

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Efecto en algunas propiedades del suelo por el uso de un mejorador natural
en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

POR:

JESUS CAMPOS CRUZ

TESIS PROFESIONAL

Presentada Como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre del 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto en algunas propiedades del suelo por el uso de un mejorador natural en el cultivo
de maíz (*Zea mays* L.)

POR:

JESUS CAMPOS CRUZ

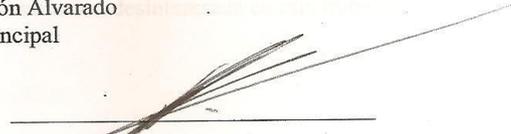
TESIS PROFESIONAL

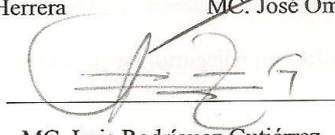
Que se somete a decisión del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener
el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL


Dr. Emilio Rascón Alvarado
Asesor Principal


Dr. Alejandro Hernández Herrera
Coasesor


MC. José Omar Cárdenas Palomo
Coasesor


MC. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre 2012

Agradecimientos

A la ``Universidad Autónoma Antonio Narro`` por brindarme la oportunidad y formarme profesionalmente, además de ser como un segundo hogar.

Al Dr. Emilio Rascón Alvarado por su responsabilidad, paciencia y su valioso tiempo en conducirme a terminar este trabajo.

Al Dr. Alejandro Hernández Herrera por su apoyo y asesoría en la realización de este escrito.

Al MC. José Omar Cárdenas Palomo por darme orientación, sugerencias y por su colaboración en campo.

Al MC. Fidel Maximiano Peña por su colaboración desinteresada en este trabajo.

En general a todo el equipo de maestros que conforman el Departamento de Ciencias del Suelo, por ser la base de mi formación profesional.

A la empresa PALAU BIOQUIM por permitirme realizar este proyecto.

Dedicatorias

A dios, por darme la dicha de permitirme vivir en este mundo, gracias por guiarme por el camino correcto en los momentos difíciles y felices que me has encomendado, por permitirme alcanzar mis metas.

A mis padres: María Elva Cruz Telles y Francisco Campos Juárez, por darme la vida, brindarme todo su amor, orientación, confianza y apoyo, que me ha llevado a ser alguien en la vida **GRACIAS POR TODO.**

A mis hermanos: María Guadalupe, Francisco y Juan José por compartir todos los momentos difíciles y felices, pero siempre unidos. **Gracias por todo su apoyo que me han brindado.**

A mi novia Elizabeth por todos sus buenos consejos, apoyo moral y formar parte de mi vida.

A mis amigos: María Esperanza, Karla Adriana, María Esperanza (Gaby), José Alberto por su gran amistad y buena convivencia que tuvimos en esta etapa de mi vida.

A todos mis compañeros (as), de la carrera Ing. Agrícola y Ambiental generación 113.

Resumen

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar el efecto sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, por la aplicación de mejoradores orgánicos (piedra caliza, residuos de algas y el producto comercial algaenzims) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). La presente investigación se llevó a cabo en el Municipio de Monte Escobedo, Zacatecas. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño completamente al azar, el análisis estadístico se hizo con el programa R versión 2.141, la comparación de medias se realizó con la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05. Se evaluaron las variables: materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, densidad aparente y densidad de sólidos. De acuerdo al análisis estadístico se encontraron diferencias significativas sobre algunas de las variables evaluadas, en el caso del pH el T6 (p. caliza + atm1+ algaenzims), fue el que obtuvo en promedio el valor más elevado, para la densidad aparente el T4 (p. caliza + atm3) y la densidad de sólidos el T5 (atm1+ algaenzims), fueron los tratamientos que al igual mostraron los valores más bajos de estas variables. La hipótesis planteada fue aceptada ya que la aplicación de estos materiales de origen natural, lograron tener un efecto positivo en la evolución de las propiedades físicas y algunas químicas del suelo.

Palabras Claves: algas, mejoradores orgánicos, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, densidad aparente, densidad de sólidos.

Índice general

Agradecimientos	i
Dedicatorias.....	ii
Resumen.....	iii
Índice de cuadros.....	vi
Índice de figuras.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	4
HIPÓTESIS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Mejoradores de Suelos	5
Materia Orgánica.....	7
pH.....	8
Conductividad Eléctrica.....	9
Densidad Aparente.....	11
Densidad de Sólidos.....	12
Generalidades de las Algas	13
Características	13
Clasificación.....	13
Reproducción	14
Composición	15
Usos de las Algas	15
Productos Hechos a Base de Algas Marinas.....	16
Efecto de las Algas Marinas en el Suelo.....	19
ALGAENZIMS ^{MR}	20
Compatibilidad.....	21
Propiedades	21

Descripción Botánica del Maíz	23
Requerimientos de clima.....	23
Temperatura	23
Requerimientos de Suelo.....	25
Requerimientos de Humedad	25
Altitud y Latitud.....	26
Fotoperiodo	26
Fenología.....	27
Nascencia	27
Crecimiento	27
Floración	27
Fructificación	28
Maduración y Secado.....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
Localización del Experimento.....	29
Materiales.....	29
Metodología	30
Análisis estadístico.....	31
Descripción de tratamientos.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
Evolución de las Propiedades Físicas y Químicas del Suelo	32
Materia Orgánica.....	33
pH.....	35
Conductividad Eléctrica	37
Densidad Aparente	40
Densidad de Sólidos	42
V. CONCLUSIÓN	45
VI. LITERATURA CITADA	46

Índice de cuadros

Cuadro 2.1 Contenido de materia orgánica en los suelos minerales.....	7
Cuadro 2.2 Clasificación de suelos según su contenido de sales.....	10
Cuadro 3.3 Análisis garantizado de algaenzims.....	22
Cuadro 3.1 Métodos para la evaluación de propiedades físicas.....	30
Cuadro 3.2 Métodos para la evaluación de propiedades químicas.....	30
Cuadro 3.3 Descripción de los tratamientos.....	31
Cuadro 4.1 Cuadrados medios y las significancias de las propiedades evaluadas.....	32

Índice de figuras

Figura 4.1 Efecto de la M.O. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos.....	33
Figura 4.2 Efecto del pH para los diferentes tipos de tratamientos y estratos.....	35
Figura 4.3 Efecto de la C.E. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos.....	37
Figura 6.4 Efecto de la D.A. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos.....	40
Figura 4.5 Efecto de la D.S. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos.....	42

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción agrícola presenta una gran evolución con la aplicación creciente de fertilizantes minerales y productos químicos, lo que se reflejó en un incremento ininterrumpido de los rendimientos agrícolas.

A través de los años, para mantener ese potencial productivo, los cultivos requerían de una aplicación masiva de diversos insumos químicos, lo que empezó a generar, junto con su efecto positivo, una serie de condiciones y factores negativos en los agroecosistemas actuales, por lo que en muchos suelos agrícolas se observaron acumulaciones importantes de nitratos, nitritos, pesticidas y otras combinaciones ecológicamente dañinas.

Trasar (2000), indica que una de las principales causas de que no se hayan detenido a tiempo los procesos negativos en la agricultura intensiva, fue el desconocimiento de las implicaciones en el uso excesivo de los insumos y al poco estudio de su efecto sobre la microflora del suelo y sobre los procesos biológicos que condicionan la fertilidad de los mismos. El efecto final fue una destrucción sustancial de las asociaciones microbianas y su actividad funcional o bioquímica.

En la actualidad, los factores biológicos se han convertido en criterios importantes para valorar el manejo de los suelos, de tal forma que se crea la necesidad de orientar la producción agrícola hacia nuevas tecnologías fundamentadas en la recuperación de los suelos. Los componentes biológicos son los últimos que se han tomado en cuenta en investigación y producción de los cultivos, además hoy se acepta que la actividad de los microorganismos no solo es un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas naturales como los agroecosistemas (Trasar, 2000).

Las partículas minerales y orgánicas del suelo se asocian para formar agregados, constituyendo un entramado de materia que queda inmerso en las llamadas fases gaseosa (la atmósfera del suelo) y fase líquida (la solución acuosa del suelo), que en conjunto es un hábitat favorable para los microorganismos.

Acuña, *et al.*, (2005) indican que tanto en la superficie de las partículas, como en el interior de los agregados, o bien asociados a las raíces de las plantas, se ha detectado una amplia variedad de microorganismos, entre éstos se incluyen bacterias, hongos, algas y protozoos, además de virus, cuyas cifras indican decenas de millones de microorganismos viables, muchos de ellos cultivables por gramo de suelo.

La función de los microorganismos en el suelo, especialmente la de algunos grupos definidos, puede ser manipulada para permitir que determinadas actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas se expresen de forma eficaz, de allí que pueden jugar un papel preponderante como indicadores de calidad y salud de los suelos (Acuña *et al.*, 2005).

Sin embargo, es sumamente raro encontrar en la naturaleza un suelo donde sea posible obtener alto rendimiento y que este sea sostenible por varios años sin necesidad de un manejo. Esto es debido a la gran diversidad de materiales minerales madre posibles y a la evolución natural que tuvo a través de los años.

