

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ingeniería



Efecto de fertilizantes en suelos arcillosos en la agricultura en México.

Por:

JOSE MARQUEZ CORTES

MONOGRAFÍA

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Septiembre de 2012.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División Ingeniería

Departamento Ciencias del Suelo

Efecto de fertilizantes en suelos arcillosos en la agricultura en México.

POR:

JOSÉ MARQUEZ CORTES

MONOGRAFÍA

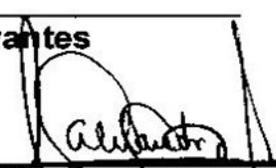
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

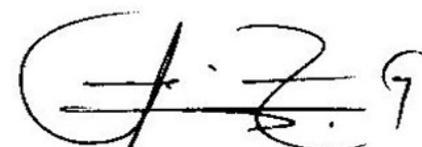
INGENIERO AGRÍCOLA AMBIENTAL

APROBADA


Dr. Rubén López Cervantes


Dr. Alvaro Fernando Rodríguez Rivera


MC. Alejandro Cardenas Blanco


MC. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** todo poderoso, por guiar mí camino y brindarme la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida.

A mis **Padres** por su confianza, apoyo y su gran amor para con todo sus hijos.

Agradezco **al** Dr. Rubén López Cervantes, por haberme brindado la confianza, apoyo y sugerencias para la realización de esta Monografía. Además por la amistad brindada durante el tiempo de Licenciatura en esta gran Institución.

Mi más grande y sincero Agradecimiento **al** Dr. Álvaro Fernando Rodríguez Rivera, por su comprensión, confianza, apoyo y sugerencias brindado durante la elaboración de la presente Monografía.

Al M. C. Alejandro Cárdenas Blanco por su apoyo, por aceptar ser parte importante de este proyecto y la amistad brindada.

Agradezco también al **personal** del Departamento Ciencias del Suelo a los laboratorios de Servicios y Vinculación, Fertilidad de suelos y en especial al de Pedología a su **responsable** TLQ. Patricia Herrera Gaytán. Gracias Paty por la amistad brindada.

A mis compañeros y amigos de generación: 2004 (MMIV)

Ing. Eduardo Vargas Flores (Comal)..... Abasolo, Guanajuato

Ing. Alejandro Barrios Sánchez (Snarf).....Tepalcingo, Morelos

Ing. Mario Hernández Hernández (Güero)..... Pénjamo, Guanajuato

Ing. Roberto Arteaga Alonso (Vaca)..... Estado de México
 Ing. Arturo Velázquez Nataren..... (Cinta Iapa, Chiapas
 Ing. Franco Isidro Jerónimo (El delicado)..... Veracruz
 Elías Santiago López.....Veracruz
 Gaspar López Márquez.....Veracruz

Agradezco a todos ellos por haber compartido experiencias buenas y malas en el transcurso de toda la carrera...Compañeros: Suerte.

A mis suegros:

Micaela García Salazar

Santiago Salazar Duran

Por todo el cariño y apoyo que siempre me han brindado a mí y a la familia.

A mis Cuñadas: C.P. Luz María Salazar García, por el cariño y apoyo que siempre me has brindado a mí y a la familia.

Isabel Salazar García, por el cariño y la amistad brindada.

Sin lugar a duda agradezco también a mi “**ALMA TERRA MATER**” por haberme acobijado durante este lapso de tiempo, forjarme todos los días en sus aulas y disfrutar de una de las mejores etapas de mi vida. El ser Universitario.....

Y a **todas aquellas** personas que de una u otra manera contribuyeron en mi formación Profesional.

Agradezco a la **Ing.** Hilda Leticia Fuentes García, Gerente Regional de la Financiera Somic Servicios Sofom S.A. de C. V., por el apoyo recibido y a todos mis compañeros de trabajo.

A los tíos Políticos:

Ing. German Salazar García y familia

Lic. Gerardo Reyes García

C. Pedro García Salazar y Familia

C. Manuel García Salazar y Familia

Lic. Agustín Salazar Duran

A todos ustedes por los consejos y apoyos que siempre me han brindado.

Mis amigos de siempre:

Ing. Miguel Santiago López

Antonio Santes Velázquez

Baldomero Ricaño

Mateo Vargas Santiago

Por la amistad y el apoyo que me han dado.

DEDICATORIA

Con mucho cariño, admiración y respeto a mis padres:

Elías Márquez Santiago

María de la Luz Cortes López

A estas grandes y maravillosas personas que me cuidaron, que me vieron crecer, que me brindaron cariño, confianza y quienes velaron siempre para que no me faltara nada en el transcurso de la carrera, quienes tuvieron que sacrificar tantas cosas para mostrar su apoyo incondicional; quienes me dieron los mejores consejos para guiarme hacia un buen camino y ser una persona de bien.

Porque gracias a ustedes me forme como persona y como profesionista, hoy les entrego una pequeña muestra de que sus esfuerzos no fueron en vano.

Para ustedes mi respeto, agradecimiento, admiración y mi amor por siempre.

A mis hermanos:

Vicky

Diego

Eliseo

María Enedina

Luz

Silvia

A todos ustedes por todos el cariño y afecto que me brindan; por ser una familia trabajadora, responsable, sencilla y muy feliz.

