mejora de las condiciones del suelo para las plantas (Beltrán-Morales et al., 2004). Al utilizar mejoradores de suelo se crea un ambiente favorable para las raíces, mejorando así la estructura del suelo, aeración y la capacidad de retención del agua.

### **Identificación del problema.**

El uso de mejoradores orgánicos de suelo como complemento o en algunos casos sustitución del laboreo mecánico contribuye al manejo sostenible del suelo; la materia orgánica afecta las propiedades físicas y químicas del suelo entre otras: estructura del suelo, la capacidad de almacenamiento de agua, diversidad y actividad de organismos en el suelo (Bot y Benítez, 2005).

Por lo que representa un gran problema en las producciones bajas, la falta de interés sobre este tema ha dado en consecuencia: pocos estudios, carencia de

metodología estandarizada, y dificultad en predecir y cuantificar el comportamiento de ciertos niveles de micronutrientes en el suelo; No obstante, la deficiencia de cualquier micronutriente puede provocar problemas en el crecimiento de la planta y desarrollo de las raíces, repercutiendo en la producción, tanto en calidad como en cantidad.

### **Justificación.**

El uso incontrolado de labranzas agresivas en el suelo, traen como consecuencia suelos en mal estado, un suelo adecuado trae un correcto crecimiento y desarrollo de plantas al utilizar diferentes alternativas para el mejoramiento del suelo (mejoradores), además se amplía la diversa información y conocimientos que necesitan para el tema poco abordado.

### **Hipótesis.**

Cualquier mejorador de suelo en combinación con sistemas de labranzas y rotación de cultivo, mantiene niveles adecuados de micronutrientes en un suelo franco-arcilloso para sostener su calidad y producción.

### **Objetivo.**

Determinar el efecto inmediato (segundo ciclo del cultivo) de los mejoradores de suelo orgánicos en el contenido y disponibilidad de micronutrientes en el suelo.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Sistemas de labranza**

Labranza o preparación de suelos, es la utilización mecánica con el fin de alterar su estructura y disminuir su resistencia a la penetración de las raíces para convertirlo en un medio con condiciones óptimas para la germinación de las semillas y el desarrollo productivo de los cultivos (Figuroa y Morales, 1994).

Un sistema de labranza se puede definir como una serie secuencial de actividades que deben conducir a obtener a través del tiempo un suelo ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas, que permita que ellas expresen su potencial genético sin restricciones. Se hace con el fin de corregir cualquier factor limitante que posea el suelo y controlar cualquier proceso degradativo.

En forma más detallada los objetivos principales de la labranza del suelo son:

- 1) Preparación de la cama de raíces y semillas, otorgándoles a estas condiciones favorables para la germinación, un desarrollo del sistema radicular ampliamente en profundidades, sin que se encuentren con terrones grandes ni bolsas de aire y crecimiento de las plántulas del cultivo. La profundidad deberá regularse según sean las necesidades del cultivo y de la profundidad del perfil arable.

- 2) Acondicionamiento del suelo, permitiendo los procesos físicos, químicos y biológicos que incrementan los contenidos de materia orgánica.

- 3) Exponer el material orgánico descompuesto en la superficie del suelo, mejorando la estructura de la capa arable, la aireación, la infiltración del agua, la penetración radicular y la resistencia a la erosión, además de controlar insectos dañinos.

4) Control de malezas, consiste en roturar e invertir el perfil, eliminando las especies que compiten con el cultivo por agua, luz, nutrientes y espacio edáfico (Relaco, 1998; Acevedo y Martínez, 2003).

La labranza del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. Los beneficios de una buena labranza incluyen adecuada aireación para el desarrollo de las raíces, buen movimiento del agua en el suelo (infiltración, percolación y drenaje), adecuada regulación de la temperatura del suelo para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas, y adecuada retención de humedad para uso de éstas. Quizás el atributo más importante del suelo, que podría asegurar estos beneficios, es su espacio poroso (Aluko y Koolen, 2001).

Un suelo bien constituido permite buena entrada del agua, aumento del flujo de aire, e incrementa la capacidad de sostener agua (Boyle et al. 1989).

La fragmentación del suelo es el objetivo principal de la mayoría de las operaciones de labranza, para crear en el suelo un ambiente favorable para el establecimiento y el crecimiento del cultivo (Munkholm, 2001).

El sistema de labranza de suelos (tiempo, profundidad, tipo e intensidad de labranza) afecta la incorporación de residuos de cosecha y la velocidad de descomposición de la materia orgánica (Etana et al., 1999)

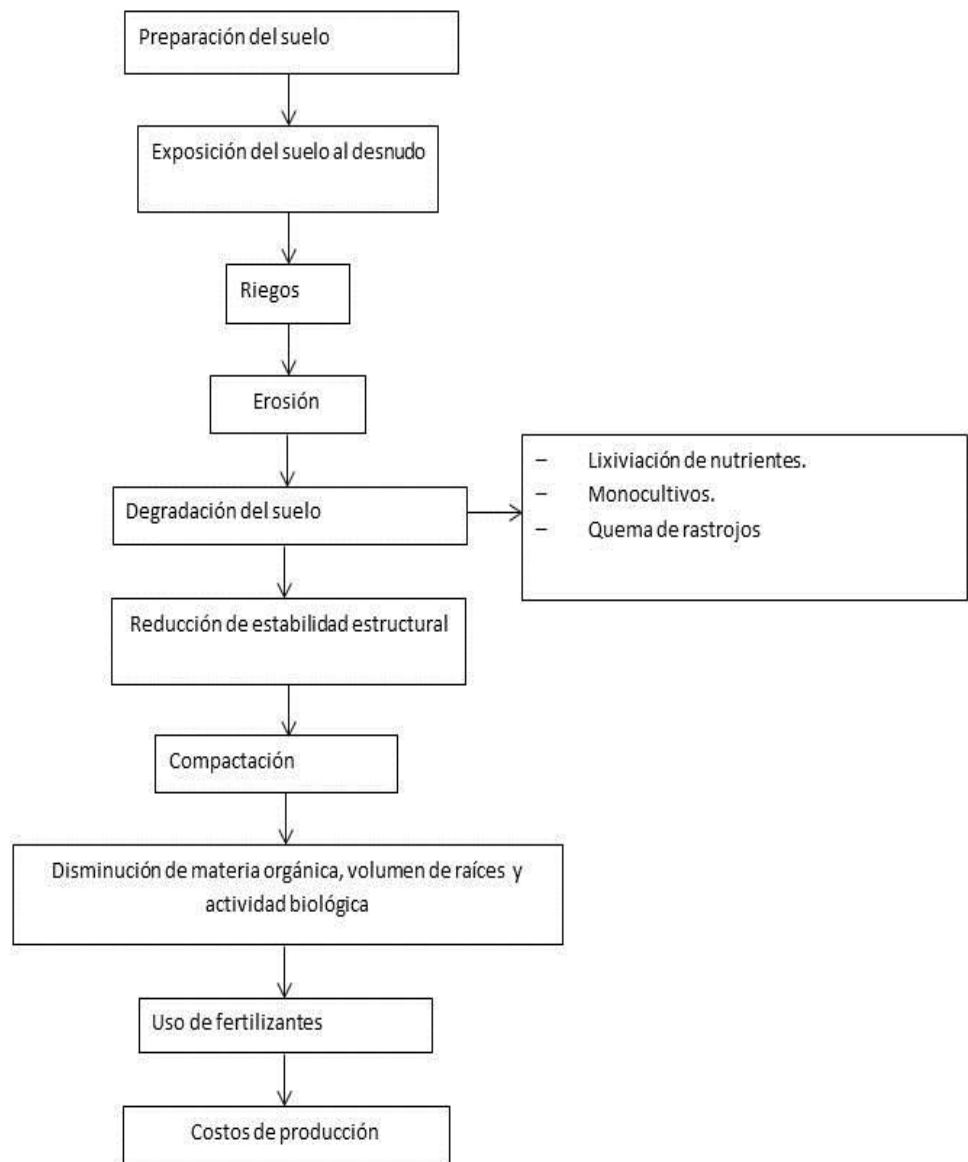
Las labranzas del suelo influyen sobre la mayor o menor incorporación de materia orgánica, el grado de compactación, la aireación y la mineralización, produciendo cambios en el corto o largo plazo, los cuales deben ser medidos a fin de detectar pautas de manejos equivocadas y planificar su corrección. Los distintos sistemas de labranza producen diferentes efectos en el suelo, a través de un mayor o menor movimiento del mismo y de la ubicación en la que se dejan los residuos del cultivo (Costantini *et al.*, 1999).

## **Labranza convencional (LC) o Labranza tradicional (LT).**

Los agricultores practican LC o LT, la cual consiste en invertir los primeros 15 cm de la superficie, con el objetivo de mover e incorporar restos del cultivo anterior, permitiendo que este se suelte, airee y se mezcle, facilitando el ingreso del agua, mejorando la mineralización de nutrientes, disminuyendo las plagas y enfermedades en la superficie del suelo (Riquelme, 1992 ;Sierra, 1990).

Con el sistema de LC o LT el suelo se deteriora por pérdida de elementos nutritivos, principalmente por erosión (Sierra, 1990), por compactación por el constante paso de maquinaria y pérdida de materia orgánica como se observa en la Figura 1; (Riquelme, 1992). De este modo, la disponibilidad de estos nutrimentos en el suelo, se vería afectada al ser absorbidos por las plantas.





**Figura 1.** Consecuencias de la preparación del suelo sobre la degradación y pérdida de productividad así como efectos externos de la LT (Adaptado de Derpsch, 1997).

La labranza convencional es desarrollada sin adoptar nuevas prácticas o nuevos aportes tecnológicos, siguiendo la habitual rutina tradicional y usando implementos agresivos que invierten el suelo, con un consiguiente alto costo operativo (arado de vertedera y arado de discos), generando así, la destrucción y pérdida progresiva del recurso suelo (Venegas, 1990).

Generalmente, la labranza convencional implica más de una operación con corte e inversión del suelo. En LT se tiende a producir una distribución homogénea de los nutrientes en los primeros 20 cm. de suelo con un contenido total de elementos nutritivos menor, producto de una mayor pérdida por erosión (Follett y Peterson, 1988; Sierra, 1990).

Las labranzas agresivas aceleran la descomposición de la materia orgánica y destruyen los agregados estables (Dexter 1991), provocando la disminución del carbono y nitrógeno potencialmente mineralizables (Woods, Schuman 1988).

## **Labranza de conservación y Labranza mínima.**

### **a) Labranza de conservación.**

La labranza de conservación consiste en reducir al mínimo la alteración mecánica del suelo manteniendo gran parte de los residuos de cultivos sobre la superficie del suelo. El sistema exige mínimo un 30% de cobertura seca sobre el suelo después de la siembra. (Erestein, 1995). Bien aplicada permite detener o reducir los procesos de degradación del suelo, incrementa la materia orgánica y estabilidad de agregados en el suelo superficial evitando la formación de sello superficial aumentando los valores de infiltración del agua. También la cobertura permite mejorar el control de la erosión eólica. (Pla Sentis, 1994).

La agricultura de conservación requiere la implementación de tres principios o pilares los cuales son:

- 1) Mínimo movimiento de suelo por el uso de labranzas.
- 2) Rotaciones de cultivos como cultivos de cobertura.
- 3) Constante residuos orgánicos en la superficie del suelo.

Las ventajas de una labranza de conservación pueden resumirse en lo siguiente.

1. **Reducción del número de labores.** Al reducir el número de labores y o de pasadas sobre el terreno disminuye el tiempo empleado y la compactación por el tránsito de los equipos.

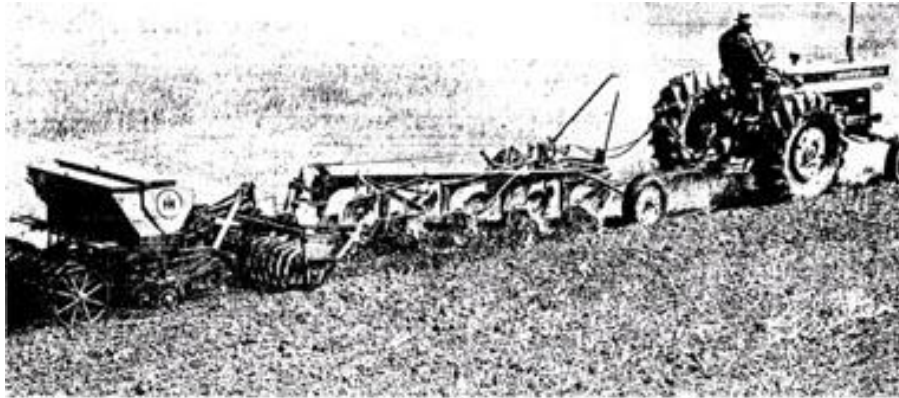
2. **Mejoran las características físicas del suelo.** Remover el suelo lo menos posible mejora su estructura y presenta un mejor porcentaje de agua acumulada, disminuye lixiviación de nutrientes y sustancias químicas del suelo en los mantos freáticos. El rastrojo que se deja sobre la superficie retiene el carbono, la materia orgánica acumulada funciona como una capa protectora, que evita que el agua escurra libremente y reduce la velocidad del viento, limitando así la evaporación.