Actualmente se deben de buscar nuevas alternativas de cómo mejorar la productividad en los cultivos, estas alternativas deben de causar el menor o ningún daño ecológico en el ecosistema. Una de estas alternativas es la aplicación de soluciones orgánicas para proporcionar los nutrientes que requieren las plantas, además de que a la larga estos contribuyen a mejorar las características del suelo.

Por lo anterior este trabajo fue realizado con el propósito de evaluar el efecto de mejoradores orgánicos a base de algas marinas y piedra caliza, con el siguiente objetivo e hipótesis:

OBJETIVO

Evaluar cambios en algunas propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola por la aplicación de un mejorador natural

HIPÓTESIS

La aplicación de mejoradores naturales al suelo tiene un efecto positivo en algunas propiedades físicas y químicas del suelo

II. REVISIÓN DE LITERATURA

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 va a lograr:

- Suelos más fáciles de trabajar.
- Aumento de la bioactividad y la cantidad de humus.
- Una mejor relación aire-agua.
- Optimización de la situación de nutrientes.
- Aumento de la cantidad de humus.

Mejoradores de suelos orgánicos:

Realizados completamente a partir de materias primas vegetales y/o animales (estiércol de vaca, estiércol de aves, estiércol de caballo). 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 (<http://www.spain.osmo-organics.com>).

Efecto de los Abonos Orgánicos en la Productividad de Suelos

Hasta hace poco los desechos orgánicos habían sido considerados como una fuente de contaminación y no eran valorados como el subproducto de la agricultura susceptible de originar abonos orgánicos de calidad (Martínez, 2004). Además, se han registrado problemas de fitotoxicidad, lixiviación de nitratos y contaminación de mantos acuíferos, debido al mal manejo de fuentes orgánicas al ser incorporadas al suelo sin un tratamiento previo (Romero, 2004).

Los resultados de investigaciones generados han demostrado que una de las prácticas de manejo que contribuye a la recuperación física, química y biológica de los suelos es el uso de abonos orgánicos (Rivero *et al.*, 1998; Barrio (2001); Velásquez *et al.*, (2002); Torres *et al.*, (2005); Linares *et al.*, (2005); López *et al.*, (2006); Torres *et al.*, (2006). La contribución de esta práctica es referida no sólo al aspecto nutricional sobre las plantas, sino que tiene un alcance en todos los componentes relacionados con la fertilidad y productividad del suelo agrícola. Entre los principales efectos regenerativos de esta práctica se encuentran:

- Estimulación inmediata de la actividad biológica (Clement *et al.*, 1995; Scott *et al.*, (1996); Gregorich *et al.*, (1996); Barrio (2001); España *et al.*, (2002); Thorup- Kristensen *et al.*, (2003).
- Mejoras en propiedades físicas, tales como estructura, retención de humedad y reducción de la densidad aparente (Rivas, 1993; León (1993); Rivero *et al.*, (1998); Bravo y Florentino (1999); Barrio (2001); Ohep (2001); Torres *et al.*, (2005); Torres *et al.*, (2006).

- Mejoras en las propiedades químicas: aumentos en la disponibilidad de macronutrientes y reducción de Al^{+3} en el complejo de intercambio (Franco-Viscaino (1997); Urquiaga y Zapata (2000)).

Materia Orgánica

De acuerdo a Cepeda (1985), la materia orgánica de los suelos es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contiene un sinnúmero de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo a la clase de residuos (plantas o animales) y de su estado de descomposición. Dichos materiales son los siguientes:

- Carbohidratos; que incluyen azúcares, almidones, celulosas, etc., que contribuyen del 1 al 28% de la materia orgánica.
- Proteínas, aminoácidos y otros derivados nitrogenados.
- Grasas, aceites y ceras.
- Alcoholes, aldehídos, cetonas, y otros derivados oxidados inestables.
- Ácidos orgánicos (ácido acético, que puede alcanzar un miliequivalente por cada 100 g de suelo).
- Minerales como calcio, fósforo, azufre, hierro, magnesio, y potasio.
- Productos diversos de gran actividad biológica como hormonas, enzimas, antibióticos así como otras sustancias muy activas en pequeñas concentraciones.

Cuadro 2.1 Contenido de materia orgánica en los suelos minerales (Ortiz y Ortiz, 1984).

Nivel de materia orgánica	Interpretación
Menos de 1.0	Muy pobre
a 2.0	Pobre
a 3.0	Medio
a 5.0	Rico
Más de 5.0	Muy rico

pH

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados; la alcalinidad mayormente aparece en regiones más secas. Sin embargo, prácticas agrícolas, tales como el encalado o el agregado de fertilizantes de amonio, puedan alterar el pH. La medición de pH significa en realidad medir la actividad del ión $[H^+]$ en la solución del suelo (<http://soils.usda.gov>).

En consecuencia:



El grado de acidez de un suelo se refleja con las concentraciones de iones hidrógenos existentes en la suspensión acuosa del mismo, los iones H^+ tienen su origen en la disociación electrostática del ácido diluido en una solución acuosa.

“El pH del suelo depende de diversos factores incluyendo los que intervienen en la formación del suelo, la estación del año, las prácticas del cultivo, el horizonte muestreado, el contenido hídrico al momento del muestreo y la técnica para determinarlo (Cepeda, 1999)”.

“ Cepeda (1999), indica que procesos de lavado eliminan bases del suelo y, por lo tanto, con el tiempo tiende a provocar un descenso en el pH, este proceso es importante en los suelos jóvenes y pierden influencia en los suelos seniles, donde los procesos meteorizantes han eliminado la mayor parte de las arcillas de estructura 2:1 Los fertilizantes que contienen azufre o nitrógeno, acidifican el suelo, y produce efectos apreciables en unos pocos años”.

“La aplicación de cal permite subir el pH cuando es demasiado bajo. La mayoría de los suelos tienen un valor de pH que oscila entre 4 y 8. Casi todos suelos con pH superior a 8 poseen un exceso de sales o un elevado porcentaje de Na^+ . Los suelos con pH inferior a 4, generalmente contienen ácido sulfúrico (Cepeda, 1999) ”.

La acidez del suelo está asociada con varias características del suelo, bajo nivel de calcio y magnesio intercambiables y bajo porcentaje de saturación de bases; alta proporción de aluminio intercambiable; una capacidad de intercambio de cationes más baja que en suelos similares menos ácidos debido a un número reducido de cargas negativas en la superficie de la materia orgánica y a un creciente número de cargas positivas en la superficie de los óxidos; cambios en la disponibilidad de nutrientes; por ejemplo, la solubilidad del fósforo es reducida; aumento de la solubilidad de los elementos tóxicos (Rowell, 1994).

Conductividad Eléctrica

Cano (2011), menciona que la medida de la conductividad eléctrica (CE), junto con la de pH, son básicas en el análisis de suelos y aguas, puestos que de ellas se

deducen muchas de las características del agua de riego y del suelo de cultivo, tales como las siguientes:

- a) Concentración de sales.
- b) Alcalinidad o acidez (reacción).
- c) Aproximadamente el tipo de sales.
- d) Fertilizantes más apropiados.

Desde el punto de vista analítico la conductividad indica algo acerca de la concentración iónica de la disolución, pero no permite discernir cual es su composición cuantitativa. Sin embargo, la conductividad eléctrica está directamente relacionado con la presión osmótica y esta tiene gran importancia en la absorción de agua por las plantas y por lo mismo influye en la producción, de aquí el interés de esta medida.

Cuadro 2.2 Clasificación de suelos según su contenido de sales (Cano, 2011)

CE. en dS/m, a 25 ⁰ C.	Clasificación de suelo	Tolerancia de las plantas al contenido de sales
< 2.0	No salino	Efecto de salinidad caso nulo.
2.0 a 4.0	Poco salino	Los rendimientos de los cultivos más sensibles se afectan.
4.0 a 8.0	Medianamente salino	Prosperan solamente los cultivos que toleran cierto grado de salinidad.
8.0 a 12.0	Fuertemente salino	Solo los cultivos tolerantes rinden apropiadamente.
>12.0	Extremadamente salino	Solo las especies muy tolerantes se adaptan.

Densidad Aparente

La densidad aparente es definida como la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento. Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de entre 2.5 a 2.8 g/cm³, mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm³ (<http://soils.usda.gov>).

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por el cultivar; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y clima, por ejemplo por impacto de las gotas de lluvia (Arskead *et al.*, 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

Ortiz y Ortiz (1984), menciona que las densidades aparentes aumentan con la profundidad en el perfil del suelo. Esto se debe a más bajos niveles de M.O., menor agregación y más compactación.

La compactación fuerza al material sólido dentro de los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente. Las labores de cultivo usualmente aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente (Ortiz y Ortiz, 1984).

Densidad de Sólidos

Cavazos y Rodríguez (1992), definen la densidad de las partículas como la masa (peso) por unidad de volumen de las partículas solidas de un suelo, es decir que no se considera el volumen vacío (espacio poroso).

La densidad de las partículas en la práctica es difícil de determinar, por los métodos que para ello se utilizan; en clasificación de suelos se ha convenido en adoptar el valor de 2.65 g/cm^3 como la densidad real de todos los suelos, dicho valor se considera como el promedio aproximado de los minerales dominantes: cuarzo, feldespatos, micas, y minerales arcillosos.