A ti Cuñado: Joaquín por la amistad y buenos consejos brindados, durante los estudios de la carrera.

Dedico en Especial a mi esposa:

Leticia Salazar García

Por su amor, comprensión y confianza que siempre me ha brindado. Además por haberme dado en la vida dos hermosos regalos que amo en la vida, mis Hijos:

Luz yoselin Márquez Salazar

Elías Márquez Salazar

A mis abuelos Paternos:

José Márquez Cruz (+)

María Concepción Santiago Jerónimo

Por preocuparte por mí, y pedir a dios en tus oraciones que guiara mi camino.

A mis abuelos Maternos:

Diego Cortes Laureano (+)

Ángela López Jiménez

Por su cariño, preocupación y por brindarme siempre consejos para una vida sana, tranquila y feliz. Además por pedirle a dios en tus oraciones que me cuidara siempre, **gracias abuela.**

Índice de Contenido

Concepto	Página
Portada	i
Hoja de firmas	ii
Agradecimientos	iii
Dedicatoria	1
Índice de contenido	3
INTRODUCCIÓN	7
Objetivo general	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
REVISIÓN DE LITERATURA	11
Definición, Descripción y Características de Suelos Arcillosos	11
Características de Suelos Arcillosos	12
Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos	14
Definición y distribución de los tepetates	15
Caracterización de los tepetates	17
Revisión del conocimiento de desarrollo en México sobre el ahorro de agua en la agricultura, al tratar el suelo con derivados de algas Marinas.	18
Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche.	19
Efecto del fertilizante fosfatado en el cultivo del guayabo.	23
Medición y comparación de los efectos del carbón vegetal como fertilizante orgánico en <i>Zea maíz</i> , en Macuspana, tabasco, México.	25
Producción orgánica y convencional de Maíz y concentraciones de nitrógeno en el cultivo y suelo.	25

Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos.	26
Efecto de la fertilización química y órgano mineral sobre la producción de canola en seco bajo labranza reducida en Michoacán, México.	27
Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar	29
Fertilización nitro-fosfórica en tomate de cáscara <i>Physalis ixocarpa</i> brot. de riego, en Irapuato, Gto., México.	30
Aplicación de ácido sulfúrico en el riego corrige la clorosis férrica de los cultivos en suelos calcáreos.	31
Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos.	32
Suelos arcillosos de la zona oriente del estado de México.	33
Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo.	34
Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos.	35
Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz.	36
Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (15n).	37
Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas.	37
Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza	38
Evaluación de abono órgano mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar.	39
Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate	40
Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad	42
Efectos de labranza y bio fertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol.	43

Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (<i>Solanum tuberosum</i> ssp).	43
Adsorción y mineralización de atrazina y relación con parámetros de suelos del DR 063 Guasave, Sinaloa	45
Uso y manejo del estiércol en la productividad del nopal (<i>Opuntia</i> spp).	46
Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV región de Chile.	47
La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura.	49
Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México.	51
Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo alfisol (chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México.	52
Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompost de cachaza y estiércol.	53
Cambios físicos, químicos, biológicos del suelo y nutricionales en las plantas por efecto de la incorporación de abonos orgánicos y aplicación de bioles.	54
Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos.	62
Densidad aparente en un vertisol con diferentes agro sistemas.	63
Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM.	64
Efecto de enmiendas con lodos urbanos y de salmonicultura en la estructura de un Entisol y un Alfisol en Chile.	65
El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta	67
Especies leguminosas forrajeras para cortes en suelos arcillosos de mal drenaje	67
Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de <i>Rhizobium</i> aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado Guárico.	68
Evaluación del efecto de fertilización, aplicación de estiércol y absorción de elementos en el rendimiento de la secuencia papa	69

kiwicha, evaluado mediante la técnica del elemento faltante	
Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal–tortilla del grano de híbridos de maíz.	71
Estudio del efecto de la salinidad sobre la presencia y actividad de micro organismos nitrificadores en suelos agrícolas del estado de Guanajuato.	72
Producción y evaluación de vermicomposta en hormigueros, sierra Nanchititla, México.	72
Pérdida de suelo, agua y nutrientes en un a crisol bajo diferentes sistemas agrícolas en Michoacán, México.	73
Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno.	73
Importancia de los abonos orgánicos.	74
CONCLUSION	77
LITERATURA CITADA	78

INTRODUCCIÓN

La pérdida de materia orgánica (MO) es un proceso que provoca degradación física en los suelos, la cual se refleja en problemas asociados con la estructura como, por ejemplo, disminución de la porosidad y mayor compactación. En suelos arcillosos los problemas se agudizan debido a que la falta de MO provoca un aumento en la cohesión entre las partículas más finas. En el estado de Tabasco, México, los suelos arcillosos más representativos son los Vertisoles, los cuales ocupan una importante superficie con respecto al total del territorio. Uno de los principales factores que inciden negativamente en la productividad de estos suelos, son sus propiedades físicas, las que se caracterizan por una baja agregación y drenaje deficiente. El aporte de enmiendas orgánicas al suelo puede ayudar a conservar y fomentar la estructura, debido a que la MO es considerada como un agente activo que favorece la agregación a través de mecanismos físicos y químicos.