3. **Rendimientos comparables.** Las investigaciones han demostrado que las siembras hechas con labranza tradicional y con métodos de conservación dan rendimientos similares.

4. **Menor tiempo empleado.** Al ser necesario un menor número de pasadas se reduce el tiempo empleado con el consiguiente ahorro de combustible y los equipos quedan disponibles para otros trabajos.

#### **b) Labranza mínima (LM) o Labranza reducida.**

La idea general se basa en realizar en una o máximo dos labores en una sola operación, acoplado al tractor varias herramientas en tándem, realizando la preparación total del suelo y siembra en conjunto (Figura 2).



**Figura 2.** Acople de herramientas en tándem sembrando en solo un paso.

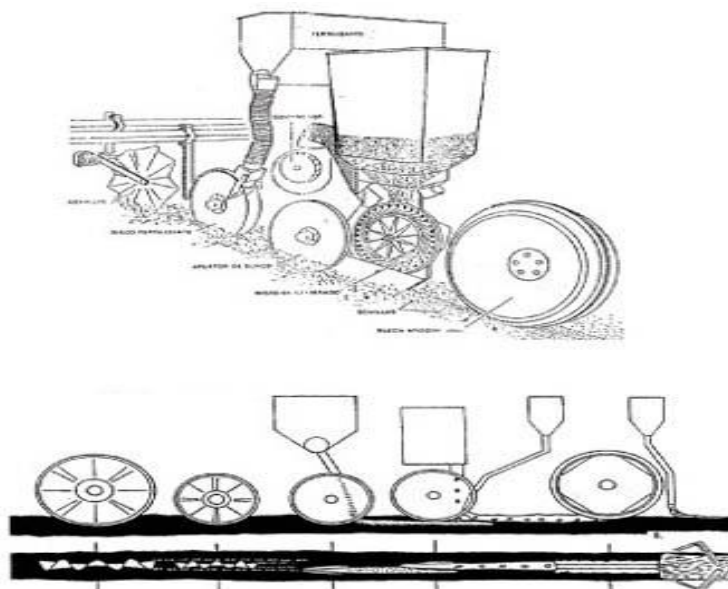
La compactación del suelo en la labranza conservacionista se reduce en forma sensible al disminuir el tráfico y aumentar la materia orgánica del suelo (Angers y Simard, 1986; Avnimelech y Cohen, 1988). Soane (1990) presentó varios mecanismos por los cuales la materia orgánica del suelo puede afectar la compactabilidad del suelo:

1. Mejor unión interna y externa de los agregados del suelo.
2. Mayor elasticidad del suelo y capacidad de recuperación.
3. Menor densidad debido a la mezcla de residuos orgánicos con la matriz del suelo.
4. Existencia temporal o permanente de redes de raíces.
5. Cambio localizado de cargas eléctricas de las superficies de las partículas de suelo.
6. Cambio en la fricción interna del suelo.

## Labranza cero (L0).

La siembra directa, también llamada labranza cero, consiste en realizar la colocación de las semillas sin labranza previa del suelo, con presencia del rastrojo del cultivo anterior, mediante una máquina sembradora de diseño especial, cuyo funcionamiento consiste en la abertura de un surco estrecho, con apenas de ancho y profundidad suficiente para obtener una cobertura adecuada de la semilla después de la siembra. Los demás componentes, disco sembrador, disco para aplicar fertilizante y rueda tapadora y prensadora es igual que una sembradora tradicional.

Esta técnica exige controlar las malezas con herbicidas, rotación de cultivos y competencia entre plantas, esto antes de la siembra, y también fertilizar debido a que la mineralización natural de los nutrientes del suelo se torna muy lenta. Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo. Posteriormente el cultivo permanece sin otros trabajos en el suelo (Figura 3).



**Figura 3.** Labranza Cero

La Siembra Directa puede ser definida como un sistema de siembra en un suelo no labrado, mediante la abertura de un surco estrecho, apenas de ancho y profundidad suficiente para obtener una cobertura adecuada de la semilla después de la siembra. Ninguna otra labranza del suelo es realizada (Phillips & Young 1973).

En L0 prácticamente todo el rastrojo queda en la superficie con un mínimo de perturbación del suelo, lo que permite:

- 1) Disminuir la erosión hídrica y eólica del suelo de una manera importante, mejorando sus propiedades físicas, como estructura y densidad aparente.
- 2) Mejorar la capacidad de retención de agua, aumentando la infiltración, disminuyendo el escurrimiento superficial y la pérdida por evaporación;
- 3) Aumentar el contenido de materia orgánica y algunos nutrientes, especialmente en el estrato superficial;
- 4) Aumentar la actividad de microorganismos en la zona radicular.

De acuerdo a Doran (1980) y Follet (2001) el mantenimiento de los residuos de cultivos sobre la superficie con la siembra directa modifica el ambiente físico, químico y biológico; por lo tanto, se esperan bajo estas condiciones grandes cambios en materia orgánica del suelo (MOS), incluyendo la masa microbiana (Spedding et al., 2004).

Del mismo modo, en L0 la rotación de cultivos se ha convertido en una herramienta importante debido a las ventajas comparativas que presenta en comparación al monocultivo. En relación a la disponibilidad de nutrientes se puede mencionar que:

1) Cultivos con raíces más sanas (debido al mejor control de plagas y enfermedades), están en mejores condiciones para absorber nutrientes del suelo, permitiendo disminuir dosis de fertilización y probabilidad de lixiviación de éstos.

2) En relación a la fertilidad química de los suelos, permite un uso más balanceado de los nutrientes, evitando desequilibrios químicos de importancia.

3) Disminuye considerablemente la evaporación del agua del suelo en superficie y, por lo tanto, aumenta su contenido hídrico, existe una mayor distribución de las raíces de la planta en especial en los primeros 5 cm del suelo (Phillips, 1985).

4) Cultivos con raíces profundas (alfalfa) pueden utilizar nutrientes ubicados más profundamente en el perfil del suelo. En el proceso, estas plantas pueden traer los nutrientes a la superficie, volviéndolos disponibles para los cultivos de raíces más superficiales.

Los nutrientes se encuentran concentrados en este mismo volumen del suelo, situación ideal para su captación óptima, especialmente durante los primeros estadios de crecimiento de la planta.

### **Las ventajas que presenta establecer un cultivo L0:**

1. Se siembra con la menor alteración del suelo.
2. Se controla la erosión al permanecer los rastrojos sobre el suelo.
3. Se puede trabajar en suelos con mayores pendientes.
4. La estructura del suelo permanece sin alteración.
5. Se eliminan los arados y rastras.

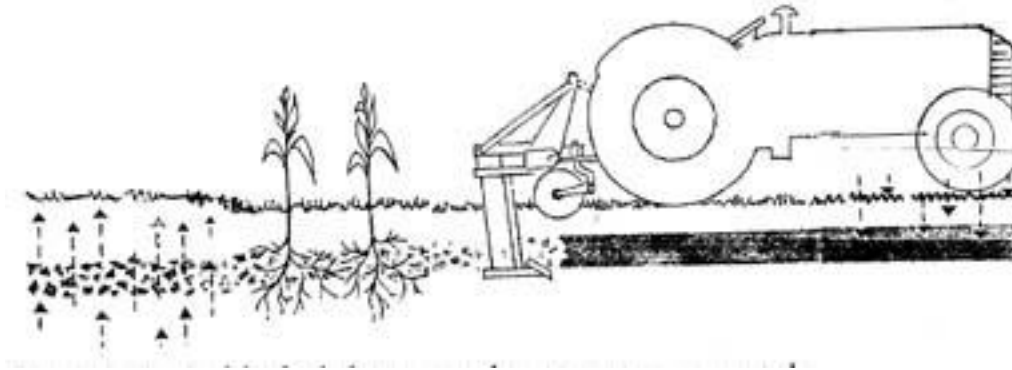
6. Se reducen las pérdidas de humedad por evaporación.
7. Se facilita la posibilidad de hacer dos siembras en la temporada.
8. Permite hacer siembras más oportunas.
9. Disminuyen los costos por economía de combustibles.
10. El tractor queda disponible para otros trabajos.
11. Los rendimientos son iguales o superiores.
12. Se reduce con el tiempo la presencia de malezas.

### **Labranza vertical (LV).**

La labranza vertical consiste en trabajar verticalmente el suelo con un arado cincel rígido o vibratorio que va hasta profundidades de unos 35 a 40 cm sin inversión de los horizontes (Figura 4). Con el objetivo de roturar, fragmentar y desgarrar las capas duras situadas bajo la profundidad normal de desarrollo radicular, para mejorar la infiltración, el drenaje, la penetración de las raíces, limitar la evaporación, evitando el movimiento superficial del suelo por el agua y el viento, manteniendo sobre la superficie un alto contenido de los rastrojos, contribuyendo a su conservación. En gran medida esta labranza se utiliza como estrategia ya que altera lo menos posible el estado natural del suelo, minimizando los esfuerzos que con otros métodos tradicionales resultan mayores.

El trabajo de esta labranza resulta siempre más rápido y económico puesto que la tracción necesaria es mucho menor al trabajar a la misma profundidad.





**Figura 4.** Labranza vertical

La labranza vertical presenta las siguientes ventajas:

1. Conserva sobre la superficie el máximo de residuos.
2. Favorece la infiltración de las aguas de lluvia.
3. Elimina la evaporación.
4. Elimina costras y pie de arado.

### **Mejoradores de suelo.**

Mejoradores de suelos son productos que se añaden al suelo para influir de manera positiva en su estructura y en su fertilidad. Contrariamente a los fertilizantes, los mejoradores de suelos no contienen tantos componentes nutritivos para las plantas. Estos productos se pueden utilizar independiente, o en combinación con fertilizantes y abonos.

La utilización de estos mejoradores logra:

- Suelos más fáciles de trabajar.

- Aumento de la bioactividad y la cantidad de humus.
- Una mejor relación aire-agua.
- Optimización de la situación de cal y nutrimentos.
- Aumento de la cantidad de humus.

### **Categorías de mejoradores.**

#### ➤ Mejoradores de suelos orgánicos:

Realizados completamente a partir de materias primas vegetales y/o animales (estiércol de vaca, estiércol de aves, estiércol de caballo etc.). Por su aplicación al suelo, se aumenta la cantidad de humus, o la cantidad de sustancias orgánicas.

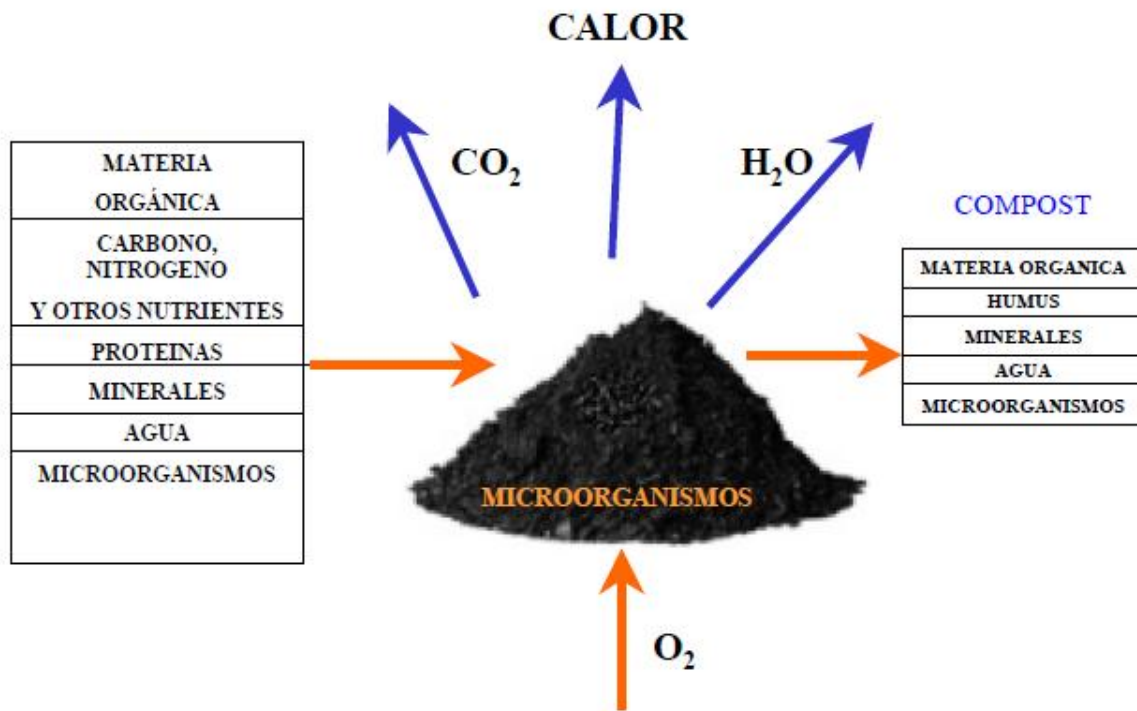
#### ➤ Mejoradores de suelos minerales:

Estos mejoradores de suelos son de origen fósil (rocas) y poseen una alta estabilidad. De acuerdo con su origen, distinguimos aquí diferentes campos de aplicación.