El tamaño y arreglo de las partículas del suelo no afecta la densidad de las partículas. Sin embargo, la M.O que pesa mucho menos de un volumen igual de sólidos minerales influirá en la densidad de las partículas (Ortiz y Ortiz, 1984).

Ortiz y Ortiz (1984), mencionan que algunos suelos superficiales de alto contenido orgánico y mineral, pueden decrecer en su densidad de partículas hasta 2.4 g/cm^3 . Los suelos superficiales usualmente poseen menores densidades de partículas que los subsuelos. Los suelos orgánicos (turbas y mucks) podrían naturalmente tener densidades de partículas extremadamente bajas.

Generalidades de las Algas

Características

Muchas personas creen que las algas, por ser tan pequeñas y confusas son de poca importancia; sin embargo, la realidad es todo lo contrario, dado que la mayoría del material vegetal sobre la tierra lo constituyen las algas, las cuales llevan a cabo una gran parte de la fotosíntesis total. Se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, la mayoría de las algas viven en los lagos, ríos y océanos, y también se les encuentra en abundancia en la capa superficial de los suelos húmedos y aun en los desiertos (Cronquist, 1977) .

Las algas varían en tamaño desde células individuales hasta las grandes algas marinas que crecen más de 50 metros. Algunos tipos de algas son muy notorias, pues forman natas verde en los depósitos de agua, contribuyen a formar la capa resbalosa de las piedras que están al margen de los arroyos. Son los primeros organismos en colonizar a las rocas desnudas, ayudando a la formación de un suelo adecuado para el desarrollo de las plantas superiores.

Clasificación

Para la elaboración de la clasificación de algas los científicos se basan en las siguientes características:

- a) Pigmentos: su composición química.
- b) Productos alimenticios de reserva: su química.

- c) Flagelos (si presenta) : su número y morfología
- d) Paredes celulares: su química y características físicas.
- e) Organización celular.
- f) Historia biológica (la serie completa de cambios en un organismo) y reproducción.

Reproducción

Las algas se reproducen sexual y asexualmente. La reproducción sexual en las algas como en las plantas superiores, implica la producción de gametos. El gameto es una célula especializada que genera un individuo nuevo después de haberse fusionado con otro gameto. En las algas hay dos tipos de reproducción sexual: la isogamia y la oogamia. En la isogamia, los gametos son aproximadamente del mismo tamaño y con frecuencia móviles. En la oogamia, los gametos son de tamaño diferente; el femenino grande e inmóvil; el espermatozoide pequeño y móvil (Cronquist, 1977).

La reproducción asexual implica la producción de esporas unicelulares, muchas esporas asexuales de las algas acuáticas poseen flagelos y son móviles, las esporas no móviles llamadas aplanospora, son los tipos terrestres de algas (Pelczar, 1984 y Marshall, 1987).

Las especies de algas son : monoicas al encontrarse los gametos masculinos y femeninos en el mismo individuo y dioicas al encontrarse los gametos masculinos y femeninos en individuos diferentes, sin embargo, algunas especies están limitadas a uno u otro de estos procesos, pero muchos poseen ciclos complicados de vida que comprenden ambos tipos de reproducción (Pelczar, 1984 y Marshall, 1987) .

Composición

La composición de las algas frescas es aproximadamente:

Agua 70 - 80 %

Materia orgánica 13 - 25 %

Nitrógeno 0.3 - 1.0 %

Potasio 0.8 - 1.8 %

Fósforo 0.002 - 0.17 %

Usos de las Algas

Las algas son utilizadas por el hombre de muchas maneras, para la obtención del agar, como alimento para el hombre, se ha aplicado también como fertilizantes en suelos agrícolas (Walther, 1982 y Marshall, 1987).

Una práctica común en las poblaciones costeras es la de utilizar algas marinas como fertilizantes y acondicionadores de suelos: también son utilizadas como forrajes o complemento a la alimentación del ganado. Algunas algas crecen en suelos inundados tienen la capacidad de recuperar suelos salinos y calcáreos para la agricultura, aumentando su fertilidad y utilizando las sales excedentes; son capaces de aumentar la proporción de nitrógeno asimilable para los cultivos (González, 1987).

Global Organics (2007), opina que 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.

Productos Hechos a Base de Algas Marinas.

Los extractos son comercializados para su uso en la agricultura y la horticultura. La mayoría de los extractos son preparados de harina seca de *Ascophyllum nodosum*. Las sustancias activas de los extractos de algas deben de ser capaces de tener efecto a bajas concentraciones.

El número de especies de algas marinas que se encuentran ahora en el mercado es considerable y pertenecen a los géneros: *Macrocystis*, *Ecklonia*, *Sargassum*, *Durvillia*, *Porphyra*, *Fucus* y *Ascophyllum* (Norrie, 2005).

El tratamiento de los cultivos agrícolas con algas ha crecido en popularidad, por lo que se presenta la tendencia a desarrollar un gran número de productos de algas procesadas; los cuales, se dividen en tres grupos: harina que se aplica al suelo en grandes volúmenes o mezclada con el suelo del sustrato en plantas de invernadero; extractos líquidos o en polvo y, concentrados, que se usan para sumergir las raíces; en el suelo, para mejorar la retención de humedad y, como fertilizantes foliares (Booth 1969; Senn 1987; Metting *et al.* 1988) .

La harina de algas aplicada al suelo, tiene dos funciones principales: como fertilizante, promueve el crecimiento de las plantas a través de la liberación gradual de los nutrientes minerales y, como acondicionador del suelo, mejora la aireación y la estabilidad de los agregados. Generalmente, las algas no procesadas, tienen tanto nitrógeno como el estiércol, menos fósforo, pero más potasio, sales y micronutrientes en disposición inmediata (Stephenson 1974; Senn y Kingman 1978).

Los extractos líquidos son elaborados con algunos procesos que incluyen: algas maceradas y agitadas en agua caliente, hidrólisis ácida o alcalina con o sin vapor y, la técnica de estallar por presión; en este último método, el líquido concentrado es producido sin recurrir a compuestos químicos o tratamiento por calor; el material es sujeto a un rápido cambio en presión que rompe los componentes estructurales de la célula, esto, permite la liberación de prácticamente todos los componentes intracelulares, incluyendo los reguladores de crecimiento (Senn 1987) .

La harina y los extractos líquidos son hechos de la misma clase de algas, por lo que tienen ciertas cualidades comunes; por ejemplo: ambos proveen, cuando menos, trazas de muchos elementos minerales. Desde los años sesenta (1960) el uso de concentrados de algas como: fertilizantes foliares, tratamiento de semillas, tratamiento de raíces por inmersión, se ha incrementado mucho más rápidamente que el uso de la harina de algas aplicada al suelo, lo cual se puede atribuir a que es mucho más fácil su transporte y almacenamiento, ya que la eficiencia biológica de sus componentes están más disponibles cuando son aplicados directamente, que cuando son aplicados e incorporados al suelo, como es el caso de la harina de algas (Canales 1997).

Ha sido sugerido que elementos traza son probablemente constituyentes activos, pero Blunden y Gordon, citados por Canales (1997), menciona que la cantidad de las sustancias forma una porción insignificante en el total de los requerimientos del cultivo. La presencia de hormonas vegetales (sustancias naturalmente promotoras del crecimiento) ha sido demostrada en los extractos de algas disponibles comercialmente los cuales tiene alto contenido de sustancias con actividad semejante a las citocininas.

La mayoría de los productos obtenidos de las algas marinas se aplican como suplementos de los nutrientes minerales en programas integrados de nutrición de cultivos. También se usan para producir efectos benéficos atribuidos a la presencia de hormonas naturales y otros compuestos que influyen en el crecimiento de las plantas (Norrie, 2005).

Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes de granja porque liberan más lentamente el nitrógeno, son ricas en micro elementos y no traen semillas de malezas (Boraso, *et al.*, 2005).

Efecto de las Algas Marinas en el Suelo

El suelo está compuesto de minerales, aire, agua, materia orgánica y organismos vivos en una mezcla dinámica.

Ecológicamente el suelo está compuesto de una porción dominada por raíces y otra dominada por minerales. Las microalgas habitan la parte especial mineral caracterizada por que recibe la luz del sol. Células individuales y microcolonias de algas son encontradas en discretos microhábitat, cuyas calidades cambian constantemente como la suma total instantánea de muchos factores a saber: potencial del agua, temperatura, irradiación, sustratos carbonáceos y factores de crecimiento, fuerza iónica y composición de la solución del suelo, pH y potencial Redox, los gases del suelo, composición mineral, capacidad de intercambio catiónico, y distribución de la granulometría, área de la superficie y propiedades de agregación de las partículas : todas, interactúan con otros organismos para influenciar en el metabolismo y dinámica de población de las algas en el suelo (Metting , 1988) .

Por compactación del suelo, Garry (2001), en el cultivo de algodón, ha detectado pérdidas del 20 al 50% y, en cereales, hasta un 50%. Se presentan varios trabajos donde los rendimientos de los cultivos tratados con ALGAENZIMS^{MR}, superan a los de los testigos.