Dos de las principales actividades económicas del estado de Tabasco son el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería bovina. Ambas generan importantes volúmenes de cachaza y estiércol, los cuales son susceptibles de utilizarse para mejorar la fertilidad de los suelos. La cachaza es un desecho de la industria azucarera y está compuesta por una mezcla de tierra, cenizas y MO que se generan durante el proceso de extracción del jugo de la caña. En algunos ingenios se utiliza el hidróxido de calcio o cal viva ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para precipitar las impurezas antes mencionadas, por lo que eventualmente la cal es otro componente de la cachaza. Los estiércoles son residuos orgánicos que presentan valores altos de carbono total (Ct) y nitrógeno total (Nt), por lo que se consideran muy apropiados para el compostaje, en particular el de los rumiantes (Capistrán y col., 2001).

El empleo de cachaza y estiércol como enmiendas orgánicas no es posible sin que antes haya un proceso de estabilización ya que estos residuos, cuando se encuentran frescos, inician un proceso de descomposición que incluye una fermentación aeróbica que hace que se incremente la temperatura, por lo que puede afectar a plantas u organismos del suelo (Armida, 1999). El compostaje es una técnica que permite la descomposición controlada de residuos orgánicos, por lo que al final los residuos se pueden utilizar sin riesgo para el cultivo o suelo. El compostaje se define como un proceso de oxidación biológica de los residuos bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación (Santamaría-Romero y Ferrera-

Cerrato, 2002). Una forma de compostar residuos orgánicos es a través del vermicompostaje. En esta técnica intervienen lombrices especializadas que ingieren los residuos y después de pasar por su tracto digestivo son excretados en forma de turrículos o "cast", los que se caracterizan por presentar alta carga microbiana. A la masa total de excreciones se le conoce como lombricompostado (Ferruzi, 1987). Según Capistrán y col. (2001) una de las especies de lombrices más difundidas para el vermicompostaje es *Eisenia andrei*, ya que manifiesta alta eficiencia para transformar residuos.

La utilización de estiércoles en el vermicompostaje es variable. Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato (2002) argumentaron que cuando se utilizan estiércoles, el pH se eleva por arriba de 9, lo que ocasiona la muerte de las lombrices. A pesar de ello, Labrador (1996) aclaró que los estiércoles son materiales muy heterogéneos debido a que hay influencia del grado de descomposición del material, tipo de ganado del que provienen, así como el manejo que se les da a los animales y al estiércol mismo. Teniendo en cuenta que un material por si solo puede presentar algunas restricciones químicas, físicas o biológicas; se sugiere que en una pila de vermicompostaje, dos o más residuos sean mezclados; de esta forma se permite que las desventajas que algún residuo pudiera presentar, sea compensada con las ventajas que otro residuo tenga. Así por ejemplo, los desechos de jardín o de cosechas, tales como hojas secas, arbustos o cáscaras, los cuales se caracterizan por presentar factores desfavorables como altas relaciones C/N, pueden enriquecerse con otros materiales cuyo contenido nutricional, agua y relación C/N sean más favorables, por ejemplo, estiércoles y orines (Castillo, 1999).

De acuerdo con Ribón y col. (2003) los beneficios de la utilización de enmiendas orgánicas en los suelos son diversos. Los autores mencionan que el monocultivo prolongado de la caña de azúcar provoca una pérdida en la fertilidad del suelo, principalmente por la disminución de la MO y Nt, por lo que ante esta situación, el uso de la cachaza como fuente de MO representa una gran oportunidad como un mejorador del suelo. Ruiz (1996), sugirió que una labor importante para mejorar las propiedades de suelos compactados es el aporte de materiales orgánicos; con esto se busca mejorar la estructura y hacer más eficiente los flujos internos. Al respecto, Mora y col. (2001)

señalaron que los aportes de MO a los suelos agrícolas permiten incrementar el C orgánico así como la biomasa microbiana, dando como resultado, a través del tiempo, una mejor fertilidad, agregación y estabilidad estructural. En este sentido Laird y col. (2001) sostienen que cuando se utilizan enmiendas orgánicas en el suelo, se logra mejorar la estructura y por otro lado mantener atrapado el C en el suelo, evitando así las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Objetivo

Compilar la información inherente a los suelos arcillosos.

Palabras clave: suelos arcillosos, características, textura del suelo, Propiedades físicas y químicas, Abonos orgánicos.

MATERIALES Y METODOS

Para la revisión de la literatura de la Monografía, se utilizó la revisión de 2276 ejemplares relativa al tema en la Biblioteca de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Asimismo se efectuó la revisión de aproximadamente 2680 citas de direcciones en INTERNET.

Se aplicaron palabras clave tal como:

Suelos Arcillosos, Características, Textura del Suelo, Propiedades Químicas y Físicas, Abonos Orgánicos.

Se compiló la información de manera inicial tal como se obtuvieron

Se depuró la literatura que debería considerarse no útil para el tema

Se clasificó por subtemas y se le dio formato para su impresión final

Revisión de Literatura

Definición, Descripción y Características de Suelos Arcillosos

Por definición el suelo es una entidad que evoluciona, conservada en un flujo de materiales geológicos, biológicos, hidrológicos y meteorológicos. Los cuerpos de suelos individuales y sus correspondientes horizontes individuales juegan papeles diferentes debido a la distribución desigual de materiales. Algunos suelos y horizontes se enriquecen en ciertas sustancias, mientras otras empobrecen (Boul, 2000).