### **Composta.**

La palabra compost viene del latín componer (juntar), por lo tanto, es la unión de restos orgánicos que sufren una transformación a través de la oxidación biológica secuencial que convierte materia orgánica heterogénea en un producto homogéneo. Es una descomposición que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación realizada por microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetes), que liberan energía por la actividad metabólica y, gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales (Figura 5). El producto final obtenido en el proceso de compostaje se puede utilizar como enmienda orgánica en el suelo, con el fin de mejorar la

estructura del suelo, aumentar la capacidad de intercambio catiónico, eliminar patógenos y así, aumentar el crecimiento de las plantas (Chefetz et al., 1996).



**Figura 5.** Composición de la composta

Los abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda de nutrimentos de los cultivos, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes químicos y mejorando las características de los vegetales consumidos (Rodríguez et al. 2009) además, los abonos orgánicos mejoran las características de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (Nieto et al. 2002). Sin embargo, su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (FAO 1991; Abawi & Thurston 1994).

Las características del compost varían según el material orgánico. Entre algunas se cuentan:

- Su color es oscuro, casi negro.
- Tiene una gran capacidad de retención de agua.
- Su olor es agradable parecido al de la tierra húmeda.

Actúa como mejorador del crecimiento de las plantas y es posible de utilizar en terrenos agrícolas o jardines, siendo un excelente o mejor sustituto a la tierra de hoja.

Agrega elementos esenciales al suelo y no nitrifica ni acidifica el terreno como suele ocurrir con el uso de fertilizantes químicos. Además presenta las siguientes ventajas:

- Aumenta el contenido de la materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación.
- Reduce la tasa de ocupación de los vertederos, al darles un destino útil a parte de los residuos.
- Optimiza los recursos existentes en cada zona al aprovechar los residuos que se producen en ellas.
- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K y micronutrientes, la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrimentos para los cultivos.

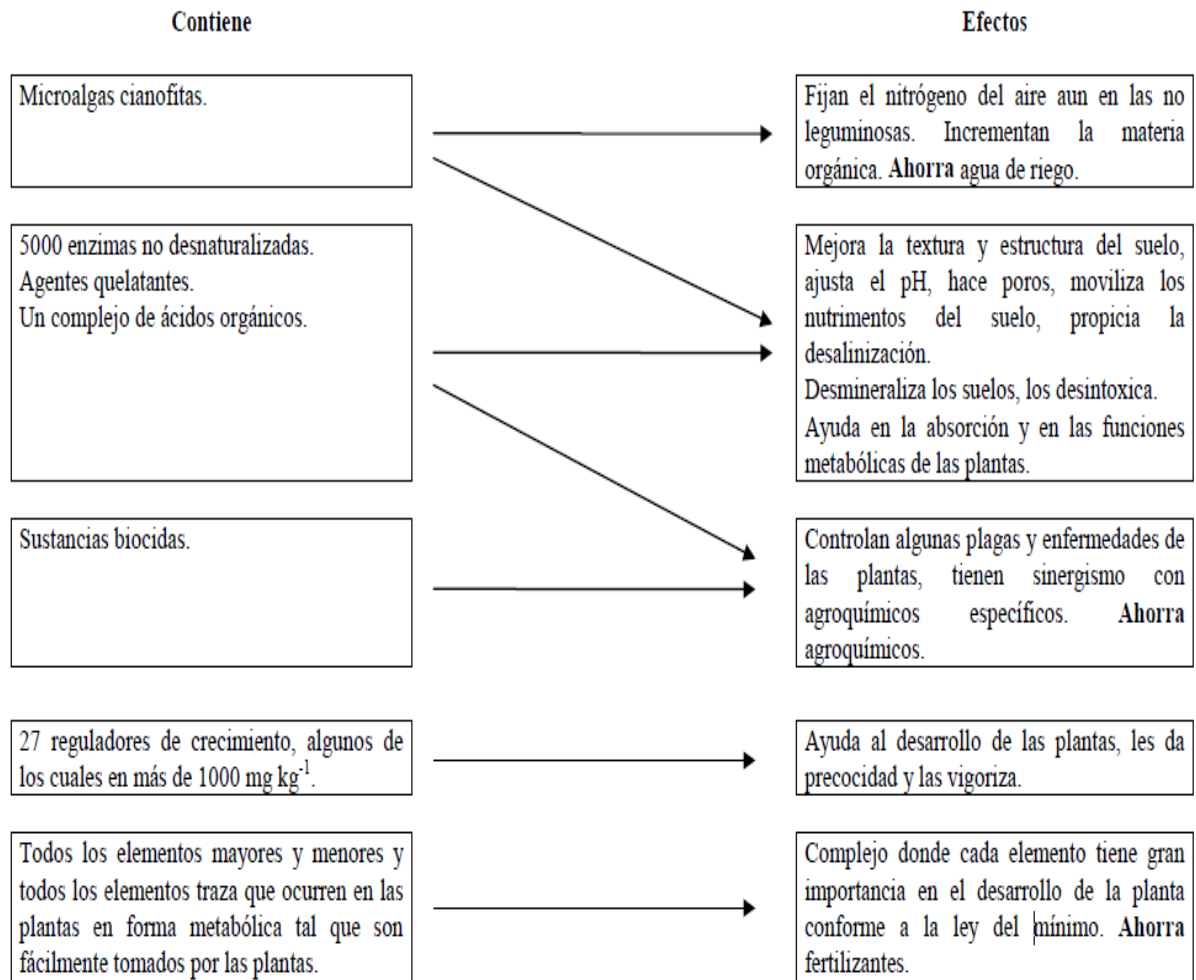
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.
- Ahorro económico en abonos químicos.
- Disminuye la contaminación por metales pesados presentes en los residuos
- El compostaje reduce la disponibilidad de éstos, posiblemente debido a la formación de complejos o a la adsorción por sustancias húmicas (Korboulewsky et al., 2002).

### **Alga enzimas.**

Es un mejorador orgánico de suelos y potenciador de los insumos agrícolas, utilizado en todo tipo de cultivos. Esta elaborado a base de extractos de Algas Marinas y plantas desérticas que, en conjunto, da energía al crecimiento y desarrollo de las plantas, corrigiendo propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, dando como resultado, mejoramiento de la textura, estructura, des compactación, corrección del pH, salinidad y sodicidad del suelo además de una excelente calidad y rendimientos en cosechas (Figura 6).

Senn (1987) reporta que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos, básicamente porque se administra a los cultivos no sólo todos los macro y micro nutrimentos que requiere la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que

controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).



**Figura 6.** Efecto de los extractos de las algas marinas en la plantas y en el suelo.

Las algas marinas y/o sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es ya común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable.

Las enzimas tienen la facultad de provocar y activar reacciones catalíticas reversibles a la temperatura del organismo vivo (Small y Green, 1968).

**Efectos:**

- Va con la agricultura orgánica y sustentable.
- Propicia la cero labranza y la mínima labranza.
- Optimiza los resultados de la agricultura convencional.

**En las plantas:**

- Más vigor a las plántulas y a las plantas.
- Más biomasa, más raíces.
- Optimiza el efecto de los fertilizantes y agroquímicos.
- Más resistencia a: heladas, calor, sequía y heridas.
- Más resistencia a plagas y enfermedades.
- Las plántulas sufren menos al estrés del trasplante.
- Fija el nitrógeno del aire, aun en las no leguminosas.
- Más rendimientos.
- Mas amarre de los frutos
- Más calidad de las cosechas.
- Con mejor presentación.
- Más ricas en nutrimentos.

- Más vida de anaquel, en su caso.

**En el suelo:**

- Mejora la textura.
- Mejora la estructura de suelo (más porosidad, mejor retención de humedad, mejor penetración de raíces, más aeración).
- Mejora el pH.
- Incrementa la materia orgánica.
- Incrementa la vida microbiana.
- Hace poroso el suelo.
- Des compacta suelos compactos.
- Da cuerpo a los suelos livianos.
- Desintoxicación de suelos. (agroquímicos, metales pesados).
- Desaliniza y desodifica los suelos.
- Ahorro de agua, fertilizantes y agroquímicos.
- Da más eficiencia en los riegos.
- Ahorro de labranza, en su caso.

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Blaine et al., 1990; Crouch y Van Staden, 1992).



Cuando el proceso para la elaboración de los derivados de algas marinas es el adecuado, los microorganismos que con ellas viven asociados, permanecen en estado viable y se propagan donde se aplican, incrementando las cantidades de los elementos y de las sustancias que contienen, potenciando su acción. Las proteínas (enzimas) que tanto las algas marinas como los microorganismos que las acompañan sintetizan y emiten (exoenzimas), cuyas acciones, tanto en el suelo como en la planta, son interesantes.

Fox y Cameron (1961) y López, et al. (1994), en sus respectivos trabajos, reportan la acción de las enzimas como fuente de vida. Es de considerarse que al aplicar foliarmente extractos de algas marinas por ejemplo, las enzimas que estas conllevan, refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentarlo (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor).

Las algas marinas (sus enzimas) en el suelo, Aitken y Senn (1965), Blaine et al (1990), Blunden (1973), mencionan que los derivados de algas mejoran el suelo. Nicolás (1995), reporta incremento en la materia orgánica.

Reyes (1991) y Reyes (1993), al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles de tal manera, que al reaccionar con las arcillas silíceas o las arcillas de hidróxidos más arena, estas actúan con el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en favor del que se encuentra en menor proporción y tiende a llevarlo al equilibrio; o sea, al suelo franco, ajustando también el pH. Canales (1997) y Canales (1998), consideran que esto es debido a que las enzimas que las algas conllevan, provocan y/o activan en el suelo, reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, que las enzimas de los seres vivos, inclusive las raíces que en él medran, no son capaces de hacer en forma notoria.

Hidroliza, enzimáticamente también, los compuestos no solubles del suelo liberando los nutrimentos y, complementado con buen manejo: lo desmineraliza, lo desintoxica y lo desaliniza.

En los carbonatos se libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular con las arcillas silíceas, des compactándolo todo en forma sucesiva, logrando así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo, un medio propicio para el desarrollo las plantas (Blunden, 1973; Kluger, 1984; Reyes, 1993).

## **Micorrizas.**

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán Albert Bernard Frank en 1885 (Frank, 1885). Él estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del hongo y la carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida.

Micorrizas es una asociación mutualista existentes entre los hongos y la mayoría de las plantas de tierra. Estas asociaciones son fáciles de localizar en distintos lugares, desde acuático al desierto, que se producen en diferentes altitudes y latitudes (Guerra 2008). Por lo tanto, su valor en términos de disponibilidad y facilidad de uso en diferentes condiciones geográficas es ampliamente reconocido. La mayoría de las plantas de interés agrícola es endomycorrhiza y pertenece al tipo de micorrizas arbusculares (AM) (Stamford et al 2007; López et al. 2001).

Los hongos que forman asociaciones simbióticas son obligado biotrófica, lo que significa que sólo puedan completar su ciclo de vida por colonizar las raíces de las plantas hospederas. Este tipo de asociación simbiótica ha sido llamado bio-fertilizantes y cultivo bio-protector. También se considera relevante para

programas de manejo integrado de suelos y cultivos (Guerra 2008; Padilla et al 2006). Hongos de micorrizas arbusculares pertenecen a la División Glomeromycota. La más abundante y diversa son el género *Glomus*, el cual consistente en inoculantes fúngicos. La aplicación de inoculantes micorrizas en suelos proporciona beneficios agrícolas y forestales, cultivos tales como la tasa de crecimiento y tolerancia de las plantas a la sequía y suelo salinidad (Guerra 2008). Salinas et al (2005) afirmó que *Glomus* (es decir, vesiculares arbusculares) podría complementar o sustituir los fertilizantes químicos de los cultivos en diferentes condiciones ambientales.