Reyes (1993), al tratar con ALGAENZIMS^{MR}, un suelo compacto arcilloso, encontró que la porosidad se incrementó de 10% a 50%, y la textura del suelo cambió, en 9 meses que duró el experimento, en cuanto a porcentaje (media) de: arcilla, limo y arena, de 55.8, 25.4, 18.8 (testigo) a, 45.5, 37.0, 17.5 (tratado).

Munguía (2002), reporta que al tratar un suelo arcilloso con ALGAENZIMS^{MR} en cultivos en rotación de trigo y maíz con cobertura de residuos y cero labranza, se observó un decremento en la compactación de suelo en un 59%.

Villarreal (2003), al tratar un suelo con ALGAENZIMS^{MR} y microorganismos marinos en el mismo experimento, aislados como son: Fijadores de nitrógeno del aire, Mohos y Levaduras, Halófilos y Gérmenes Aeróbicos Mesofílicos, en los 5 tratamientos, reporta que, en 4 meses que duró el experimento, se dio un cambio de textura en cuanto a porcentaje (media) de arcilla, limo y arena de: 4.9, 2.4, 92.7 (testigo) a 12.9, 6.3, 80.8 (tratado).

ALGAENZIMS^{MR}

Es un producto biológico a base de macro algas marinas y un complejo de microorganismos que en forma natural con ellas viven asociados, especialmente las micro algas cianofitas y microorganismos halófilos.

Contiene en forma natural, todos los elementos mayores, secundarios, menores y traza que ocurren en las plantas, reguladores de crecimiento naturales (auxinas, citocininas, giberelinas, algunos, eventualmente, en más de 1000 ppm), agentes quelantes, carbohidratos, vitaminas, aminoácidos, proteínas (complejos enzimáticos).

La importancia del complejo de elementos que contiene es que actúan como cofactores de las acciones de las enzimas que las algas aportan. Acciones, enzimáticas y hormonales; mismas, que se potencian al propagarse los microorganismos de referencia, pues están vivos. Las cianofitas, fijan el nitrógeno del aire aun en las no leguminosas y los halófilos propician la desalinización.

Compatibilidad

No aplicarlo junto con productos que contengan cobre o formaldehído o con soluciones o diluciones arriba de 5% de concentración en agua o, cuya acidez quede fuera de pH 4.5 a pH 9. Para ácidos aplicados en el riego, que el agua llegue al suelo a pH 5 o más. Después de aplicar ALGAENZIMS^{MR} al suelo, no aplicarle ácidos directamente. Hacer pruebas previas para mezclarse con productos que contengan reguladores de crecimiento de las plantas.

Propiedades

Mejorador de Suelos: Rehabilitación de suelos, equilibrio textural, mejor estructura, más porosidad (descompacta suelos compactos), da cuerpo a los suelos livianos, ajusta el pH, desaliniza, desodifica, desmineraliza y desbloquea (moviliza los

fertilizantes acumulados), desintoxica, propicia más materia orgánica y más vida microbiana; hace más eficiente el agua de riego, los fertilizantes y los agroquímicos; existe menos lixiviación; más disponibilidad y toma de nutrimentos(Global Organics, 2007).

En Agricultura Orgánica: Así como convencional, algaenzims es excelente ya que pone disponible muchos materiales de poca solubilidad que se aplican y acumulan como: fertilizantes edáficos, yeso, roca fosfórica, fuentes de potasio poco solubles y abonos de aboneras fermentadas. Los microorganismos marinos llegan con facilidad a sitios con mucho material para solubilizar y descomponer.

Plantas más Vigorosas: Mejor germinación, más emergencia, menos estrés al trasplante, más población, da resistencias a heladas, sequías, a altas temperaturas, a plagas y enfermedades; más raíces, más biomasa, más amarre de frutos; más calidad; más vida en anaquel.

Cuadro 2.3 Análisis garantizado de algaenzims (<http://www.agrytec.com>)

COMPUESTO	%	ELEMENTO	mg/L (ppm)	ELEMENTO	mg/L (ppm)
Acondicionadores *	93.84	Potasio (K)	14800	Cobre (Cu)	147
Materia Orgánica **	4.15	Nitrógeno (N)	14500	Manganeso (Mn)	72
Proteína	1.14	Sodio (Na)	13660	Silicio (Si)	4
Fibra Cruda	0.43	Magnesio (MG)	1320	Molibdeno (Mo)	<0.1
Cenizas	0.28	Fósforo (P)	750	Bario (Ba)	<0.1
Azúcares	0.13	Calcio (Ca)	620	Estaño (Sn)	<0.1
Grasas	0.03	Zinc (Zn)	505	Talio (Tl)	<0.1
	100.00	Hierro (Fe)	440	Níquel (Ni)	<0.1
		Cobalto (Co)	275	Antimonio (Sb)	<0.1

*Afines e Inherentes a las algas marinas. **material algáceo.

Debido a que este producto es 100% natural, este análisis puede variar debido a las variaciones individuales de las algas.

Descripción Botánica del Maíz

El Centro de Investigaciones Agrarias (1980), cita que el maíz es una planta anual, alta, robusta y monoica con vainas sobrepuestas y limbos anchos, conspicuamente dísticos; Espiguillas estaminadas en racimos largos que se parecen a espigas, los racimos numerosos formando panículas largas y esparcidas, inflorescencia femenina en las axilas de las hojas; las espiguillas en 8-16 o hasta 30 hileras en raquiz engrosado y casi leñoso encarnado en numerosas brácteas o espatas falaceas, los estilos largos saliéndose de las 21 puntas, como una masa de hilo sedoso, los granos en la madurez mucho más largos que las glumas.

Requerimientos de clima

Temperatura

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C y que vaya en aumento, la temperatura más favorable para la nacencia se encuentra próxima a los 15°C, en la fase de crecimiento la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30°C , por encima de los 30°C se encuentran problemas de actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces, las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día.

Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18°C como mínimo; por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace

que tenga que recibir bastante calor, de todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperaturas relativamente elevadas durante toda su vegetación si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos pueden producirse problemas.

Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en un transporte de humedad al grano.

Chapa (1996), Robles (1983), Doorembos y Kassam (1979), Aldrich (1974), indican que las variedades tempranas tienden a madurar de 80-110 días y las variedades medias de 110-140 días. El cultivo tolera las condiciones cálidas y secas siempre que se disponga de suficiente agua y las temperaturas sean inferiores a los 45° C. El crecimiento del maíz se ve muy afectado por las radiaciones sin embargo, cinco o seis hojas situadas cerca de la mazorca y por encima de ella son la fuente de asimilación para el hinchamiento del grano, debiendo penetrar la luz hasta esta.

Requerimientos de Suelo

El maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en terrenos arcillosos rojizos bien aireados y profundos que contengan abundante, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio (Jugenheimer, 1981).

Robles (1983), afirma que el maíz prospera en diferentes tipos de suelo, se siembre en suelos arcillosos, arcillo-arenosos, franco, franco-arcillosos, franco-arenosos, etc.; sin embargo son mejores los suelos francos.

Requerimientos de Humedad

Chapa (1996), menciona que las fuertes necesidades de agua del maíz condicionan también el área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 ó 20 días antes de ésta, período crítico de necesidades de agua.

Con respecto a las necesidades hídricas el cultivo del maíz es un usuario muy eficiente del agua en cuanto a la producción total de materia seca y entre los cereales es potencialmente el cultivo de grano de mayor rendimiento. Para obtener una producción máxima, el cultivo requiere entre 500 y 800 mm de agua, dependiendo del clima, la frecuencia y profundidad del riego y de la lluvia tienen un efecto pronunciado sobre el rendimiento en grano; el maíz parece ser relativamente tolerante a los déficit de agua durante el periodo vegetativo (25-40 días) y el de maduración (10-15 días), (Doorembos y Kassam, 1979).

Jugenheimer (1981), menciona que la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción. La demanda de agua para producir elevados rendimientos de maíz en algunas regiones es superior en un 50 % o más a la lluvia normal, en los meses de junio, julio y agosto, por lo tanto, los elevados niveles de producción dependen en gran medida de la utilización del agua almacenada en el perfil del suelo; el calor y la sequía durante el periodo de polinización a menudo causan la desecación del tejido foliar y la formación deficiente de la semilla.

Altitud y Latitud

Jugenheimer (1981) y Robles (1983), afirman que en USA la mayoría del área cultivada con maíz se siembra al Sur de los 45° de latitud Norte y se cultiva maíz con buenos rendimientos desde el nivel del mar, hasta alrededor de 2500 metros sobre el nivel del mar. El maíz se adapta desde más o menos 50° de latitud Norte, hasta alrededor de 40° de latitud Sur, pasando por todas las latitudes comprendidas en este rango.

Fotoperiodo

El maíz es una planta insensible al fotoperiodo, debido a que se adapta a regiones de fotoperiodos cortos, neutros, y fotoperiodos largos, sin embargo los mayores rendimientos se obtienen con fotoperiodos de 11 a 14 horas luz. El maíz es una planta que florece y fructifica normalmente tanto en épocas de días cortos, como de días largos (Robles, 1983).

Fenología

Nascencia

CIA (1980), menciona que comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coléoptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días.

Crecimiento

Una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales; a los 15-20 días siguientes a la nascencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas.

Floración

A los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de éste. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. Se considera como floración el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias.