En general, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado la meteorización (desintegración por la acción de agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas (Sposito, 1989 citado por INE, 1996).

La formación del suelo es un proceso muy largo y lento que requiere de miles o millones de años (Fitz Patrick, 1996).

Un factor de formación de suelos es un agente, una fuerza, una condición, una relación o una combinación de ellos, que afecta, ha afectado o puede influir en el material original del suelo, con potencial para cambiarlo (Buol, 2004).

Siempre se forman suelos muy parecidos en todo lugar en el que las características de la roca y el clima sean similares. El clima influye más en el resultado final que el tipo de roca y, conforme va avanzando el proceso de formación y el suelo se hace más evolucionado, menos influencia tiene el material original que formaba la roca y más el clima en el que el suelo se forma (Echarri, 1998).

Un mismo tipo de roca, que evolucione bajo distintas condiciones de medio, puede dar lugar a suelos con distintas características, mientras que diferentes rocas, bajo un clima suficientemente energético y con una acción prolongada, pueden dar lugar a suelos análogos (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003).

Boul (2004) menciona que cuanto más joven sea el suelo, tanto mayor será la influencia y relación con el material original. Conforme se llevan a cabo los

procesos edafogénicos y la intemperización, la influencia de los materiales originales tiene cada vez un valor mas bajos

Descripción y Características de Suelos Arcillosos.

Brack, (2009), señala que la textura depende de la proporción de partículas minerales de diverso tamaño presentes en el suelo, asimismo, sostiene que la estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

Benítez y Friedrich, (2009), añaden que la estructura del suelo está dada por la ordenación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) en la forma de agregados en ciertos modelos estructurales, que incluyen necesariamente el espacio poroso.

Rucks, (2009), indica que dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros, mantiene que la densidad aparente es la relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo.

Tipos de suelos

Suelos arcillosos

Suelos que presentan una textura fina, con un alto predominio de arcillas (45 % de arcillas, 30% de limo y 25% de arena). Esta composición le permite una elevada retención de agua y nutrientes. No obstante posee una baja porosidad y por lo tanto, la consecuencia lógica es que son suelos que carecen de buenas posibilidades de aireación. Por este motivo, son terrenos difíciles de trabajar ya que poseen una elevada viscosidad que ofrece una gran resistencia a la penetración de raíces. Un aspecto importante es la dificultad de penetración de las raíces de las plantas, es el hecho de que este tipo de suelo impide una correcta aireación de las mismas, y por tanto, tarde o temprano terminan pudriéndose (Brack, 2009).

Suelo arenoso

Estos suelos presentan una textura gruesa, con predominio de arenas (75% arenas, 5% de arcillas y 20% de limo), lo cual les permite una gran aireación, y si bien absorben bien el agua, no tienen capacidad para retenerla, por tanto tampoco conservan los nutrientes, los cuales por lixiviación son arrastrados hacia el subsuelo Zapata, (2009).

Suelo franco

Rucks, (2009), son aquellos que tienen una textura media (45 % de arena, 40% de limo y 15% de arcilla), estos suelos presentan las mejores condiciones tanto físicas como químicas, siendo los más aptos para el cultivo, también el color puede dar pautas sobre la composición mineralógica del suelo: en líneas generales, cuanto más oscura sea la tierra, mayor cantidad de materia orgánica y mayor fertilidad, en cambio, cuanto más claro, mayor presencia de gravas, los rojos o castaño rojizos indican una alta proporción de óxidos de hierro, manifiesta que el color es un carácter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local.

Wikipedia, (2009), reporta que se denomina capacidad de infiltración a la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo.

Benítez y Friedrich, (2009), mencionan que la degradación física del suelo puede ser definida como la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Esa degradación estructural puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como bajo la capa arada, donde surgen capas compactadas.

Rucks, (2009), indica que dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros. Rucks L. (2009), mantiene que la densidad aparente es la relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo.

Encarta. (2009), reporta que el pH indica la concentración de iones hidrógeno en una solución.

Ecoplexity, (2009), sostiene que el pH, es extremadamente importante para las plantas porque afecta directamente la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas.

Starmedia. (2009), indica que la salinidad es la consecuencia de la presencia de sales en el suelo.

Ávila, (2009), mantiene que la acidez presente en el suelo corresponde a la concentración de iones hidrogeno en disolución, extraída de la mezcla de suelo y agua o del suelo y una disolución extractora.

Zapata, (2009), expone que la acidez, unida a la poca disponibilidad de nutrientes, es una de las mayores limitaciones de la baja productividad de los suelos ácidos.

Wikipedia. (2009), manifiesta que la capacidad de intercambio cationico

(CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas.

Infojardin, (2009), manifiesta que la solución del suelo es la fase hídrica o líquida del suelo en la cual se encuentran disueltos los elementos nutritivos a disposición de los cultivos.