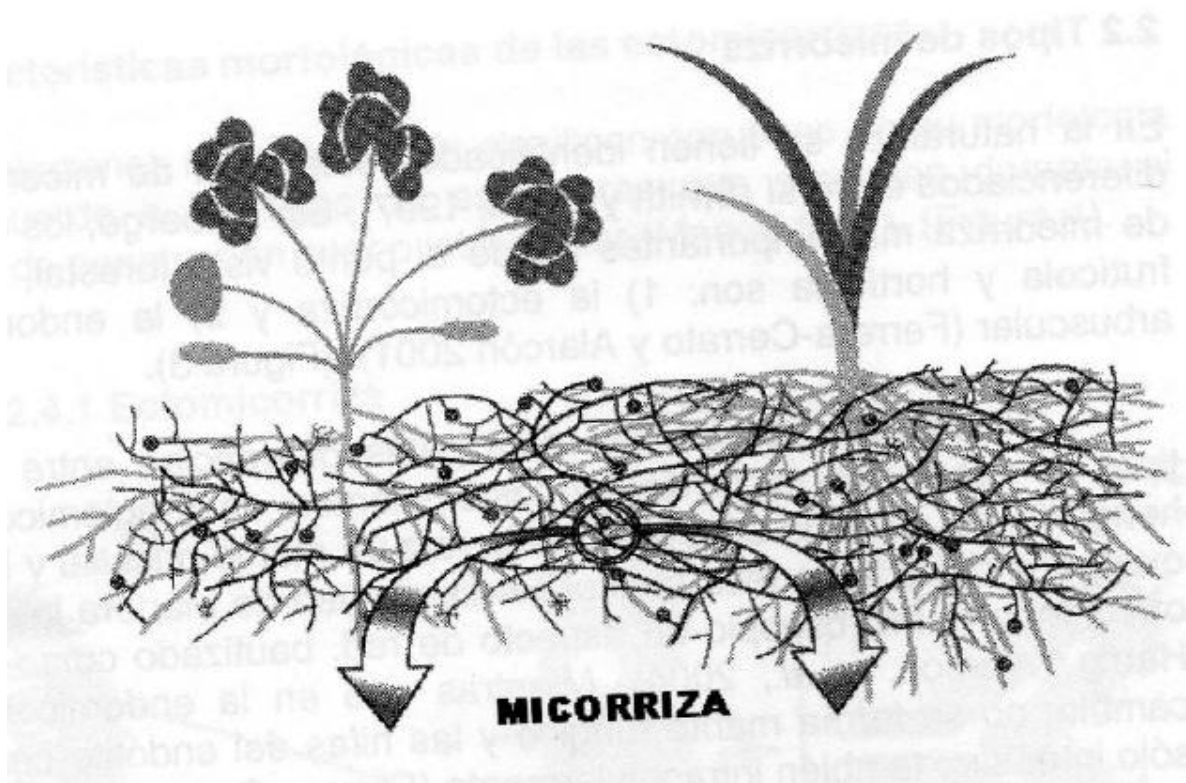
Por definición, la micorriza debe entenderse como una estructura especializada con diversas funciones, la cual se origina al asociarse, en forma mutualista (grupos de hongos específicos), con el sistema radicular de las plantas. Algunas veces existen confusiones con la definición, principalmente cuando se dice que la micorriza corresponde a hongos micorrizicos o micorrizogenos, pero estos dos últimos son los que originan la estructura denominada micorriza (Linderman, 1992).

En resumen y de acuerdo con la información recientemente revisada (Jeffries et al. 2003; Lum & Hirsch, 2003; Rillig, 2004; van der Heijden, 2004; Govindarajulu et al 2005; Barea et al., 2005), las micorrizas realizan las siguientes acciones en los sistemas suelo planta:

- Mejoran el enraizamiento de las plantas.
- Incrementan el suministro de nutrimentos a las plantas.
- Mejoran la estructura del suelo.
- Protegen a la planta frente a estrés biótico y abiótico.
- Favorecen la diversidad de las comunidades de plantas y la sucesión vegetal.

Las micorrizas se define en términos simples como asociación simbiótica entre hongos del suelo y las raíces de las plantas (Figura 7) donde ambos simbios (planta y hongo) resultan beneficiados en intercambio recíproco de fuentes minerales y nutrimentales.

Por un lado la planta recibe del hongo nutrimentos minerales y agua, mientras que el hongo obtiene de la planta carbohidratos y vitaminas, (Carreón et al., 2007).



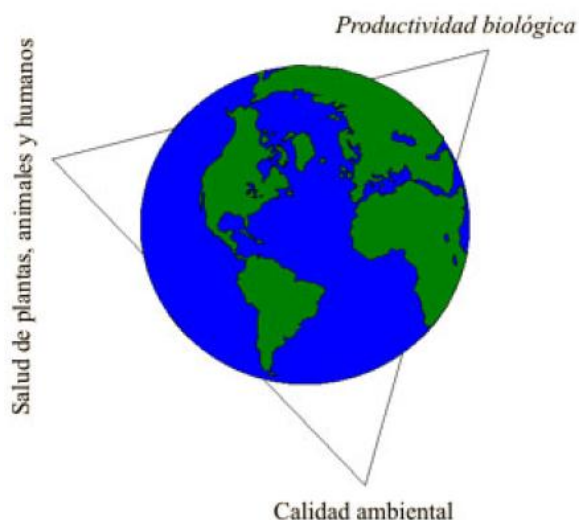
**Figura 7.** Las micorrizas se extienden por el suelo proporcionando agua y nutrimentos a las plantas y protegiendo a las raíces de algunas enfermedades (Tomado de Brundrett et al, 1996; citados por Carreón, 2007).

Además, gracias al uso más eficiente que hacen las plantas micorrizadas de los nutrimentos del suelo, permiten ahorrar fertilizantes químicos y reducir por consiguiente los problemas de contaminación que el uso excesivo de fertilizantes.

Por otra parte, las plantas micorrizadas son capaces de hacer un mejor uso de los fertilizantes orgánicos, bien sea debido a la producción de fosfatasas por parte de los hongos mismos (Dodd et al., 1987; Joner y Johansen, 2000) o bien gracias a la asociación existente entre las hifas de la Materia Orgánica (M.A) y los microorganismos que participan en la mineralización de la materia orgánica (Azcón-Aguilar y Barea, 1992).

### **Indicadores de calidad del suelo.**

En años recientes diversos autores han escrito acerca de la calidad del suelo, poniendo particular atención en la identificación de las características de los suelos que reflejen de mejor forma los cambios en su calidad, así como las diferentes formas de medición y aplicación de ellas como indicadores (Gil-Stores et al., 2005). Recientemente se han propuesto diferentes definiciones para el concepto de calidad del suelo, partiendo desde un punto de vista puramente agronómico, hasta algunas con una perspectiva ambiental biofísica integrada. Sin embargo, el concepto sigue sin estar completamente definido (Bastida et al., 2008). Es por ello que la utilización y aplicación del concepto de calidad del suelo es un proceso que ha estado en constante evolución (Astier-Calderon et al., 2002).



**Figura 8.** Principales componentes de la calidad de suelo (Doran y Parkin, 1994).

La calidad del suelo se ha definido de muchas maneras: aquí utilizamos la definición de Doran y Parkin (1994) (Figura 8), la cual menciona:

“La calidad del suelo es su capacidad para ser funcional dentro de los límites impuestos por el ecosistema y por el uso de la tierra, para preservar la productividad biológica y la calidad ambiental y promover la salud de la planta, el animal y el ser humano”

La salud del suelo, frecuentemente llamada calidad de suelo se define como:

“La capacidad continua para operar como biosistema vital, dentro de los límites del ecosistema y del uso de la tierra, para mantener la productividad biológica y promover la calidad del contexto atmosférico e hídrico y preservar la salud de las plantas, los animales y los seres humanos” (Doran y Safley, 1997).

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter et al., 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo

como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig et al., 1995).

Para Gregorich et al. (1994), la calidad de suelo es una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico. Arshad y Coen (1992) le dieron a este concepto una connotación más ecológica; la definieron como su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano.

La calidad del suelo y sus parámetros de referencia se pueden ligar al concepto de funcionalidad del ecosistema, ya que integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo, en una situación determinada (Astier-Calderon et al., 2002) (Cuadro 1). Desde una perspectiva ecológica, este concepto refleja la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema, para sostener o mejorar la productividad de plantas, animales, mantener y mejorar la calidad del aire y agua, además de sostener la salud humana y el hábitat (USDA-NRSC-SQI, 2001).

**Cuadro 1.** Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del suelo.

<b>Indicador</b>	<b>Relación con las funciones y condiciones del suelo.</b>
<b>Indicador físico</b>	
Textura del suelo	Retención y transporte de agua y minerales; erosión del suelo a partir de su influencia en el tipo de estructura, la cantidad y tamaño de poros.

Profundidad del suelo	Estimación del potencial productivo y de erosión, profundidad fisiológica.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, productividad y erosión.
Capacidad de agua disponible	Agua disponible para las plantas.
Porosidad y compactación.	Retención y transporte de agua y nutrientes; erosión del suelo.
Estabilidad de agregados.	Erosión potencial, infiltración de agua.
<b>Indicador químico</b>	
Materia orgánica (C Y N)	Disponibilidad de nutrientes, fertilidad del suelo, estabilidad de agregados, a mayor cantidad: disminución de la erosión y aumento del potencial productivo.
pH	Actividad química y biológica, límites para el crecimiento de las plantas y actividad microbiana.
Conductividad eléctrica.	Actividad microbiológica y de las plantas. Limitante para el crecimiento de las plantas y la actividad



	microbiológica.
N, P y K extraíble.	Disponibilidad de nutrientes para las plantas y pérdida potencial de N, indicadores de productividad y calidad ambiental.
Capacidad de intercambio catiónico.	Almacén de nutrientes para las plantas, retención de contaminantes y amortiguación de pH.
<b>Indicadores biológicos.</b>	
Biomasa microbiana (C y N).	Actividad biológica, flujo de nutrientes, potencial catalizador microbiano y reposición de C y N.
N potencial mineralizable.	Productividad del suelo y aporte potencial de N.
Respiración del suelo.	Medición de la actividad microbiana, cantidad d C en el suelo.
Riqueza y abundancia de fauna.	Relacionado con los procesos de descomposición y mineralización de residuos organicos y alerta temprana ante perturbaciones.
<b>Indicador de relieve</b>	

Pendiente	Condiciones permisivas para la presencia de la erosión.
Orientación del terreno.	Diferencias en parámetros estructurales (biomasa, distribución de frecuencia), y comportamiento hídrico del suelo.
Altitud	Patrones de distribución de especies vegetales.
Unidad geomorfológica (posición en el relieve).	Forma del flujo del agua a lo largo de la ladera (zonas donadoras-zonas receptoras).

Fuente Karlen et al., (1997)

La calidad del suelo es dinámica ya que puede cambiar en corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo. La evaluación de la calidad del suelo permite entender y revertir el deterioro en dicha funcionalidad del ecosistema, como sucede con: la pérdida de suelos por erosión, acarreo de sedimento por viento e inundaciones, reducción de la infiltración, compactación de la capa superficial, pérdida de nutrientes, efecto de la presencia de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la solubilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad de agua.

Nortcliff, (2002) y Karlen et al., (2003) incluyen tres principios importantes en la definición de la calidad del suelo:

1. La productividad del suelo, que se refiere a la habilidad del mismo para promover la productividad del ecosistema, sin perder o alterar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2. La calidad del ambiente biofísico, entendida como la capacidad de un suelo para atenuar los contaminantes ambientales, los patógenos, y cualquier posible daño hacia el exterior del sistema, incluyendo también los servicios ecosistémicos que ofrece (reservorio de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc.).

3. La salud del suelo, que se refiere a la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otros organismos.

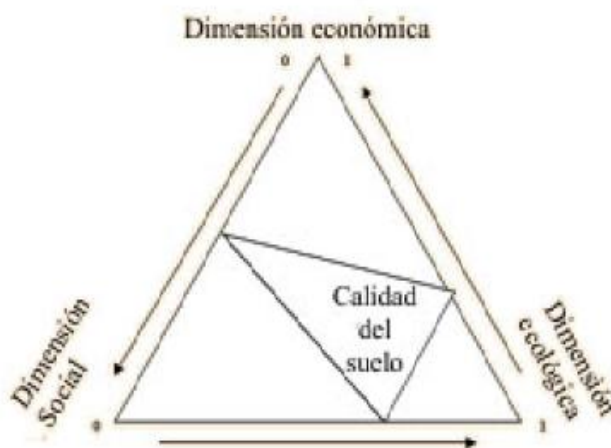
Asimismo, los indicadores de calidad del suelo deben permitir (Etchevers et al., 2009):

- Analizar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa.
- Identificar los puntos críticos respecto de su sustentabilidad.
- Prever los impactos de una intervención y minimizarlos.
- Ayudar en la toma de decisiones.

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.