Fructificación

Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados vellos, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparece en ellos el embrión, los granos se llenan de una sustancia lechosa rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón.

Maduración y Secado

Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica, entonces suele tener alrededor del 35% de humedad a medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más las condiciones ambientales de temperatura, humedad ambiente etc., que las características varietales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el Municipio de Monte Escobedo, Zacatecas. Cuenta con clima frío en las sierras altas, caluroso en las barrancas y templado en las llanuras, la temperatura media es de 16 °C. Del sur soplan vientos húmedos y del norte fríos. Se localiza al suroeste del estado de Zacatecas, sus coordenadas son: al norte del paralelo 22° 43' al sur 22° 5' su longitud está comprendida entre los 20' y los 42' del meridiano de Greenwich su altura varía entre los 1500 y 2500 msnm.

Materiales

- Semilla de maíz (*Zea mays*) híbrida 35P12 de la empresa Pioneer y una variedad criolla de la región.
- Biofertilizantes
- Pala recta
- Bolsa
- Marcador
- Etiqueta
- Cinta métrica

Metodología

El suelo con que se trabajo, presenta textura migajón arcillosa, al cual se incorporaron en las labores agrícolas diferentes cantidades del mejorador bajo estudio, el cual se dejo trabajar todo el ciclo del cultivo. Se realizó un muestreo al inicio y otro al final del cultivo para evaluar los cambios que se dieron en las propiedades del suelo evaluadas.

Los análisis de las propiedades Físicas y Químicas se desarrollo en el Laboratorio de Planeación Ambiental localizado en el Departamento de Ciencias del Suelo; del campus principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en la ex-Hacienda de Buenavista; Saltillo, Coahuila; México. Para las mediciones en laboratorio se empleo lo siguiente:

Cuadro 3.1 Métodos para la evaluación de propiedades físicas

Propiedades físicas	Métodos
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad Aparente	De la probeta
Densidad de Sólidos	Picnómetro

Cuadro 3.2 Métodos para la evaluación de propiedades químicas

Propiedades químicas	Métodos
% Materia Orgánica	Walkey-Black
Conductividad Eléctrica	Conductivímetro
pH	Potenciómetro

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico R versión 2.141, donde la prueba de comparación de medias se realizó con el método Tukey (0.5).

Descripción de tratamientos

El presente trabajo fue realizado a partir de ocho tratamientos, los cuales contenían diferentes cantidades de piedra caliza, alga tratada molida y del producto comercial ALGAENZIMS, Cada tratamiento fue aplicado directo al suelo.

Cuadro 3.3 Descripción de los tratamientos aplicados al suelo por hectárea

TRAT.	DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO	ALGAENZIMS	ATM	P. CALIZA
T1	TESTIGO	----	----	----
T2	P. CALIZA	----	----	1 TON
T3	*ATM3	----	20 KG	----
T4	1 TON P. CALIZA+*ATM3	----	20 KG	1 TON
T5	*ATM1 + ALGAENZIMS	**1 LITRO	20 KG	----
T6	1 TON P.CALIZA + *ATM1 + ALGAENZIMS	**1LITRO	20KG	1TON
T7	*ATM3 + ALGAENZIMS	**1 LITRO	20KG	----
T8	1 TON P.CALIZA + *ATM3 + ALGAENZIMS	**1 LITRO	20 KG	1 TON

*ATM= Productos en desarrollo de la empresa Palau Bioquim, S.A de C.V.

** En 200 L de agua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de las Propiedades Físicas y Químicas del Suelo

En el **Cuadro 4.1** Se presentan los cuadrados medios, la significancia, y el coeficiente de variación (C.V.) de los análisis de varianza realizados con el programa estadístico R versión 2.141 para las propiedades evaluadas.

De manera general pueden apreciarse (**Cuadro 4.1**) que las cantidades de piedra caliza, de alga tratada molida y del producto comercial Algaenzims, manifestaron cambios apreciables en el suelo, por lo que se encontró estadísticamente que existe diferencia altamente significativa (al 0.01) para pH, densidad aparente y densidad de sólidos. Por otra parte como se puede apreciar los coeficientes de variación para estas propiedades se muestran bajos, lo cual no sucedió para las otras propiedades (materia orgánica y conductividad eléctrica), debido a la variabilidad de los resultados respecto a la media general.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y las significancias de las propiedades evaluadas

Fuentes de variación	GL	% MO	pH	CE	DA	DS
Tratamientos	15	0.5402 ^{NS}	0.1192**	0.0075 ^{NS}	0.0028**	0.0340**
Coefficiente de variación (%)		20.05330	3.2997	26.0980	2.5673	3.9692

**=Significancia al 0.01 *= Significancia al 0.05 ^{NS}= no significativo

Materia Orgánica

Figura 4.1 Efecto de la M.O. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos



En la **Figura 4.1** como se aprecia, los tratamientos empleados no produjeron diferencia estadística en la variación de las cantidades de materia orgánica. En general se puede observar que en los estratos analizados el comportamiento de los tratamientos, tuvo un impacto fluctuante sobre esta variable.

Como se puede ver en el estrato (0.00 - 0.15m) existe pequeñas variaciones mostrándose un incremento de M.O en la mayoría de los tratamientos comparados con el T1 (testigo) (1.38%). Los valores más altos los presentan el T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims) con una diferencia unitaria de 1.25, lo cual indica un 90.5% más respecto al testigo y T4 (piedra caliza + atm3) con 1.06, lo cual corresponde a un 76.8%.

Para el estrato (0.15 - 0.30) m el comportamiento de los tratamientos son todo lo contrario que en el estrato anterior, es decir la mayoría de ellos tienden a bajar con respecto a su contenido inicial T1 (testigo) (2.18%), excepto el T4 (piedra caliza + atm3) que muestra una diferencia unitaria a su favor de 0.56%.

Acorde a lo que sucedió en el estrato (0.00-0.15 m), Guillen (2011) reporta que aplicar 2L Ha^{-1} del producto ALGAENZIMS^{MR} al suelo, incremento el contenido de materia orgánica de un 2.3 % a 3.5% en 5 meses.

Vega (1987), encontró que el estiércol de bovino elevó proporcionalmente el contenido de materia orgánica, lo que produjo un incremento en los porcentajes de agregados estables en agua, en espacio poroso y disminución en la densidad aparente del suelo. También incrementó el fósforo aprovechable y el potasio intercambiable, sucediendo lo contrario con la aplicación de azufre. Con la aplicación de estos mejoradores se presentaron rendimientos de grano de maíz superiores al testigo en los híbridos bajo el régimen de humedad.

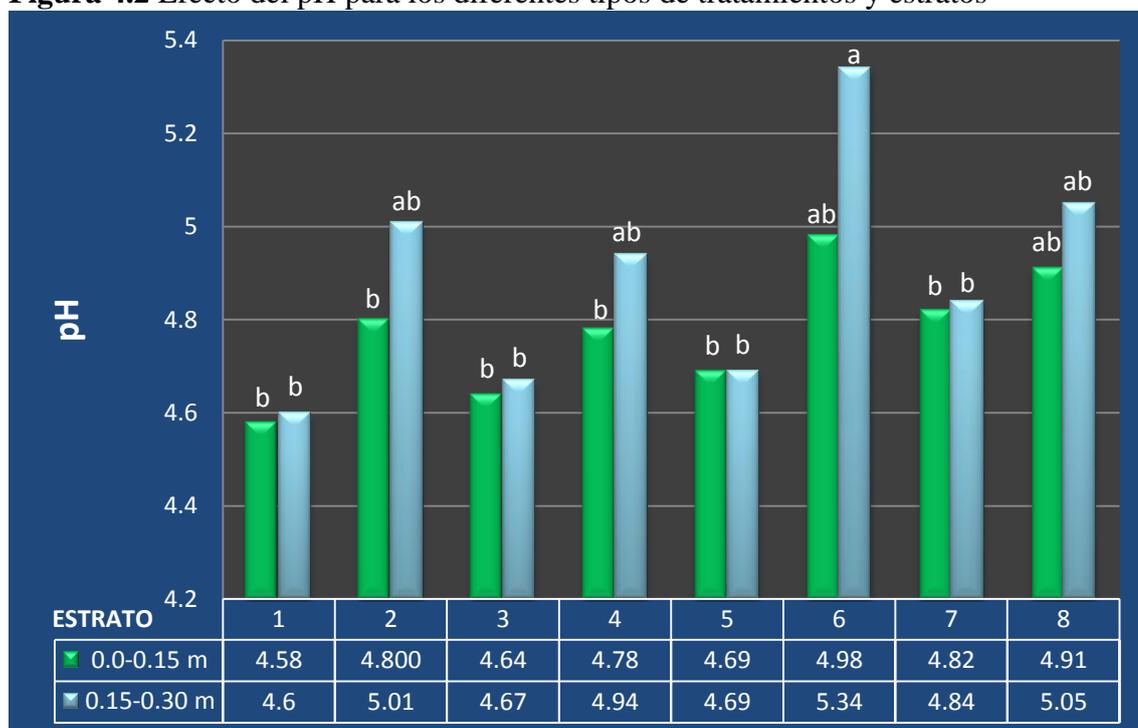
En relación a lo que paso en el estrato (0.00-0.15 m); Aitken y Senn (1965), Blaine *et al.*, (1990), Blunden (1973) y Burns (1978), mencionan que los derivados de algas mejoran el suelo. Nicolás (1995), reporta incremento en la materia orgánica. Tinajero (1993), encontró que en cilantro los rendimientos fueron iguales al aplicar al suelo 2L ha^{-1} de extracto de algas marinas ALGAENZIMS^{MR} o 20 ton/ha de estiércol bovino.