Encarta, (2009), indica que el componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos

Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos

El término tepetate, en su acepción más elemental, ha sido inadecuadamente conceptualizado como “una capa muy dura que aflora o que eventualmente subyace a un suelo y que se caracteriza por su baja porosidad, limitada actividad biológica y bajo nivel de fertilidad, el cual demerita o impide su uso agrícola”. La presencia de tepetates no representa únicamente un impedimento a la capacidad actual y potencial del suelo para producir de modo cualitativo y cuantitativo, bienes o servicios, también afecta, directa o indirectamente, al medio ambiente, reduciendo su aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas (Flores-Román y col., 1990; Gama-Castro y col., 2006).

Los primeros trabajos sobre tepetates en México corresponden a las investigaciones de Shaw (1929) y Salazar (1938). Desde entonces, las dos líneas más representativas de dichos estudios son las referentes a su caracterización y cartografía (Valdés, 1970; Pacheco, 1979; Nimlos y Ortiz-Solorio, 1987; Dubroeuq y col., 1989; Rodríguez y col., 1999) así como la relativa a su rehabilitación e incorporación a la producción agrícola (García, 1961; Figueroa, 1975; Trueba, 1979; Quantin y col., 1993). Empero, recientemente, la investigación acerca de los tepetates ha sido extrapolada y vinculada a diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra, como son la paleo pedología, estabilidad ambiental y cambio climático, entre otras (Geissert y Dubroeuq, 1990; Flores-Román y col., 1996; Escamilla-Sarabia y col., 2002; Solleiro-Rebolledo y col., 2003).

Es indudable que los aportes derivados de esas líneas de investigación, han contribuido significativamente al conocimiento básico y aplicado de los tepetates de México. Sin embargo, resulta sorprendente que con excepción de algunos pocos trabajos (Rey, 1979; Trueba, 1979; Ortíz-Solorio, 1986; Prat y col., 1997; Oropeza y col., 1997) no existe a nivel nacional, un acervo más amplio y confiable que relacione de modo cognoscitivo a los tepetates,

con la dinámica de degradación del suelo y establezca su potencialidad como

un riesgo ambiental, se sabe que la presencia de tepetates en México, concatenada a otra serie de limitantes, en las que destacan la erosión, el exceso de sales y la aridez, han determinado que de los 2 000 000 km² que aproximadamente comprende la superficie del territorio nacional, sólo una cuarta parte puede ser utilizada para la agricultura y la ganadería y que menos de 0.04% pueda ser dedicada a plantaciones forestales. El resto de esta superficie está ocupada por desiertos y eriales (2,151,106 ha) zonas urbanas (463,479 ha) y cuerpos de agua (2,265,189 ha) en su mayoría contaminados, así como proporcionar una visión global sobre los tepetates en México y su incidencia sobre la calidad de vida, es decir, sobre la calidad de los alimentos, del agua y del aire.

Definición y distribución de los tepetates

Tepetate es un término que tiene un amplio rango semántico en el uso popular y técnico. Deriva del náhuatl tepétlatl, vocablo compuesto por las raíces tetl que significa piedra y pétlatl, petate. Literalmente se le ha traducido como “petate de piedra”; “parecido a piedra” o “roca suave”.

Para los aztecas, este término estaba contenido en su clasificación de materiales y representaba el taxón de un tipo de suelo agrícola difícil de labrar (Gibson, 1996). En contraste, al arribo de los españoles, el término tepetate fue sinónimo de suelo no agrícola, por su baja calidad (Ortiz-Solorio, 1999).

Desde épocas Precolombinas, esta capa endurecida, en ocasiones cementada, ha representado para México y la mayoría de los países del arco volcánico centro y sur americano, un problema que incide sobre la calidad y productividad del suelo y de su contexto ambiental (Williams y Ortiz-Solorio, 1981; Cervantes y col., 2005; Gama-Castro y col., 2005).

En consecuencia, también ha sido descrita en la mayoría de los países de América con nombres locales; por ejemplo: en Centroamérica, se le llama talpetate; en Colombia hardpán, duripán y cangagua en la parte sur del país, este último término se utiliza también en Ecuador; en Perú se le denomina hardpán y en Chile cangagua, moromoro, tosca y ñadis (Zebrowski, 1992).

En Estados Unidos a las capas compactadas o cementadas, exclusivamente por procesos pedológicos, se les considera como materiales para-líticos (análogos a roca) y en ellos se incluyen a los fragipanes (capa compactada) y a los duripanes (capa cementada por SiO₂). Los primeros, en contacto prolongado con el agua colapsan su estructura, en tanto que los segundos,

bajo condiciones similares, mantienen su estabilidad estructural en tanto que los segundos, bajo condiciones similares, mantienen su estabilidad estructural áreas degradadas o perturbadas, en las que predominan los tepetates (2,2235,474 ha) (INEGI, 2003).

En el caso particular de México, Flores-Román y col.. (1990) estimaron que aproximadamente el 30% del territorio nacional estaba afectado en mayor o menor grado por la presencia de tepetates. Esta estimación incluía en su contexto, a todas aquellas capas que presentaban diferentes grados de endurecimiento. Entre ellas, capas compactadas, pero no cementadas (fragipanes); capas cementadas por SiO₂ (duripanes); por CaCO₃ (petrocálcico); por CaSO₄ (petrogípsico); por Fe₂O₃ (petroplintitas) y por diversas sales (petrosálico).