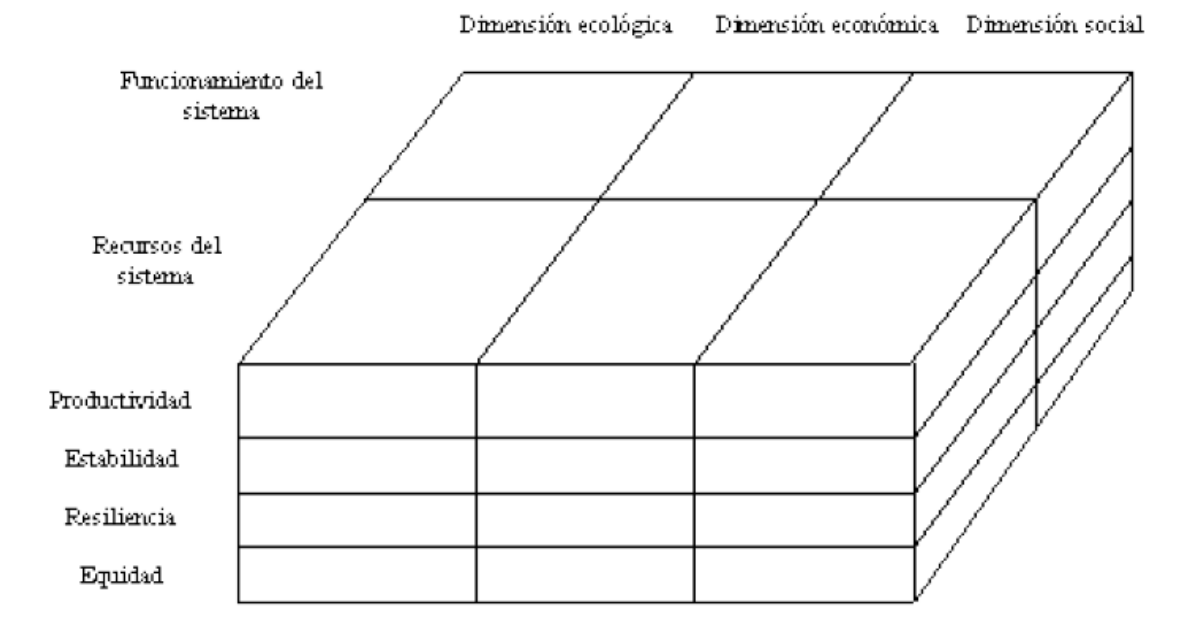
Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996). Para Dumanski et al. (1998) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado *ad hoc* para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional.

Dentro del concepto de calidad de suelo podemos encontrar cierta relación con la sostenibilidad, ya que se encuentra estrechamente relacionada con la dimensión económica, social y ecológica (Figura 9). La sostenibilidad económica implica la producción a una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo, lo cual haga atractivo continuar con dicho manejo. La sostenibilidad social aspira a que la forma de manejo permita a la organización social un grado aceptable de satisfacción de sus necesidades. Y 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.



**Figura 9.** Triángulo Moebius para las tres dimensiones implícitas en el concepto sostenibilidad. (Hünemeyer et al. 1997).

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. La figura 10 muestra un enfoque para la definición de indicadores propuesto por Hünneimyer et al. (1997). Este enfoque hace que los indicadores de calidad del suelo puedan considerarse dinámicos en el tiempo. Por lo que para cada momento histórico o situación particular habría que buscar un equilibrio entre los tres objetivos del desarrollo sostenible.



**Figura 10.** Enfoque para la definición de indicadores (Hünneimyer et al. 1997).

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) Ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

### **Indicadores químicos en la calidad de suelo.**

El hierro, cobre y zinc son 3 de 4 metales esenciales para el crecimiento vegetal. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, los suelos agrícolas suelen carecer en uno o más micronutrientes, dichas extracciones de micro elementos por los cultivos dependen del rendimiento o producción, dicha investigación se realizó con el fin de conocer la disponibilidad existente de los diversos microelementos esenciales en un suelo franco- arcilloso. Determinando el aumento o la pérdida de nutrimentos en el suelo y evaluando los cambios que ocurren con respecto al tiempo.

En los últimos años se ha incrementado el uso de los micronutrientes en los programas de fertilización debido principalmente a:

- La continua remoción de elementos menores por los cultivos que en algunos casos, ha disminuido la concentración de éstos en el suelo a niveles abajo de lo necesario para el crecimiento normal.
- El cultivo intensivo, con un mayor uso de fertilizantes para aumentar rendimientos, que ha incrementado la utilización de elementos menores los cuales no son devueltos al suelo al remover la cosecha.
- La excesiva acidez de los suelos que reduce la disponibilidad de algunos micronutrientes.
- El uso de fertilizantes de alta pureza que ha eliminado el aporte de los elementos menores que en pequeñas cantidades estaban presentes en productos de más baja calidad usadas en el pasado.
- Un mejor conocimiento de la nutrición vegetal que ha ayudado a diagnosticar deficiencias de elementos menores que antes no eran atendidas.

Por lo que respecta a los micronutrientes (por ejemplo, B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn), el volumen de estudios efectuados es mucho más limitado. La presencia de deficiencias en determinados cultivos, y sobre diferentes tipos de suelos, ha potenciado el análisis de la disponibilidad de micronutrientes.

### **Indicadores químicos del suelo.**

Ante la existencia de abundantes alternativas para evaluar la calidad del suelo en distintas propiedades, se propuso reducir en lo más posible el número de propiedades del suelo, esto para evaluar y observar los cambios que van

sucedido a través del tiempo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold et al. (1997).

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 (Arshad y Coen, 1992). 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).

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrimentos.

Resulta primordial conocer el contenido total de elementos de un suelo ya que permite hacer una apreciación sobre la abundancia y distribución de estos, auxiliando a la caracterización del suelo, así como evaluar la fracción disponible para las plantas para orientar o, incluso, predecir deficiencias o excesos de elementos en un suelo dado.

### **Métodos para determinación micro elementos en el suelo (Cu, Fe y Zn).**

Para evaluar indirectamente la disponibilidad de micronutrientes se han desarrollado técnicas de extracción mediante diversos reactivos o soluciones extractoras.



Las más comunes son los ácidos diluidos (HCl 0.05 N; HCl 0.1 N Y HCl 0.05 N + H<sub>2</sub> S04 0.25 N) Y los quelatos (DTPA; DTPA - (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> C03 y EDTA + Na HC03 ) para los análisis de hierro, manganeso y cobre.

Determinación de microelementos (hierro, zinc, cobre y manganeso) por extracción con DTPA (*ácido dietilenotriamino penta-acético*) y EAA (*Espectrofotometría de Absorción Atómica.*) (NC-ISO 14870, 2003)

El método DTPA está entre los más eficaces para evaluar la disponibilidad de los micronutrientes y metales pesados en muestras de suelos debido a que resulta un método económico, reproducible, fácilmente adaptable a las operaciones rutinarias de laboratorio y, además, los procedimientos para la preparación y extracción de las muestras están estandarizados (Soltanpour & Schwab, 1976).

El principio del método usando la solución de DTPA pH 7,3 desarrollado por Lindsay & Norwell (1978) es la complejacion de los metales. El agente quelante reacciona con los iones libres de los metales en solución formando complejos solubles, lo que resulta en una reducción de la actividad de los metales libres en solución. Debido a esto, los iones son desorbidos de la superficie del suelo o se disuelven de la fase sólida para reabastecer a la solución del suelo. La cantidad de metal quelado que se acumula en la solución durante la extracción depende de la actividad de esos iones libres en la solución del suelo, de la capacidad del suelo para reabastecer a la solución, de la estabilidad del quelato y de la capacidad del quelante en competir con la materia orgánica por el ion (Rajj *et al.*, 2001).

### **Método Mehlich 1 (1953).**

El método Mehlich 1 para determinación de fósforo disponible en el suelo, también conocido como el método del doble ácido diluido o extractante de Carolina del Norte, fue desarrollado en la década de 1950 por el Dr. Adolf Mehlich, servidor del Departamento de Agricultura de Carolina del Norte, y sus compañeros de trabajo. A nivel mundial el método Mehlich 1 se utiliza principalmente como un agente de

extracción de múltiples elementos como P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn. El método Mehlich 1 extrae el fósforo combinado con el aluminio, el hierro y en forma de fosfatos de calcio y además se adapta mejor a los suelos ácidos ( $\text{pH} < 6,5$ ) con escasa capacidad de intercambio catiónico ( $< 10 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ ) y con contenido de materia orgánica menor al 5%. Algunos investigadores afirman que el análisis de suelo con el método Mehlich 1 es poco fiable para suelos calcáreos o alcalinos, ya que éste extrae grandes cantidades de P no lábil en suelos con  $\text{pH} > 6,5$ , suelos que han sido tratados recientemente con roca fosfórica, suelos con alta Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) o con alta saturación de bases. En suelos con estas características, la acidez de la solución Mehlich 1 se neutraliza, reduciendo la capacidad del ácido diluido para extraer el fósforo.

Para el método Mehlich 1, un valor de 20 a 25 mg de P/ kg de suelo es generalmente considerado como óptimo para el crecimiento de las plantas, aunque esto puede variar ligeramente entre los tipos de suelos y sistemas de cultivos.

**Método Mehlich 3 (1984)**  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,2 M,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0,25 M,  $\text{NH}_4\text{F}$  0,015 M,  $\text{HNO}_3$  0,013 M, y EDTA 0,001 M.

El método Mehlich 3 fue desarrollado por el Dr. Adolf Mehlich en 1984 como un extractante multielemental mejorado para P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn. Hoy en día es utilizado en todo el mundo ya que es muy adecuado para una amplia gama de suelos, tanto ácidos como alcalinos en la reacción. El método Mehlich 3 es similar en principio al de Bray y Kurtz P-1 porque contiene una solución ácida de fluoruro de amonio. El ácido acético en el extractante también contribuye a la liberación de P disponible en la mayoría de los suelos. Es más eficaz que el método Mehlich 1 en la predicción de la respuesta de los cultivos al P en suelos neutros y alcalinos porque la acidez del extractante se neutraliza menos por el carbonato de calcio. Varios estudios han demostrado que Mehlich 3 está

altamente correlacionado con el P extraído de los suelos por el método Bray y Kurtz P-1, Mehlich 1 y Olsen.

Para el método Mehlich 3, un valor de 45 a 50 mg/kg es generalmente considerado como óptimo para el crecimiento de las plantas y los rendimientos de los cultivos, por encima de los valores críticos utilizados para otras pruebas estándar de P en el suelo, como el método Bray y Kurtz P-1, Mehlich 1 y Olsen.

#### Solución acida Mehlich-3

Los micronutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc) son extraídos por medio del  $\text{NH}_4$  y del agente quelante EDTA. Para llevar a cabo este procedimiento, primeramente, se prepara la disolución de fluoruro/ EDTA,

Tanto la solución DTPA como Mehlich-3 se consideran idóneas para conocer la disponibilidad de los oligoelementos hierro, manganeso, cobre y zinc (RAIJ *et al.*, 2001).

## MATERIALES Y METODOS.

La implementación de este trabajo de investigación, se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en la ex hacienda de Buenavista, localizada a 7 km al sur de la ciudad de Saltillo, cuyas coordenadas geográficas son 25°23'42" latitud norte y 100°59'57" longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1743m, como lo muestra la figura 11.



**Figura 11.** Localización del campo experimental

### **Clima.**

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por García (1973), el clima de Buenavista es "Bsohw", que significa muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano e invierno seco y extremo.

La precipitación media anual de 200 a 400 mm en la región de Saltillo, Coahuila, México (SARH, 1988). La temperatura media anual es de 17.10C con fluctuación en la media mensual de 11.60C, como mínima y 21.70C como máxima, la estación

más lluviosa es en el verano, estableciéndose el temporal en Junio y terminando en Septiembre, el mes más caluroso es regularmente Julio.

.

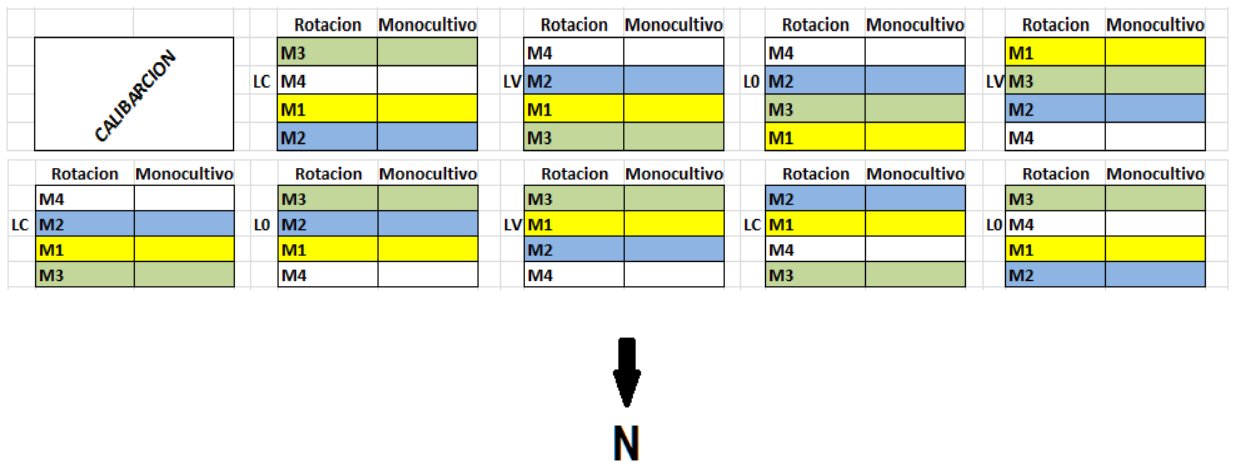
### **Geología.**

En el área de estudio se encuentran suelos de origen aluvial, provenientes de los materiales como arenisca y caliza que al ser acarreados en épocas anteriores siendo depositados en la geoforma valle. Por lo general los materiales más finos se encuentran en las partes más alejadas del valle, esto es debido a su tamaño, y por la facilidad de ser arrastrado.