Al incinerar las algas, dejan un residuo de cenizas 5 ó 6 veces mayor, del que dejan las plantas; consecuentemente, tienen más metabolitos y, por lo tanto, más enzimas que los metabolizan. Los microorganismos que viven asociados con las algas marinas, si el proceso para obtener sus productos derivados es el adecuado, permanecen viables y se propagan donde se aplican y, emiten mas enzimas. Esta es la razón del porqué, al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático extra, diverso y cuantioso, que efectúa cambios en las plantas y en el suelo que sin ellos, no toman lugar. (<http://www.uaaan.mx>).

Es cabe señalar que aunque los resultados obtenidos no lograron manifestar diferencia significativa, agronómicamente si son importantes, ya que hay un incremento en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos.

pH

Figura 4.2 Efecto del pH para los diferentes tipos de tratamientos y estratos



Como se puede observa (**Figura 4.2**) de manera general todos los tratamientos tienden a subir con respecto al valor inicial T1 (testigo) de cada una de las profundidades evaluadas, el T6 presenta los valores más elevados para ambos estratos.

Para el estrato (0.00 – 0.15 m) los valores más elevados fueron arrojados por el T6 (piedra caliza + atm1+ algaenzims) que nos da una diferencia unitaria de 0.40, con respecto al T1 (testigo) (4.58), lo cual indica un 8.7%, y el T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims) con 0.33, que corresponde a un 7.2%.

Guillen (2011), menciona que a la profundidad (0.0-0.15) m, al aplicar al suelo 2L Ha^{-1} del producto ALGAENZIMS^{MR} no manifestó algún cambio sobre el pH (6.7) inicial, y en la profundidad (0.0-0.30) m incrementa de 6.3 a pH de 6.4, en 5 meses, lo cual tiene relación con lo encontrado en este experimento, viéndose mayor efecto sobre el estrato (profundidad) 0.15-0.30 m.

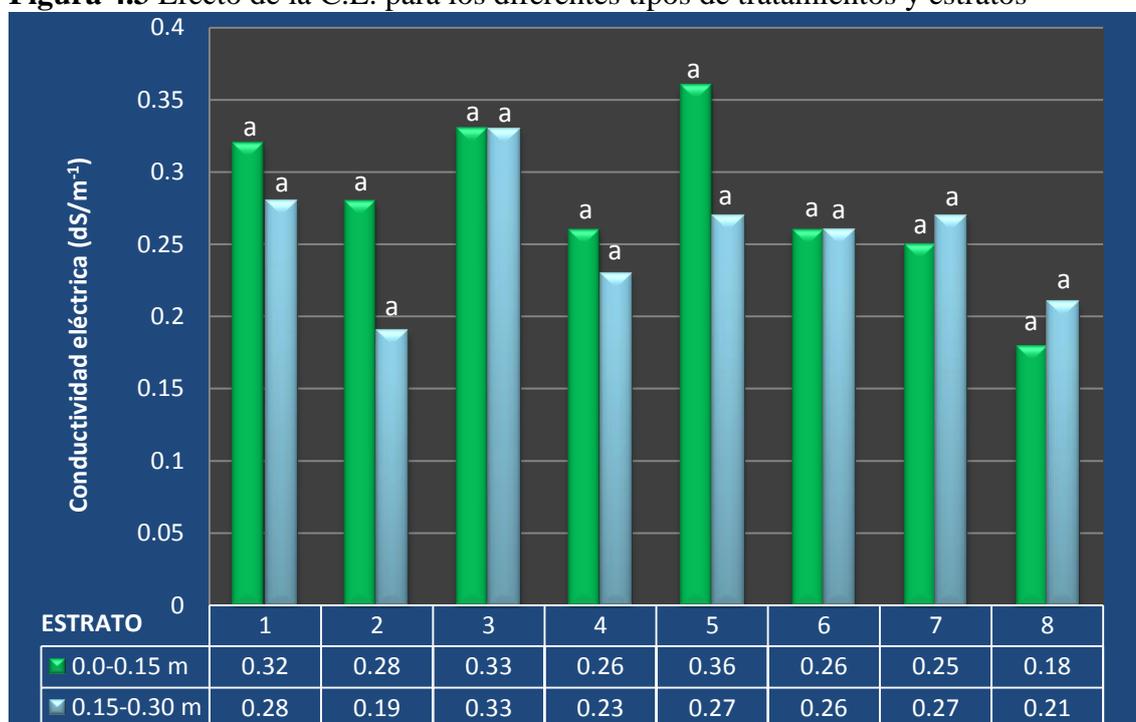
Para el estrato de (0.15-0.30 m), de igual forma el T6 (piedra caliza + atm1+ algaenzims) produjo el valor más elevado, que muestra una diferencia unitaria de 0.74 con respecto al T1 (testigo) (4.6), siendo igual a un 16% y el más próximo el T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims) con 0.45 que pertenece a 9.7%.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, las tendencias de los valores son importantes, ya que comúnmente el pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Sin embargo, interpretaciones específicas para un sitio, con respecto a la calidad del suelo, dependerán del uso específico y la tolerancia de los cultivos (<http://soils.usda.gov>).

El pH óptimo para la siembra del maíz está comprendido entre 5.5 y 7. Sobre estos valores o por debajo de los mismos; el pH interfiere la disponibilidad de nutrientes en forma asimilable (Luro, 1982).

Conductividad Eléctrica

Figura 4.3 Efecto de la C.E. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos



En la **Figura 4.3**, se aprecian los resultados obtenidos para esta variable, los tratamientos no mostraron efecto importante sobre esta variable. Sin embargo se puede apreciar pequeñas diferencias.

Es importante mencionar que todos los tratamientos que contienen cal tienden a bajar para ambos estratos con respecto al testigo, en promedio los valores más importantes de ambos estratos fueron arrojados por el T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims).

Para el estrato (0.00-0.15 m), se puede apreciar que el T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims) muestra el valor más bajo de todos, el cual es importante para esta variable, que comparado con el T1 (testigo) (0.32 ds/m^{-1}), arroja una diferencia inferior de 0.14 ds/m^{-1} , el cual pertenece a un 43.75%, seguido del T7 (atm3+ algaenzims) con 0.07 ds/m^{-1} , que corresponde al 21.87%.

Para el estrato (0.15-0.30m) como puede apreciarse el valor más bajo para esta variable fue arrojado por el T2 (piedra caliza), ya que al ser comparado con el T1 (testigo) (0.28 dS/m^{-1}), muestra una diferencia unitaria inferior de 0.09 dS/m^{-1} , siendo esta porcentualmente de 32.1%, seguido del T8 (piedra caliza + atm3+algaenzims) con valor de 0.07 dS/m^{-1} que pertenece a un 25%.

Acorde a lo sucedido en ambos estratos, Guillen (2011), encontró que aplicar al suelo 2L Ha^{-1} del producto ALGAENZIMS^{MR}, el valor de la conductividad eléctrica, baja de 0.32 dS/m a 0.27 dS/m (0.00-0.15m) y en la profundidad (0.15-0.30m) de 0.28 dS/m a 0.26 dS/m , en 5 meses.

De acuerdo a lo que paso, Ríos (1995) reporta que la aplicación de mejorador orgánico algaenzims, disminuyo el contenido de sales se redujo ampliamente con las dosis de dos litros por hectárea aplicados al suelo y al follaje lo que coincide con los resultados encontrados en ambos estratos.

En general los valores de la C.E de entre 0 y 0.8 dS/m son aceptables para el crecimiento de los cultivos. Las interpretaciones de la calidad del suelo para sitios específicos dependen del uso específico de las tierras y de la tolerancia de los cultivos. (<http://soils.usda.gov>).

El maíz es muy sensible a la salinidad, con una pérdida de 10% de rendimiento en los suelos en que la conductividad eléctrica supera $2,5\text{ mS/cm}$. El umbral para la reducción del crecimiento se estima en cerca de $1,7\text{ mS/cm}$ (Cramer, 1994). Se considera que la salinidad afecta un área reducida 5% de los maíces tropicales cuando se la compara con otros estreses abióticos, y ocurre por lo general en zonas irrigadas.

Richards (1980), señala que esta variable está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones que se determinan químicamente y en general tienen una correlación estrecha con los sólidos totales disueltos.

Densidad Aparente

Figura 4.4 Efecto de la D.A. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos



En la **Figura 4.4**, de modo general se puede apreciar que existe variación en el comportamiento de los tratamientos empleados en ambos estratos.

Para el estrato (0.00- 0.15m), la mayoría de los tratamientos que fueron empleados arrojaron valores inferiores al T1 con 1.1 g/cm³ (testigo), donde el valor más bajo se encuentra en el T2 (piedra caliza) que muestra una diferencia unitaria inferior de 0.05 g/cm³, que corresponden a un 4.5%, seguido del T4 (piedra caliza + atm3) con diferencia de 0.04 g/cm³, que pertenece a un 3.6%, ambas diferencias son favorables para esta variable.