De acuerdo con los principios establecidos por Oldeman (1988) resulta indudable que esta heterogeneidad, discordante tanto en métodos como en estimaciones, no solo impide evaluar con exactitud el riesgo que representan los tepetates en el ecosistema, sino que además, limita severamente el tomar medidas correctivas para su rehabilitación y manejo. En la actualidad un inventario confiable acerca de la superficie ocupada por los tepetates, pudiera ser viable con herramientas como la teledetección, los sistemas de información geográfica y el análisis automatizado de imágenes, combinado con trabajo de campo.

Se estima que la distribución de los tepetates, está condicionada por los factores topografía, material parental y clima, este último, principalmente de tipo semiárido, aunque también suelen presentarse en climas más húmedos, como es el caso del estado de Veracruz, donde tienden a formar suelos, una vez que el tepetate se intemperiza (Flores-Román y col., 1992; Peña y Zebrowski, 1992; Gutiérrez- Castorena y Ortiz-Solorio, 1992).

Dependiendo de la posición que ocupen los tepetates en el perfil de la pendiente, pueden estar subyaciendo a un estar sepultados por una delgada capa de sedi sedimento, mezclado con aluvión y coluvión, en el pie de pendiente o aflorando en la espalda de la pendiente, que existen muchas discrepancias al respecto, de acuerdo con Zebrowski (1992) los tepetates se forman, de modo preferencial, en climas sub húmedos (precipitación anual <800 mm) caracterizados por una estación seca que dura de cuatro a seis meses (Dubroeuq y col.1989; Servena y y col., 1996) donde la tasa de evado transpiración generalmente es mayor que la precipitación. Se sabe que los tepetates no afloran en las zonas de riego y tampoco en los bosques bien conservados, bien por que no existen bajo el suelo o por que este último está protegido de la erosión, no se ha eliminado y, en consecuencia, la capa endurecida permanece en el subsuelo.

Caracterización de los tepetates

Con base en las investigaciones realizadas por diferentes autores (v.g. Etchevers y col. 1992; Gutiérrez-Castorena y Ortíz-Solorio, 1992; Miehlich, 1992; Peña y Zebrowski, 1992; Peña y col., 1992) resulta posible inferir que independientemente de su origen, los tepetates siempre presentan, dentro de un rango de oscilación, propiedades físicas, mecánicas y químicas que le son comunes entre sí. Destaca su compactación o cementación, que se reflejan en densidades aparentes altas (1.7-1.9 g/cm³), una porosidad baja de 13a 24%, así como conductividades hidráulicas y retención de humedad bajas. Estas características, impiden o limitan significativamente la incorporación, rápida de plantas primarias, debido a que limitan su crecimiento radicular lo que propicia una baja cobertura vegetal y la posterior erosión del suelo, la susceptibilidad de estos materiales a la erosión en todos los casos es alta y concuerda con lo encontrado por Prat y col.. (1997).

De acuerdo con los trabajos realizados sobre las propiedades físicas, los tepetates exhiben una matriz compuesta por arena, limo y menores porcentajes de arcilla (Miehlich, 1992; Peña y Zebrowski, 1992), sin embargo en ocasiones de origen geológico, los primeros estudios realizados en México acerca del origen de los tepetates, reportaron que éstos se podían constituir a partir de diferentes materiales piroclásticos que mostraban distintos grados de intemperismo físico y químico, e inclusive lahares. Salazar (1938), Llerena (1947) y García (1961) consideraron a los tepetates del valle de México como tobas “pumosas” del Terciario o Cenozoico en proceso de intemperismo. Valdés (1970) mencionó que los tepetates de la cuenca de México se formaron por el arrastre aluvial de un fanglomerado que posteriormente se consolidó, y Heine y Schönhals (1973) Consideraciones generales sobre la habilitación de los tepetates en México.

Una vez que los tepetates afloran en un área, ésta no puede ser utilizada con fines agrícolas. Por lo tanto, es necesario modificar las características físicas y químicas del tepetate para mejorar su calidad productiva. Desde hace vario siglos, los tlaxcaltecas tenían conocimiento sobre la problemática que representan los tepetates, así como la forma para incorporarlos a la agricultura (Ruíz, 1987). Una de estas formas era por medio de la quema de las pencas de maguey y la adición de las cenizas al tepetate, con lo cual incorporaban nutrimentos; otra forma consistía en el cultivo de especies resistentes. Arias (1992) menciona que el laboreo y la fertilización de los tepetates existen desde tiempos prehispánicos. Esto se realizaba a través de relleno con suelo fértil o preparando el terreno mediante el rompimiento de la

costra superior, la pulverización de terrones y la fertilización a través de la quema de hojas de maguey.

Como se ha mencionado, una de las principales limitantes de los tepetates es su estructura masiva y alta dureza, por lo que se considera que para iniciar con una habilitación para uso agrícola es necesario primero roturarlo por medio de herramientas comunes como pico, cincel y martillo o en algunos casos se ha hecho con maquinaria. Sin embargo, aún después de su roturación, es notable la ausencia de agregados, por lo que requieren de prácticas agrícolas adecuadas (Navarro y Flores, 1997; Prat y col., 2002).

Revisión del conocimiento de desarrollo en México sobre el ahorro de agua en la agricultura, al tratar el suelo con derivados de algas Marinas.