### **Vegetación.**

La mayor parte de la superficie está cubierta por vegetación inducida, siendo aproximadamente de 18 Has de frutal como (nogal) y 11 Has. Está ocupado con cultivos de riego.

## Distribución del sitio experimental



**Figura 12.** Esquema del arreglo experimental

Los tratamientos se representaron como:

M1 = Micorriza

M2= Composta Miyaorganic<sup>®</sup>

M3 = Testigo

M4=Alga enzimas<sup>®</sup>.

A diferencia de la primera etapa, se practicó tres sistemas de labranza: Labranza Convencional (LC), Labranza Vertical (LV) y Labranza Mínima o cero (L0); se practicó un cultivo de gramínea (avena). Para la aplicación de los mejoradores de suelo: Micorriza, Composta Miyaorganic<sup>®</sup> y Alga enzimas<sup>®</sup>, fue en las 9 parcelas de

40m X 12m y en cada una de ellas dividida en sub parcelas, usando una dosis de aplicación de 1kg/ha para Micorriza, 1lt/ha de Alga enzims<sup>®</sup> y 3Ton/ha en Composta Miyaorganic<sup>®</sup>. Otoño-invierno 2011-2012.

Se tomaron muestras al final de la cosecha en diferentes profundidades, de 0-15 y de 15 a 30 cm, en todas las parcelas incluyendo al testigo.

Se realizó un análisis de diseño estadístico bloques completamente al azar con 4 tratamientos incluido el testigo y nueve repeticiones utilizando el programa estadístico R versión 1.13.1 para todas, se realizaron pruebas de comparación de medias con el método de diferencia mínima significativa ( $P \leq 0.05$ )

### **Determinación de micro elementos Cu, Fe y Zn.**

Para la determinación del Cu, Fe y Zn se utilizaron dos etapas:

#### 1) Extracción:

Se utilizó el método de ácidos diluidos en agua (Wear y Evans, 1968). Se utilizó dos ácidos como solución extractora el: HCl 0.1N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025N teniendo una relación de suelo – solución extractora de 1:4, con un tiempo de agitación de 15 min.

#### 2) Lectura:

Posterior al agitado se filtra y se pasa a medir con el aparato espectrofotómetro de adsorción atómica (Figura 13) y se realizan las respectivas anotaciones de los resultados obtenidos por el aparato.



**Figura 13.** Espectrofotómetro de adsorción atómica, utilizado para determinar los micro elementos (Fe, Cu y Zn).



## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Una vez obtenidos los datos se procedió a la determinación de las variables a evaluar durante el desarrollo del experimento, para observar diferencias entre los mejoradores de suelo comparado con el testigo.

### Resultados de L0 monocultivo (Fe).

En el cuadro 2, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento M1 (micorriza) numéricamente muestra una cantidad de nutrimentos mayor que el resto de los demás, mientras el más bajo contenido se encuentra en el tratamiento M3 (Testigo). Los elementos Cu y Zn no presentan ningún valor debido a que no se encuentran disponibles

**Cuadro 2.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para L0 monocultivo-Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	2.00 a	M1 (micorriza)	2.00 a
M2 (Miyaorganic®)	1.33 a	M2 (Miyaorganic®)	2.00 a
M3 (Testigo)	0.66 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims® )	2.00 a	M4 (alga enzims® )	1.33 a
CV.	49.60%		52.90%

## Resultados de L0 rotación (Fe).

En el cuadro 3, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, en el tratamiento M4 (alga enzims®) numéricamente presenta mayor contenido de nutrimentos, mientras M1 (micorriza), M2 (Miyaorganic®) y M3 (Testigo) contienen una menor cantidad de nutrientes, los elementos faltantes (Cu y Zn) no presenta ningún valor.

La micorrizas pueden acumular Cu y Zn en las raíces a un nivel bajo, dicha acumulación puede tener en los tejidos del hongo dentro de la raíz, en las hifas puede absorber estos metales pero no contribuirá a la concentración de dichos metales en el aumento de brotes en las plantas, las hifas pueden diferenciar entre los elementos de absorción y tienen la capacidad de acumular elementos (Chen *et al.*, 2004; Christie *et al.*, 2004).

Lal, Logan y DicK (1991), establecen que la L0 puede tener un gran efecto sobre las propiedades químicas del suelo. Las respuestas observadas varían con el tipo de suelo, con la rotación cultural, con las condiciones climáticas y otros factores.

**Cuadro 3.** Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para L0 Rotación-Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	1.33 a	M1 (micorriza)	1.33 a
M2 (Miyaorganic®)	1.33 a	M2 (Miyaorganic®)	1.33 a
M3 (Testigo)	1.33 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims®)	2.00 a	M4 (alga enzims®)	1.33 a
CV.	49.60%		96.80%

## Resultados de LV monocultivo (Cu, Fe).

En el cuadro 4, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, en los tratamientos M1 (micorriza), M2 (Miyaorganic®) y M4 (alga enzims®) numéricamente contiene mayor cantidad de nutrimentos presentes, y en menor cantidad el tratamiento M3 (Testigo). En el elemento Zn no se presenta ningún valor numérico debido a que no hay nutrimentos presentes.

**Cuadro 4.** Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Monocultivo-Cu.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Cu (ppm)	Tratamiento	Cu (ppm)
M1 (micorriza)	1.33 a	M1 (micorriza)	1.33 a
M2 (Miyaorganic®)	1.33 a	M2 (Miyaorganic®)	1.33 a
M3 (Testigo)	1.33 a	M3 (Testigo)	0.66 a
M4 (alga enzims®)	1.33 a	M4 (alga enzims®)	1.33 a
CV.	49.48%		49.40%

En el cuadro 5, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento M4 (alga enzims®) numéricamente contiene mayor cantidad de nutrimentos presentes, y en menor cantidad el tratamiento M3 (Testigo). En el elemento Zn no se presenta ningún valor numérico debido a que no hay nutrimentos presentes.

**Cuadro 5.** Prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Monocultivo -Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	0.66 a	M1 (micorriza)	0.66 a
M2 (Miyaorganic®)	0.66 a	M2 (Miyaorganic®)	0.66 a
M3 (Testigo)	0.00 a	M3 (Testigo)	0.00 a
M4 (alga enzims® )	1.33 a	M4 (alga enzims® )	1.33 a
CV.	111.80%		111.80%

### Resultados de LV Rotación (Cu, Fe).

En los cuadros 6, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento M1 (micorriza), M3 (Testigo) y M4 (alga enzims®) numéricamente contiene mayor disponibilidad de nutrimentos, mientras para el tratamiento M2 (Miyaorganic®) presenta menor disponibilidad de nutrientes, en el elemento Zn en esta labranza no se muestra disponible.

**Cuadro 6.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Rotación -Cu.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Cu (ppm)	Tratamiento	Cu (ppm)
M1 (micorriza)	1.33 a	M1 (micorriza)	1.33 a
M2 (Miyaorganic®)	1.33 a	M2 (Miyaorganic®)	0.70 a
M3 (Testigo)	1.33 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims® )	1.33 a	M4 (alga enzims® )	1.33 a
CV.	75%		46.60%

En los cuadros 7, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento M2 (Miyaorganic®) y M3 (Testigo) numéricamente contiene mayor disponibilidad de nutrimentos, mientras para el tratamiento M1 (micorriza) y M4 (alga enzims®) presentan menor disponibilidad de nutrientes, en el elemento Zn en esta labranza no se muestra disponible.

**Cuadro 7.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LV Rotación -Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	0.00 a	M1 (micorriza)	0.66 a
M2 (Miyaorganic®)	0.66 a	M2 (Miyaorganic®)	0.66 a
M3 (Testigo)	0.66 a	M3 (Testigo)	0.66 a
M4 (alga enzims® )	0.66 a	M4 (alga enzims® )	0.00 a
CV.	75%		200.00%

### **Resultados de LC Monocultivo (Cu, Fe).**

En el cuadro 8, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, no se muestra ninguna variación, todos los tratamientos son iguales, en el tratamiento M4 (alga enzims®) numéricamente muestra la más alta cantidad de nutrimentos, posteriormente el tratamiento M1 (micorriza) muestra el más bajo contenido de nutrimentos, mientras el elemento (Zn) sigue sin presentar valores significativos.

**Cuadro 8.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Monocultivo -Cu.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Cu (ppm)	Tratamiento	Cu (ppm)
M1 (micorriza)	0.66 a	M1 (micorriza)	0.66 a
M2 (Miyaorganic®)	1.33 a	M2 (Miyaorganic®)	0.66 a
M3 (Testigo)	0.66 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims®)	1.33 a	M4 (alga enzims®)	1.33 a
CV.	66.60%		66.60%

En el cuadro 9, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo no se observa diferencia estadística significativa, no se muestra ninguna variación, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento M1 (micorriza) y M3 (Testigo) numéricamente muestra la más alta cantidad de nutrimentos, mientras en el tratamiento M2 (Miyaorganic®) presenta el más bajo contenido de nutrimentos, mientras el elemento (Zn) sigue sin presentar valores significativos.

**Cuadro 9.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Monocultivo -Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	1.33 a	M1 (micorriza)	1.33 a
M2 (Miyaorganic®)	0.66 a	M2 (Miyaorganic®)	0.66 a
M3 (Testigo)	1.33 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims®)	1.33 a	M4 (alga enzims®)	0.66 a
CV.	49.48%		66.66%

## Resultados de LC Rotación (Cu, Fe).

En el cuadro 10, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo al igual que todos los anteriores no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, en los tratamientos M1 (micorriza),

M2 (Miyaorganic®) y M4 (alga enzims® ) muestran numéricamente mayor contenido de nutrimentos mientras el más bajo es el tratamiento M3 (Testigo), semejante a todos los cuadros anteriores el elementos Zn no se encuentran nutrimentos presentes debido a que posiblemente fueron absorbidos por la planta, se perdieron por lixiviación o por error de medición,

El uso de verde estiércol contribuye a la recuperación de la fertilidad del suelo (Bučienė et al., 2003), pero más que cualquier otra cosa, aumenta el contenido de materia orgánica, que a su vez modifica la capacidad de intercambio de cationes y la disponibilidad de macro y micronutrientes.

Las deficiencias de Fe y Zn son el mayor problema a escala global (Alloway, 1995). La naturaleza del suelo juega un papel fundamental en la disponibilidad de los micronutrientes.

**Cuadro 10.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Rotación -Cu

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Cu (ppm)	Tratamiento	Cu (ppm)
M1 (micorriza)	0.66 a	M1 (micorriza)	1.33 a
M2 (Miyaorganic®)	0.66 a	M2 (Miyaorganic®)	1.33 a
M3 (Testigo)	0.66 a	M3 (Testigo)	0.66 a
M4 (alga enzims® )	1.33 a	M4 (alga enzims® )	0.66 a
cv.	120.00%		66.66%

En el cuadro 11, se encuentran los resultados obtenidos a distintas profundidades, sin embargo al igual que todos los anteriores no se observa diferencia estadística significativa, todos los tratamientos son iguales, el tratamiento, M2 (Miyaorganic®) muestran numéricamente mayor contenido de nutrimentos mientras el más bajo es el tratamiento M3 (Testigo), semejante a todos los cuadros anteriores el elementos Zn no se encuentran nutrimentos presentes debido a que posiblemente fueron absorbidos por la planta, se perdieron por lixiviación o por error de medición,

**Cuadro 11.** Resultado prueba múltiple de medias con el método diferencia mínima significativa, para LC Rotación -Fe.

0-15cm.		15-30cm.	
Tratamiento	Fe (ppm)	Tratamiento	Fe (ppm)
M1 (micorriza)	1.33 a	M1 (micorriza)	2.00 a
M2 (Miyaorganic®)	2.00 a	M2 (Miyaorganic®)	2.00 a
M3 (Testigo)	1.33 a	M3 (Testigo)	1.33 a
M4 (alga enzims®)	2.00 a	M4 (alga enzims®)	1.33 a
CV.	120.00%		40.00%



## CONCLUSIONES

El experimento está planteado a mediano plazo (tres años) y largo plazo (cinco años) para observar resultados significativos, sin embargo en el plazo inmediato se puede observar lo siguiente:

En relación a los resultados obtenidos en la segunda etapa no se observa ningún aumento considerable de nutrientes en los microelementos, para el caso de Zn no se encontró ninguna cantidad significativa de nutrientes debido a que posiblemente el existente fue absorbido por la planta, se perdió por lixiviación o por errores de medición y de igual manera el elemento Cu no se obtuvo datos significativos pero con la diferencia que solo se presentó en la L0. En otro aspecto, el tratamiento algaenzims es muy predominante en distintas labranzas presentando un aumento considerable por lo que muestra una mayor disponibilidad de nutrientes en los elementos Cu y Fe, además el microelemento Fe fue el único elemento que se encontró de forma total y se mantuvo en todos los tratamientos.