Piña (1992) indica que al aplicar algaenzims en relación de 8 L ha^{-1} se mejora la estructura del suelo, disminuye la compactación, disminuye la densidad aparente. Lo cual tiene relación con el comportamiento de algunos tratamientos sobre este estrato.

Para el estrato (0.15-0.30 m) el comportamiento de los tratamientos mostraron ser en su mayoría superiores al T1 con 1.1 g/cm^3 (testigo); sin embargo el valor más bajo lo arroja el T4 (piedra caliza + atm³), que al ser comparado con el T1 nos muestra una diferencia inferior de 0.01 g/cm^3 , que corresponde a un 0.9 %.

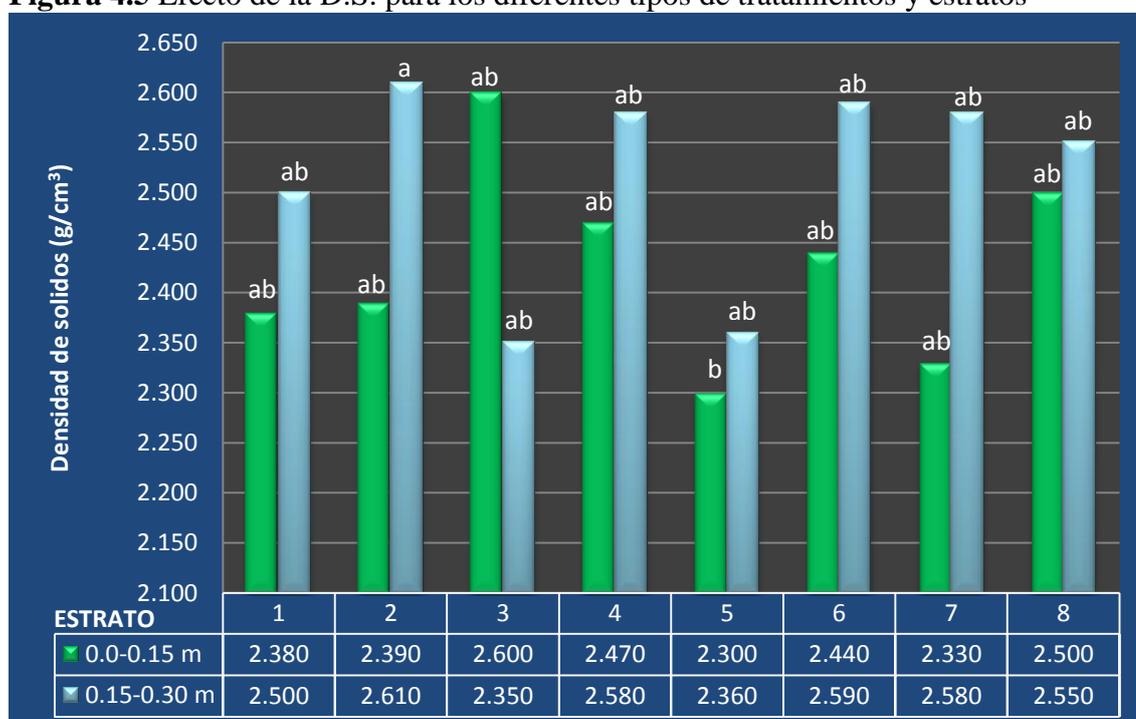
En densidad aparente, por su fácil implicación de cambio en tamaño y forma de los poros del suelo, entre otras causas, debido al laboreo del terreno y la aplicación de agua, como considera Narro (1994), fue posible apreciar cambios estadísticamente significativos. Lo cual podría ser factor de lo sucedido en este trabajo.

La densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm^3 y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (Arshad *et al.*, 1996). Lo que nos da una idea más clara sobre el efecto de los tratamientos sobre los estratos estudiados.

Los valores bajos que se obtuvieron podrían atribuirse a lo que indica Blunden (1973), que al aplicar algas o sus derivados al suelo, en los carbonatos se libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular las arcillas silíceas, descompactándolo; todo, en forma paulatina, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor.

Densidad de Sólidos

Figura 4.5 Efecto de la D.S. para los diferentes tipos de tratamientos y estratos



Como se puede ver en la **Figura 4.5**, de modo general en esta variable, se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos empleados según el análisis de varianza.

En el estrato (0.00-0.15m) como puede observarse el T5 (atm1+ algaenzims) arrojó el valor más importante, que comparado con el T1 (testigo) (2.38 g/cm^3), muestra una diferencia unitaria inferior de 0.08 g/cm^3 , la cual corresponde a un 3.36%, seguido del t7 (atm3+ alanzims) con 0.05 g/cm^3 y pertenece a un 2.1%.

Para el estrato (0.15-0.30m) en su mayoría, los tratamientos estuvieron por encima del T1 (testigo) (2.5 g/cm^3), sin embargo el T3 (atm3) siendo el que arrojó el valor más bajo, comparado con el T1, nos muestra una diferencia inferior unitaria favorable de 0.15 g/cm^3 , que nos da un 6%, seguido de T5 (atm1+ algaenzims) con 0.14 g/cm^3 , el cual pertenece a un 5.6%.

Contrario a lo que sucedió en este trabajo, Rascón (2006) reporta que las aguas residuales usadas en riego agrícola, no muestran diferencia estadística del efecto que pudieran causar sobre la densidad de sólidos del suelo.

Parecido a lo que paso con esta variable, Ramírez (2010) afirma que la aplicación de abonos tipo bocachi el suelo modifico las propiedades físicas de este presentándose cambios en las densidad aparente, la densidad real, y la estabilidad estructural al compararlas con el tratamiento testigo.

De modo general, Zermeño (1991), menciona que la densidad aparente y la densidad de sólidos se redujeron con la incorporación de estiércol de caprino al suelo, se incrementa el contenido de materia orgánica, espacio poroso, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio cationico y la disponibilidad de nutrimentos, mientras que el pH se mantuvo constante.

V. CONCLUSIÓN

En cuanto a las propiedades físicas evaluadas, las aplicaciones de productos a base de algas combinados con piedra caliza, tuvieron efectos positivos, ya que algunos de los tratamientos aplicados disminuyeron los valores de la densidad aparente y la densidad de sólidos.

En relación a las propiedades químicas, en todos los tratamientos el valor pH se elevó respecto al valor inicial, la conductividad eléctrica y el contenido de materia orgánica tuvieron efecto fluctuante.

La hipótesis planteada fue aceptada ya que la aplicación de estos materiales de origen natural, lograron tener un efecto positivo en la evolución de las propiedades físicas y algunas químicas del suelo.

VI. LITERATURA CITADA

- Acuña O.; Peña W.; Serrano E.; Segura A. 2005. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. San José de Costa Rica. Disponible en: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/184/4/TESIS.pdf> (Consultado en septiembre del 2012).
- Agronomic Uses of seaweed and microalgae. Introduction to Applied Phycology. pp.589-627. Ed. bv. The Hague, The Netherland (1990).
- Aitken, J. B. And T. L. Senn.1965. Seaweed products as a fertilizer and soil conditioner for horticultural crops. Bot Mar. 8: 144-148. Disponible en: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_03.pdf (Consultado en septiembre de 2012).
- Aldrich, R. S. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur; Primera Edición. Buenos Aires Argentina. Disponible en: www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art271-276.pdf (Consultado en noviembre de 2012).
- Anónimo. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Disponible en: <http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/KitSpanish.pdf> (consultado en octubre del 2012).
- Augier H., Santimone M. 1978. Bot. Mar. 21, 337-341. In: Chapman V. J., Chapman D.J. 1980. Seaweed and their uses. Chapman and Hall. New York. 334 pp. Disponible en: <http://nates.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp40/746-t.pdf> (Consultado en septiembre de 2012).
- Barrio E. 2001. Calidad de recursos orgánicos, descomposición, disponibilidad de nutrientes y respuesta de los cultivos. Resumen XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Varadero-Cuba.
- Blaine Metting, William J. Zimmerman, Ian Crouch and Johannes van Staden 1990.
- Blunden G. 1973. Effects of liquid seaweed extracts as fertilizers. Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In ref. 3. School of Pharmacy, Polytechnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England. Disponible en: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_03.pdf (Consultado en septiembre del 2012).