Reyes Ríos, D.M. (1993), al tratar con un extracto de algas, en un suelo compacto arcilloso, la porosidad se incrementó de 10% a 50%, y la textura del suelo cambió, en 9 meses que duró el experimento, en cuanto a por ciento (media) de: arcilla, limo y arena, de 55.8, 25.4, 18.8 (testigo) a, 45.5, 37.0, 17.5 (tratado).

Munguía López, Juan (2002) reporta: que al tratar con extracto de algas los cultivos en rotación de trigo y maíz con cobertura de residuos y cero labranza comparado con el testigo a suelo arado, se logró un ahorro de 18.4 cm. (1840 m³ ha⁻¹) en la lámina de agua a riego rodado en el cultivo de trigo, de 84.5 cm., en el testigo, a 66.1 cm., en el tratado, equivalente a: 22% y, en maíz, de 23.9 cm. (2390 m³ ha⁻¹) de 70.0 cm. a 46.1 CMS. equivalente a: 34%.

Munguía López, Juan (2002), en el mismo experimento, reporta: que el rendimiento en trigo por m³ de agua fue de 950grs. en el tratado y 660grs. en el testigo; o sea, el 44% de incremento y, en el maíz, de 1470 grs. en el tratado a 1140 grs. en el testigo = 29% de incremento. Cuadro No. 2

Munguía López, Juan (2002), en el mismo experimento, reporta: que al tratar un suelo arcilloso con extracto de algas en cultivos en rotación de trigo y maíz con cobertura de residuos y cero labranza, un decremento en la compactación, en libras por pulgada cuadrada, de 236.72 (100%) en el testigo labrado con arado a, 139.84 (59%) sin arado y tratado con ALGAENZIMS. Cuadro No. 2. Descompactación resultante, 41% en el tratado con respecto al testigo.

Villarreal Sánchez, J.A. (2003), al tratar un suelo con sendos tratamientos de ALGAENZIMS y microorganismos marinos en el mismo experimento, de ALGAENZIMS 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 por ciento (media) de arcilla, limo y arena de: 4.9, 2.4, 92.7 (testigo) a 12.9, 6.3, 80.8 (tratado). Cuadro No.3; o sea: cuando el por ciento de arcilla está por debajo del que contiene el suelo franco, la arcilla, se incrementa de 4.9 a 12.9 = 8 y, el limo y arena se decrementan de (2.4 + 92.7) a (6.3 + 80.8) = 8

Reyes Rios, D.M. (1993), y Villarreal Sánchez, J.A. (2003), cuando los tratamientos con extracto de algas se hicieron en suelo donde el porcentaje de arcilla está dentro del rango de textura franca, los cambios fueron mínimos y erráticos sin salirse de suelo franco.

Por compactación del suelo, Mc Garry (2001), citado por Méndez Aguilar I.J. (2004), en el cultivo de algodón, ha detectado pérdidas del 20 al 50% y, en cereales, hasta un 50%. En el cuadro No. 4 se presentan varios trabajos donde los rendimientos de los cultivos tratados con extracto de algas, superan a los de los testigos.

Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche.

El manejo inadecuado de los agro ecosistemas con fines de producir alimentos y productos para la sociedad, ha originado en mayor o menor medida cambios y deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, con el consiguiente efecto de disminución sobre la productividad y la producción en general (Lal 2000).

Entre los procesos físicos que causan el deterioro del suelo se encuentra la pérdida de la estructura, derivada del excesivo laboreo del suelo y el tránsito de maquinaria, así como del pisoteo de los animales en los pastizales y agostaderos sometidos al sobre pastoreo (Leiva 1998).

El excesivo laboreo del suelo causa la destrucción de los agregados, a la vez que incrementa la aireación y con ello la descomposición de la materia orgánica (MO) por la flora microbiana del suelo, lo que además disminuye la estabilidad y la resistencia de los agregados a las fuerzas externas (Wilding y Oleschko 1994; Rienk 1997; Gibbs y Reid 1988). A esta causa de disminución de la MO se suma la quema de los residuos de cosecha que realizan muchos agricultores, con lo que disminuye una fuente de entrada de ella al suelo (Pool-Novelo 1980). El resultado final de la destrucción de la estructura del suelo por el excesivo laboreo, conjuntamente con el tránsito de la maquinaria y el sobre pastoreo, es la compactación de los horizontes superficiales del suelo, así como la formación de capas compactadas o pisos de arado (Lal 2000; Botta y col. 2003).

La compactación del suelo causa disminución de la macro porosidad y con ello afecta su capacidad de infiltración, lo cual dificulta la entrada y el flujo de agua al interior del suelo, ocasionando un mayor escurrimiento superficial, erosión y una menor capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo, lo cual tiene especial importancia en áreas agrícolas de temporal (Lal y Greenland 1979; Leiva 1998). También la compactación, y en especial las capas endurecidas y pisos de arado, originan una barrera o impedimento mecánico para la penetración de las raíces, disminuyendo con ello su capacidad de exploración y extracción de agua y nutrimentos.