Estadísticamente comparando los 3 mejoradores orgánicos de suelo (Alga enzimas, Micorrizas y Myorganic), junto con el testigo no se encuentran diferencias en cuanto a la disponibilidad de nutrimentos, se puede concluir que en esta 2<sup>da</sup> etapa no se observó ninguna diferencia estadística significativa.

## **RECOMENDACIONES.**

- Contar con el recurso agua en tiempo y forma para no afectar el proceso de dicha investigación, debido a que son productos que trabajan mejor por hidrólisis.
- En el seguimiento de esta investigación se recomienda controlar lo más posible los errores de aparatos y humanos, ya que marcan pauta para una interpretación más confiable.
- Se recomienda realizar dicha investigación en épocas donde el factor clima sea favorable para el desarrollo del cultivo reflejado en datos más completos y fáciles de interpretar.
- Realizar dicha investigación a diferentes dosis y posteriormente comparar los datos con misma investigaciones ya realizadas.

## REFERENCIAS

- ABAWI GS, Thurston HO (1994) Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de coberturas sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. CATIE-CIIFAD. 97-108 p.
- ACEVEDO, E. Y MARTÍNEZ E. 2003. Sistema de Labranza y Productividad de los Suelos. En Acevedo, E. (Editor). Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. Santiago, Chile. pp: 13-27.
- ADRIAANSE, A. 1993. Environmental Policy Performance Indicators. A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands. Sdu Uitgeverij Koninginnergrach, The Netherlands.
- AITKEN, J. B. And T. L. Senn.1965. Seaweed products as a fertilizer and soil conditioner for horticultural crops. Bot Mar. 8: 144-148.
- ALLOWAY, BJ. 1995. Soil processes and the behavior of heavy metals. In: Heavy metals in soils. Ed Blackie Academic & Professional, London: 368pp.
- ALUKO, O.B., KOOLEN, A.J. 2001. Dynamics and characteristics of pore space changes during the crumbling on drying of structured agricultural soils. Soil & Tillage Research. 58, 45-54.
- ÁLVAREZ, R.J., DÍAZ G.J. AND LÓPEZ N. J. 2005. Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.

- ANGERS, D.A. AND SIMARD, R.R. (1986). Relationships between organic matter content and soil bulk density. *Canadian Journal of Soil Science* 66,743-746.
- ARSHAD, M.A. Y COEN, G.M. 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 25-31.
- ASTIER-CALDERON M., MAASS-MORENO M. Y ETCHEVERS-BARRA J. 2002. Derivacion de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36(5): 605-620.
- AVNIMELECH, Y, AND COHEN, A. (1988) On the use of organic manures for amendment of compacted clay soils: effects of aerobic conditions, *Biological Wastes* 29, 331-339.
- AZCÓN-AGUILAR C, BAREA JM (1992) Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. En Allen MF (Ed.) *Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant Fungal Process*. Chapman & Hall. New York, EEUU. pp 163-198.
- BASTIDA, F., BARBERÁ, GG., GARCÍA, C., y HERNÁNDEZ, T. 2008. Influence of orientation, vegetation and season on soil microbial and biochemical characteristics under semiarid conditions. *Applied Soil Ecology*. , 38, 62-70.
- BECERRA M. (1998). Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México? *Terra* 16, 173-179.
- BELTRÁN-MORALES, F.A., FENECH-LARIOS, L., RUIZ-ESPINOZA, F.H., ZAMORA-SALGADO, S., MURILLO-AMADOR, B., GARCÍA-HERNÁNDEZ, J.L. AND TROYO-DIEGUEZ, E. 2004. *Tópicos Selectos de Agronomía*. Edit. CIBNOR-UABCS. La Paz B.C.S. México. 260 p.

- BLAINE, M., W.J. ZIMMERMAN, I. CROUCH Y J. VAN STADEN. 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. pp. 267-307. In: Akatuska I. Introduction to applied phycology. SPB Academic Publishing BV, The Hague, The Netherlands.
- BLUNDEN, G. 1973. Effects of Liquid Seaweed Extracts as Fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.
- BOT, A Y J. BENÍTEZ. 2005. The Importance of soil organic Matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO Soils Bulletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2005.
- BOYLE, M., W.T. FRANKENBERGER, JR., AND L.H. STOLZY. 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. Journal of Production Agriculture. Vol. 2. p. 209–299.
- BRUNDRETT, M. 1996. Mycorrhizas in natural ecosystems. Ann Rev. Ecol. Syst 21: 171- 313.
- BUČIENĖ, A., A. ŠLEPETIENĖ, D. ŠIMANSKAITĖ, A. SVIRSKIENĖ AND B. BUTKUTĖ. 2003. Changes in soil properties under high- and low-input cropping systems in Lithuania. Soil Use and Management, 19: 291-297
- CANALES LÓPEZ, BENITO. 1997. Las Algas en la Agricultura Orgánica. Editado por el Consejo Editorial del Estado de Coahuila. (1997). 323 páginas.
- CANALES LÓPEZ, BENITO. 1998. Algas-Enzimas: Posibilidades de su uso para Estimular la Producción Agrícola y mejorar los suelos. In: Memorias. 3er. Foro Nacional Sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal., México. Nov.

1998. p.1-12.

CARREÓN A. J. N., T. GÓMEZ Y M. MARTÍNEZ T.. 2007. Hongos micorrizogénicos arbusculares y su uso como fertilizantes, 1ª Edición Morelia Michoacana, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Fundación Produce de Michoacán A.C.

CARTER, M.R., GREGORICH, E.G., ANDERSON, D.W., DORAN, J.W., JANZEN, H.H. Y PIERCE, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En Soil quality for crop production and ecosystem health (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.

CERDÁ A. Y LAVEE H. (1999). Escorrentía y erosión a lo largo de un gradiente climático-altitudinal efecto por el pastoreo en el desierto de Judea. Cuadernos Geográficos 29, 27-50.

CHEFETZ, B., P. HATCHER, Y. HADAR, Y Y. CHEN. 1996. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. J. Environ. Qual 25:776-785.

CHEN B D, SHEN H, LI X L, FENG G AND CHRISTIE P 2004 Effects of EDTA application and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and zinc uptake by maize (*Zea mays* L.) in soil experimentally contaminated with zinc. Plant Soil 261, 219–229.

CHRISTIE P, LI X AND CHEN B 2004 Arbuscular mycorrhiza can depress translocation of zinc to shoots of host plants in soil moderately polluted with zinc. Plant Soil 261, 209–217.

COSTANTINI, A., COSENTINO, D., FERTIG, M., ALÁ RUÉ, M. 1999. Dinámica de

las fracciones carbonadas en un ciclo de cultivo de maíz bajo tres sistemas de labranza. *Agricultura Técnica (Chile)*. 59 (1): 45-50.

CROUCH AND J. VAN STADEN 1992. Evidence of the Presence of Plant Growth Regulators in Commercial Seaweed Products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer Academic Publishing. Printed in Netherlands.

DE LA ROSA D. Y CROMPVOETS J. (1998). Evaluating mediterranean soil contamination risk in selected hydrological change scenarios. *Agr. Ecosyst. Environ.* 67, 239-250.

DERPSCH, R. 1997. Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad agrícola de la producción agrícola. [En línea] V Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID, Mar del Plata ; Paraguay.

DEXTER AR. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Till. Res.* 20:87-100.

DODD JC, BURTON CC, BURNS RG, JEFFRIES P (1987) Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 107: 163-172.

DORAN J.W., AND SAFLEY M., 1997. Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity In: "Biological Indicators of soil Health". P. 1-28 Pankhurst, C., DOUBE, B.M. and Gupta, V.V.S.R(eds.), CAB International, Wallingford, U.K.

DORAN JW (1980) Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 765-771.

- DORAN, J.W. Y PARKIN, B.T. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: "Defining Soil Quality for a Sustainable Environment". P 3-21 Doran J.W., Coleman D.C Bezdicek D.F and Sterwart B.A (eds.). Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- DORAN, J.W., SARRANTONIO, M. Y LIEBIG, M.A. 1996. Soil Health and Sustainability. Advances in Agronomy Vol. 56. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- DUARTE, R 1990. Contribucion del representante y gefe de la comicion diplomatica de la FAO en mexico al primer symposium Nacional sobre Degradacion de suelo.pp. 97-103. In: Memorias del simposium Universidad Nacinal Atonoma de Mexico. Mexico
- DUMANSKI, J., GAMEDA, S. Y PIERI, C. 1998. Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington DC, USA.
- ERESTEIN, OLAF. 1995. El potencial de la labranza de conservación en sistemas de producción de maíz en México. CIMMYT. Programa de economía. En. Rivera B; Aubad R. El enfoque de sistemas de producción y la incorporación de criterios de política. Bogotá, Colombia. CORPOICA.
- ETANA, A., COMIA, R. 1999. Effects of uniaxial stress on the physical properties of four soils. In: Compaction effects of mechanical stress of some Swedish arable soils. Ph. D. thesis. Reports and Dissertations 24, Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- ETCHEVERS J., HIDALGO C., VERGARA M., BAUTISTA M. Y PADILLA J. 2009. Calidad de suelo: conceptos, indicadores y aplicación en agricultura. En:



López- Blanco J. y Rodríguez Gamiño M. de L. 2009. Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Colección Geografía para el siglo XXI. Serie Libros de Investigación, No. 3. 196 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (1991) Manejo del suelo producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín 56:180.

FIGUEROA, S.B. Y F.F. MORALES (1994). Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. SARH y Escuela de Postgrado, Chapingo, México. 273 p.

FOLLET RF (2001) Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. Soil Till. Res. 61: 77-92.

FOLLETT, R.F. AND PETERSON, G.A. 1988. Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. Soil Science Society of America Journal. 52: 141–147.

FOX, BRYAN A. AND CAMERON, ALLAN G. 1961. Food Science, Nutrition and Health. Six Edition. Ed. Edward Arnold, a división of Hodder Headline PLC, 338 Euston Road, London NW1 3BH (1995).

FRANK, A.B. 1885. Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutsch Botanische Gesellschaft 3: 128-145.

GIL-STORES F., TRASAR-CEPEDA C., LEIROS M. C. Y SEOANE S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties.

Soil Biology and Biochemistry 37: 877-887.

GOVINDARAJULU M, PFEFFER PE, JIN H, ABUBAKER J, DOUDS DD, ALLEN JW, BÜCKING H, LAMMERS PJ, SHACHAR-HILL Y. (2005). Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Nature* 435 :819-823

GREGORICH, E.G., CARTER, M.R., ANGERS, D.A., MONREAL, C.M. Y ELLERT, B.H. 1994. Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. of Soil Science* 74: 367-386.

GUERRA B E 2008 Micorriza arbusculares. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha* 21.1: 191-201.

HÜNNEMEYER, J.A., DE CAMINO, R. Y MÜLLER, S. 1997. Análisis del desarrollo sostenible en centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.

JONER EJ, JOHANSEN A (2000) Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycol. Res.* 104: 81-86.

KARLEN, D.L., CAMBARDELLA, C.A., 2003. Conservation strategies for improving soil quality and organic matter storage. In: Carter, M.R., Stewart, B.A. (Eds), *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Adv. Soil Sci. CRC. Lewis. Boca Ratón. FL, pp. 395-420.

KARLEN, D.L., MAUSBACH, M.J., DORAN, J.W., CLINE, R.G., HARRIS, R.F. Y SCHUMAN, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J.* 61: 4-10.

KLUGER, R. 1984. The mechanistic bases of enzyme catalist. *Enzyme chemistry*. Ed. Coling J. Sucking, Chapman and Hall, London, New York.