- Booth E. 1969. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. Proc. Int. Seaweed Symp 6 : 655 - 662 .
- Bravo C. y A. Florentino. 1999. Nivel de cobertura, conservación de suelos y agua bajo diferentes sistemas de labranza. Revista Facultad de Agronomía. 25: 57-74.
- Boraso A., Rico A., Perales S., Pérez L. y Zalazar H. 2005. Utilización de algas marinas en la agricultura. Disponible en:
<http://www.unp.edu.ar/museovirtual/algasmarinas/aplagricu.htm>.
 Consultado en agosto del 2012.
- Burns R. G. 1978. Soil enzymes. Ed. R. G. Burns. Academic Press, London, New York, San Francisco (1978). Disponible en:
http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_03.pdf
 (Consultado en septiembre de 2012).
- Canales L. B. 1997. Las algas en la agricultura orgánica. Consejo Editorial del Estado; Primera edición. Coahuila, México.
- Cano G. A. 2011. Manual de prácticas de la materia edafología. Disponible en:
<http://www.utselva.edu.mx/pai/8/7/25.1.pdf> (Consultado en Septiembre del 2012).
- Cavazos T. y Rodríguez O. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. México. Disponible en:
<http://www.utselva.edu.mx/pai/8/7/25.1.pdf> (consultado en septiembre del 2012).
- CIA .1980. Centro de Investigaciones Agrarias. El cultivo del maíz en México.
- Cepeda D. J. M. 1985. Química de suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cepeda, J. M. 1999. Química de suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo. Coahuila, México.
- Chapa G. S. M. 1996. Respuesta del maíz a la tensión de humedad del suelo en la etapa vegetativa y reproductiva. p.
- Clément A., J.K. Ladha and F. P.Chalifour. 1995. Crop residue effects on nitrogen mineralization, microbial biomass, and rice yield in submerged soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1595-1603.
- Cramer G.R. 1994. Response of maize (*Zea mays* L.) to salinity. In M. Pessaraki, ed. Handbook of plant and soil stresses, p. 449-459. New York, NY, USA, M. Dekker.
- Cronquist A. 1977. Introducción a la botánica. CIA. Editorial Continental. México, D.F.

- Díaz del P. A. 1964. El maíz, cultivo, fertilización y cosecha. Editorial Bartolomé Trucco. Segunda Edición. México.
- Doorembos J. y H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO, Roma p.107-110.
- España M. y López M. 2003. Actividad de la deshidrogenasa del suelo bajo diferentes tipos de residuo en sabanas ácidas de Venezuela. En el suelo como sistema viviente-Simposio. V Congreso Venezolano de Ecología. Isla Margarita-Venezuela, 5 al 7 de noviembre de 2003.
- Franco-Vizcaíno.1997. Comparative soil quality in maize rotations with high or low residue diversity. Biol. Fertl Soils. 24:32-38.
- Garry D. 2001. Tillage and soil compaction. Conservation Agriculture. A Worldwide Challenge, pp 281-191. Eds. L. García Torres J. Benites, A., Martínez Videla. Spain: FAO – ECA.
- Global Organics, 2007. Fichas técnicas informativas de productos. Disponible en: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/184/4/TESIS.pdf> (Consultado en septiembre del 2012).
- González J. 1987. Las algas de México, Revista de Difusión, Laboratorio de Ficología. UNAM – México. Disponible en: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/184/4/TESIS.pdf> (Consultado en septiembre del 2012).
- Gregorich E. G., Ellert B. H., Drury C. F. y Liang B. C.1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. Soil Sci Am.J.60:472-476.
- Guillen C. R. A., 2011. Evaluación de alganezims^{MR}, algaroot^{MR}, turboenzims^{MR}, quitaflor y mayor el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. Variedad Norteña. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- http://www.agrytec.com/agricola/images/stories/secciones/agricultura_organica/auspiciante/algaenzims.pdf (Consultado en septiembre del 2012).
- <http://www.spain.osmo-organics.com/start/soilimprovers/es> (consultado en octubre del 2012).
- Jugenheimer W.R. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa; Primera Edición. México pagina 285.
- Lenom J.C. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.

- Linares A., Florentino A. y López M. 2005. Efecto de prácticas conservacionistas sobre la estabilidad estructural de un suelo con cultivo de sorgo en chaguaramas Estado Guárico. XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay, 17 al 20 de mayo de 2005.
- López M., Bolívar Á., Salas M. y Gouveia de M. 2006. Prácticas conservacionistas y rotación con quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(1):75-109.
- Luro P. 1982. Cultivo de maíz con riego, análisis y evaluación económica de una hectárea. Convenio IICA- CORFO Rio Colorado, Argentina.
- Marshall W. 1987. Biología de las algas, enfoque fisiológico. Editorial Limusa. México, D. F.
- Martínez C. C. 2004. La lombricultura y abonos orgánicos. Memorias III curso teórico-práctico. Lombricultura técnica mexicana. SOMOLAO. Guadalajara, Jal. Del 8 al 10 de marzo. p 11-12, 21.
- Metting B. 1988. Microalgae and agriculture. In: M. A, Borowitzka (eds), *Microalgal biotechnology*, pp. 288 – 303. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Munguía L. J. 2002. Experimentos con la aplicación de algaenzims, labranza cero y reducción de fertilizantes en maíz y trigo en rotación. Patrocinado por CIQA.
- Narro F.E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola, Editorial Trillas-UAAAN. México, D.F.
- Nicolás N. y Eloy N. 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.
Disponible en:
http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Ponencia_03.pdf
(Consultado en septiembre de 2012).
- Norrie J. 2005. Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. Disponible en: [En: http://terralia.com/revista15/pagina26.htm](http://terralia.com/revista15/pagina26.htm). Consultado el septiembre del 2012.
- Ohep C. 2001. Cambios en la calidad del suelo por el uso continuo de labranza conservacionista en un alfisol de Yaracuy medio. . Tesis de postgrado en ciencias del suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 168p.
- Ortiz, V.B. y Ortiz, S.C.A. 1984. Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Pelczar M. J. 1984. Microbiología. Editorial Mc. Graw - Hill. México.

- Piña Q. R., del C. 1993. Estudio de la aplicación de algas sobre propiedades selectas del suelo y producción de trigo (*Triticum estivum* L.). Tesis de Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez R. 2010. Evaluación de la aplicación de abono tipo bocachi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de Maranilla Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/ramirez/evaluación> (consultado en agosto del 2012).
- Rascón A. E. 2006. Evolución de propiedades físicas y químicas de suelo y absorción de metales pesados en producción agrícola con aguas residuales. Tesis doctoral, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Reyes R. D. M. 1993. Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en suelo arcilloso y otro arenoso, así como su influencia en lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de Maestría U.A.A.A.N. Buenavista, Coahuila, México.
- Richards L. A., 1980. Suelos salinos y sódicos; diagnóstico y rehabilitación. Ed. Limusa, Sexta edición; tercera impresión. México.
- Ríos D. G. 1995. Efecto de un mejorador orgánico en un suelo salino en el cultivo de triticale forrajero. Tesis de Maestría, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rivas E. 1993. Efecto de la labranza mínima y prácticas agronómicas asociadas sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de maíz de los llanos altos del estado Monagas. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 105 pp.
- Rivero C., Lobo D. y López A. 1998. Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un alfisol degradado. Revista Venesuelos. 6 (1y 2): 9-33.
- Robles S. R. 1983. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Cuarta Edición. México. P.9.
- Romero L. M. 2004. Agricultura orgánica, elaboración y aplicación de abonos orgánicos. Memorias III curso teórico- práctico. Lombricultura técnica mexicana. SOMELAO. Guadalajara, Jal. Del 8 al 10 de marzo.
- Rowell, D. 1994. Soil Science: methods and applications. London. Longman. 350p
- Scott N. A., Vernon Cole; E. T. Elliott and S.A. Huffman. 1996. Soil texture control on decomposition and soil organic matter dynamics. Soil Sci Soc. Am J. 60:1102-1109.

- Senn, T. L. and A. R. Kingman. 1978. Seaweed research in crop production. Econ. Dev. Adm., US Dep. Commer. , Washington, 161 pp.
- Senn T. L. 1987. Seaweed and plant growth. Faith Printing Co., Taylor, South Carolina, 166 pp.
- Stephenson, W. A. 1968. Seaweed in agriculture and horticulture. Faber & Faber, London, 231p.
- Thorup-Kristensen, K., *et al.* 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agrn.* 79:228-302
- Tinajero R. F. 1993. Aplicación de algas marinas y estiércol bovino en suelo arcilloso, en cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Torres D., Florentino A. y López M. 2005. Pérdidas de suelo y nitrógeno por escorrentía en un suelo ultisol degradado bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal en Chaguaramas-Guárico. *Agronomía Tropical*. Vol. 55.
- Torres D., Florentino A. y López. M. 2006. Indicadores e índices de calidad de suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Revista: Bioagro*. 18 (2):83-91.
- Trasar M., Leirós M. y Gil F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): specific parameters. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 747-755. Disponible en: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/184/4/TESIS.pdf> (Consultado en septiembre del 2012).
- Urquiaga S. Y F. Zapata. 2000. Eficiencia de la fertilización nitrogenada y su relación con la productividad agrícola sostenible. In: Urquiaga S. y Zapata F. (eds). Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Genesis; Río de Janeiro, EMBRAPA Agrobiologia- Arcal. pp:19-23.
- Vega S. P. 1987. Estudio comparativo de dos mejoradores de suelo en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes condiciones de humedad. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Velázquez G., Salinas G., Patter J., Gallardo F., Caballero H. y Díaz P. M. (2002). Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra*. 20 (2): 171-183.
- Villarreal S. J. A. 2003. Búsqueda del principio activo del extracto de algas marinas ALGAENZIMS – tratamiento agrícola. Tesis de maestría UA de C. Saltillo, Coahuila, México.

Warlther. 1982. Introducción a la microbiología. Editorial Continental. México, D. F.

Zermeño G. H. 1991. Mejorador de suelos y reguladores de crecimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.