- KORBOULEWSKY, N., S. DUPOUYET Y, G. BONIN. 2002. Environmental risk of applying sewage sludge compost to vineyards: carbon, heavy metals, nitrogen, and phosphorus accumulation. *J. Environ. Qual.* 31:1522-1527.
- LAL, R. AND LOGAN, T.J. 1991. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: *Soil Management and Greenhouse Effect*. (R. Lal, J. Kimble, E. Levine and B.A. Stewart, eds.). *Advances in Soil Science Series*. CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 293-307.
- LARSON, W.E. Y PIERCE, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In *Evaluation for sustainable land Ecosistemas* 13 (2). Mayo 2004. management in the developing world. En *Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*, Chiang Rai. pp. 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. and Manage., Bangkok, Thailand.
- LINDERMAN, R.G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soli microbial interactions. In G.J. Bethlenfalvay y R.G Linderman (eds). *Mycorrhizae in sustaintable agriculture*. ASA. Special publication. No. 54.
- LINDSAY, W.L. & NORWELL, W. (1978). Development of DTPA soil for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society America Journal.*, 42: 421-428.
- LÓPEZ D.A., WILLIAMS, R. M., MIEHLKE, K. MAZANA, J. 1994. *Enzimas, Fuente de Vida*. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+822 Monticelo Place, Evanson, Illinois 60201 - 1748. Imprenta Weber Offset GmbH. D 80993 Munich. Ed. en español, EdikaMed, S.L. C/San Salvador 63-65. 08024 Barcelona, España. (1994).
- LÓPEZ MTZ. JOSE DIMAS / ANTONIO DÍAZ ESTRADA / ENRIQUE MARTÍNEZ

- RUBIN / RICARDO D. VALDEZ CEPEDA. (2001). ABONOS ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ. TERRA Latinoamericana, octubre-diciembre, año/vol. 19, número 004, Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México pp. 293-299.
- LUM MR, HIRSCH AM. (2003). Roots and their symbiotic microbes: Strategies to obtain nitrogen and phosphorus in a nutrient-limiting environment. *Journal of Plant Growth Regulation*. 21:368-382
- MENDOZA M., OLTRA J., VIDAL C. Y TOMÁS C. (2001). La calidad de las prácticas agrícolas en el proceso de transformación a la agricultura ecológica en Enguera y Anna (Comunidad Valenciana). *Cuadernos Geográficos* 30, 129-147.
- MUNKHOLM, L.J., SCHJONNING, P., RASMUSSEN, K.J. 2001. Non-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. *Soil & Tillage Research*. 62, 1-14.
- NC-ISO 14870. (2003). Extracción de elementos traza con solución DTPA tampon.
- NICOLÁS NICOLÁS, ELOY NAHUM. 1995. Evaluación de Extractos de Algas Marinas en el Cultivo de Crisantemo ( *Chrysanthemum morifolium* cv. Indianapolis). Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlan Izcalli, Edo. De México, México.
- NIETO G A, MURILLO AB, TROYO DE, LARRINAGA MJ, JL GARCÍA H (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.

- NORTCLIFF, S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88: 161-168.
- OLDEMAN, LR. 1994. The global extent of land degradation. En: D.J. Greenland e I. Szabolcs (eds). *Land Resilience and Sustainable Land Use* . CABI, Wallingford. 99-118 p.
- ORTIZ SOLORIO M.LM., A. ANAYA GARDUÑO Y J. ESTRADA BERG WOLF. 1994. Evaluacion, cartográfica y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Posgraduados- CONAZA México.
- PADILLA E, SÁNCHEZ JA, TRONCOSO R, SÁNCHEZ A Y ESQUEDA M. 2006 Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón Envelope con polietileno. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:321-329.
- PANDO M., GUTIÉRREZ M., MALDONADO A., PALACIO J. Y ESTRADA A. (2003). Comparación de métodos en la estimación de erosión hídrica. *Investigaciones Geográficas* 51, 23-36.
- PHILLIPS, R.E. 1985. Humedad del suelo. p 69 – 89. In: *Agricultura sin Laboreo*. Ed. Bellatera.
- PHILLIPS, S. AND YOUNG, H. 1973. *No-Tillage Farming*. Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin. 224 pp.
- PLA SENTIS, IDELFONSO. 1994. La materia orgánica y la degradación y erosión de suelos en el trópico. En *Memorias de VII congreso colombiano de la ciencia del suelos*. Bucaramanga.
- RAGGI, R. 1990. Importancia de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. p 47–75. In: *1º Jornadas Binacionales*

de Cero Labranza. 1990, Temuco, Chile. Actas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro regional Carillanca.

RAIJ, B.; VAN DE ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J. (Eds). (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronomico Campinas 284 pp.

RELACO (Red latinoamericana de labranza conservacionista). 1998. Los diez primeros años de actividades 1987 –1997. Vol. 1 y 2. 1998. Consultado: 20 de abril de 2001.

REYES R., D.M. 1991. Efecto de la Necromasa Algacea como Acondicionador en las propiedades Físico-Químicas de Suelo Arcilloso y Arenoso. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.

REYES R., D.M. 1993. Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en un suelo arcilloso y otro arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México.

RILLIG MC. (2004). Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. *Ecol Lett* 7:740-754.

RIQUELME, J. 1992. Manejo conservacionista del recurso suelo. *IPA Quilamapu*, (51): 29–34.

RODRÍGUEZ DN, CANO RP, FIGUEROA VU, FAVELA CE, MORENO RA, MÁRQUEZ HC, OCHOA ME, PRECIADO R (2009) Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana* 27: 319-327.

- ROMIG, D.E., GARLYND, M.J., HARRIS, R.F. Y MCSWEENEY, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- SALINAS J R, DÍAZ A, GARZA E Y GARZA I 2005 Efectos de la labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan la sostenibilidad de la producción de frijol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5(1): 30-34.
- SCHOIJET M. (2005). Desertificación y tormentas de arenas. *Región y Sociedad* 17, 167-187.
- SEEN, T. L. 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al español por Benito Canales Lopez. *Crecimiento de alga y planta*. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.
- SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J., KARLEN, D.L. Y ROGERS, H.H. 1997. Quantification of Soil Quality. En *Soil Process and the Carbon Cycle* (eds. Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F. y Stewart, B.A.), pp. 387-403, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- SIERRA, C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranza. p 196–209. In 1º Jornadas Binacionales de Cero Labranza. 1990, Concepción, Chile.
- SMALL, W.L. Y E.R. GREEN. 1968. *Biología*. Editado en español por Publicaciones Culturales, S.A. de C.V., México, vigésima segunda edición.
- SOANE, B.D. (1990) The role of organic matter in the soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research* 16, 179-202.
- SOLTANPOUR, P.N. & SCHWAB, A.D. (1976). A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micronutrients in alkaline soil. *Communications in*

Soil Science and Plant Analyses., 8: 195-207.

SPEEDING TA, HAMEL C, MEHUYS GR, MADRAMOOTOO CA (2004) Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. *Soil Biol. Biochem.* 36: 499-512.

SQI-SOIL Quality Institute. 1996. Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.

STAMFORD N P, SANTOS P R, SANTOS C E S, S FREITAS UNA D, DIAS S H L Y LIRA JR M UN. 2007 Eficacia agronómica de s de bio-fertilizantes con fosfato roca, azufre y *Acidithiobacillus* para frijol ñame cultivada en un suelo ácido de meseta brasileña. *Tecnología de Rewiever* 6:1311 1318.

USDA-NRSC-SQI. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Soil Quality Institute. 2001. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning.

VALETIN C. E INGRAM J. (1998). Global change and soil degradation. 16th World Congress of Soil Science. Abstracts. Montpellier.

VAN DER HEIJDEN MGA. (2004). Arbuscular mycorrhizal fungi as support systems for seedling establishment in grassland. *Ecology Letters* 7:293-303.

VENEGAS, C. 1990. Labranza conservacionista. Una tecnología que llegó a la IX Región para quedarse. *Investigación y Progreso Agropecuario*. IPA Carillanca. (Chile) 9 (4): 3-10.



WEAR, J.I. AND EVANS, C. E. 1968. Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by there extrations. Soli Sci. Soc Amer. Proc. 32: 543-546.

WOODS LE, SCHUMAN GE. 1988. Cultivation and slope position effects on soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1371-1376.

## PAGINAS CITADAS

Agrobeta. 2012. Microelementos del suelo. 2012. [En línea]:  
<http://www.agrobeta.com/agrobetablog/tag/microelementos-del-suelo/>  
[Consultado]: (05/07/2012).

Algaenzims. 2012. Información general. [En línea]:  
<http://www.globalorganicsec.com/algaenzims.swf> [Consultado]: (19/06/2012)

Biblioteca digital de la Universidad de Chile. [En línea]:  
[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_agronomicas/villar04/parte04/01.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/villar04/parte04/01.html) [Consultado]: (26/05/2012)

Biblioteca digital de la Universidad de Chile. Libros-Ciencias agrarias y forestales y veterinarias. Labranza del suelo. 2012 [En línea]:  
<http://trantor.sisib.uchile.cl/bdigital/> [Consultado]: (25/06/2012)

Br Global. 2012. [En línea]: <http://www.brglimited.com/download/MicroNutrientes.pdf>  
[Consultado]: (27/09/2012).

CEMPRE URUGUAY. 2012. Compostaje. [En línea]:  
[http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80&Itemid=98](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=98) [Consultado]: (30/05/2012)

Ciencia hoy. 2012. Formas de labranza. [En línea]:  
<http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy68/formasdelabranza.htm> [Consultado]:  
(28/06/2012)

Corporacion de investigación tecnológica de chile. 1999. Manuel del compostaje. [En línea]: <http://es.scribd.com/doc/55187119/3/ANTECEDENTES-GENERALES-DEL-COMPOSTAJE> [Consultado]: (1/06/2012)

Gil C. M.E. Aspectos relacionados con el uso de Hongos Micorrizogenos Arbusculares en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill), en el estado de Michoacan. 2009. [En línea]:  
<http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/4445/1/ASPECTOSRELACIONADOSCONELUSODEHONGOSMICORRIZOGENOSARBUSCULARESENELCULTIVODELAGUACATEPERSEAAERICANAMILLENELESTADODEMICHUOACAN.pdf> [Consultado]: (23/06/2012)

InfoAgro.2012. El compostaje (1ª parte). [En línea]:  
<http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm> [Consultado]: (1/06/2012)

J S Carvajal-Muñoz and C E Carmona-Garcia. 2012. Benefits and limitations of biofertilization in agricultural practices. [En línea]:  
<http://www.lrrd.org/lrrd24/3/carv24043.htm> [Consultado]: (25/06/2012)

MA Olivares-Campos, A Hernández-Rodríguez, C Vences-Contreras, JL Jáquez-Balderrama, D Ojeda-Barrios. 2012. LOMBRICOMPOSTA Y COMPOSTA DE

ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO LECHERO COMO FERTILIZANTES Y MEJORADORES DE SUELO. [En línea]: <http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/28-1-2012/3--624.pdf> [Consultado]: (30/05/2012)

Monografía. Alfonso. M.C.J. 2012. Método de laboratorio para la extracción de fósforo disponible en el suelo. [En línea]:<http://www.monografias.com/trabajos91/metodos-laboratorio-extraccion-fosforo-disponible-suelo/metodos-laboratorio-extraccion-fosforo-disponible-suelo.shtml> [Consultado]: (07/09/2012).

Monografías. Perez de Corcho .F. J.S. Manejo sostenible del suelo. [En línea]: <http://www.monografias.com/trabajos15/manejo-de-suelos/manejo-de-suelos.shtml> [Consultado]: (01/07/2012).

NÚRIA ROCA<sup>1</sup>; MABEL SUSANA PAZOS<sup>1</sup> & JAUME BECH<sup>2</sup>. 2007. DISPONIBILIDAD DE COBRE, HIERRO, MANGANESO, ZINC EN SUELOS DEL NO ARGENTINO. [En línea]: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v25n1/v25n1a05.pdf> [Consultado]: (05/07/2012).

Organic and órgano-mineral fertilizers and soil improvers. 2012. Mejoradores de suelo. [En línea]: <http://www.spain.osmo-organics.com/start/soilimprovers/es> [Consultado]: (30/06/2012).

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 2012.  
Labranza de conservación ¿fin del arado?. [En línea]:  
<http://www.fao.org/noticias/2000/000501-s.htm> [Consultado]: (26/06/2012)

Siembra directa. [En línea]: <http://www.rolf-derpsch.com/siembradirecta.htm>  
[Consultado]: (28/05/2012)

Sullivan P. El Manejo Sostenible de Suelos [En línea]:  
[http://www.agroeco.org/socla/archivospdf/Manejo\\_sostenibel\\_de\\_suelos.pdf](http://www.agroeco.org/socla/archivospdf/Manejo_sostenibel_de_suelos.pdf)  
[Consultado]: (26/05/2012)

## ANEXOS

**Cuadro 12.** Determinación de Cu, Fe y Zn total en las muestras de suelo a dos profundidades para cada sistema de labranza en la etapa 2.

LC a dos profundidades				
Trat	Prof	Fe tot	Cu tot	Zn
M1	1	200		0 1.1
M1	2	200		0 1.1
M2	1	200		0 1.1
M2	2	200		0 1.1
M3	1	200		0 0.9
M3	2	200		0 0.9
M4	1	200		0 1
M4	2	200		0 1
LV a dos profundidades				
Trat	Prof	Fe tot	Cu tot	Zn
M1	1	200		0 1.1
M1	2	150		0 1
M2	1	150		0 0.9
M2	2	150		0 1.1
M3	1	150		0 1.1
M3	2	150		0 1.1
M4	1	150		0 0.9
M4	2	150		0 1.1
LV a dos profundidades				
Trat	Prof	Fe tot	Cu tot	Zn
M1	1	150		0 1
M1	2	150		0 0.9
M2	1	150		0 0.9
M2	2	150		0 0.9
M3	1	150		0 1
M3	2	150		0 1
M4	1	150		0 0.9
M4	2	150		0 1