Por otra parte, la disminución de la macro porosidad restringe la aireación del suelo, limitando al sistema radical de las plantas. Finalmente, de una o más maneras, la pérdida de la estructura y compactación de los suelos afectan su calidad y, consecuentemente, los rendimientos de los cultivos (Lal y Greenland 1979; FAO 1986; Gibbs y Reid 1988; León y col. 1998; Gutiérrez-Castorena y col. 1999; León-Arteta 2003). Debido a que la compactación incrementa la densidad aparente del suelo su caracterización se ha hecho con base en esta propiedad, sin embargo, esta determinación es poco sensible, especialmente en suelos arcillosos, por lo que hay quienes opinan que resultan más adecuadas otras determinaciones, tales como la distribución del tamaño de los poros y las tasas de infiltración y difusión (Lal 2000).

La textura es una propiedad física relacionada con la proporción de partículas de diferentes tamaños existentes en un suelo, la cual influye de forma tal que suelos arenosos y arcillosos contrastan en cantidad y tipo de porosidad. En los primeros, el espacio poroso va de 35 a 50 %, predominando los macro poros, mientras que en los segundos, éste alcanza valores de 40 a 60 %, estando dominado por micro poros. Debido a ello, en los suelos arenosos hay un rápido movimiento de aire y agua en el interior, mientras que en los suelos arcillosos, por la deficiente circulación del aire y agua, la infiltración se ve limitada y genera un ambiente anaeróbico, que afecta el desarrollo de la raíz y el crecimiento de las plantas en general (Ortiz-Villanueva 1975; Scott 2000; Warrick 2002).

La estabilidad de los agregados indica cuán resistentes son estos al rompimiento y dispersión por efecto de causas externas, y está correlacionada positivamente con la presencia de los agentes cementantes, especialmente la MO, por lo que al igual que ésta, decrece con la labranza (Lal y Greenland 1979; Wild 1992; Rienk 1997; Gibbs y Reid 1988).

La estabilidad de agregados es utilizada para evaluar la estructura del suelo, y es determinada por medio del tamizado en húmedo o el tamizado en seco. Estos métodos cuantifican, por una parte, la resistencia de los agregados al humedecimiento y su posterior rompimiento y dispersión por la acción del

agua, y por otra, la resistencia al rompimiento y desagregación por la acción de las herramientas de labranza (Kemper y Rossenau 1986; Wild 1992).

La densidad real (D_r) relaciona el peso de las partículas sólidas de un suelo con el volumen ocupado por ellas sin tomar en cuenta la porosidad, por lo cual presenta valores relativamente constantes, mientras que la densidad aparente (D_a) es dependiente de la porosidad, y por esto mismo, adquiere valores muy variables aún en un mismo tipo de suelo, y es muy afectada por las actividades de manejo y la cantidad de MO (Brady y Weil 1999; Warrick 2002)

Una excesiva densidad aparente afecta a la planta porque inhibe la penetración de las raíces y su desarrollo. En suelos de textura fina, valores de 1.4 Mg m^{-3} en la D_a puede restringir el crecimiento de la raíz, pero en suelos de textura gruesa, este efecto se presenta cuando la D_a alcanza un valor de 1.6 Mg m^{-3} (FAO 1986; León-Arteta 2003).

Los valores de la D_a y la D_r permiten calcular el porcentaje de porosidad total (P_t) mediante la expresión: $P_t = (1 - (D_a/D_r)) \times 100$ (Rodríguez-Fuentes y Rodríguez-Absi 2002).

La determinación de la CC puede realizarse en campo dándole al suelo una condición de saturación, seguida de un tiempo de drenado de 48 horas, o en laboratorio mediante el método de la olla de presión.

Por su parte, el PMP se determina de manera empírica mediante el uso de plantas indicadoras, o en laboratorio por medio de la membrana de presión (Lal & Greenland 1979; Ordaz-Chaparro 1999; Palacios Vélez 2002; Rodríguez-Fuentes & Rodríguez-Absi 2002).

La diferencia de humedad entre ambas propiedades da lugar al porcentaje de humedad aprovechable para las plantas (HA), que se obtiene de la expresión $HA = (CC - PMP)$, donde la humedad aprovechable en CC equivale a 100 % y en PMP es de 0 %.

La tasa de infiltración del agua en el suelo es importante en varios sentidos; por una parte, en relación con el agua que se infiltra y puede ser almacenada en el perfil del suelo, y por otro lado, con respecto al agua que no se infiltra y escurre sobre la superficie y es causante de erosión (Grossman y Prigle 1985).

Así mismo, también es importante en el diseño y manejo de sistemas de riego (FAO 1986, Fuentes 2002; Holzapfel y col. 2004).

En suelos secos, la VI es relativamente alta, pero disminuye con el tiempo de humedecimiento hasta llegar a un valor casi constante, que se denomina infiltración básica (Hanks y Ashcroft 1980), y que es muy cercano al valor de la característica del suelo conocida como conductividad hidráulica saturada (K) (Loveday 1974).

Una de las ecuaciones más utilizadas para describir la VI es la de Kostiakov-Lewis, desarrollada en 1932, donde $I=Kt^{-n}$, en la que I=velocidad de infiltración en cm. h⁻¹, K=la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (donde t=1), t=tiempo en minutos y n=parámetro que indica la forma en que la VI se reduce con el tiempo (Hiel 1971; Aguilera y col.1996; Palacios Veléz 2002; Holzapfel y col. 2004).

Para casos en que los datos de las infiltraciones se refieren a períodos largos, durante los cuales el valor de la infiltración llega a ser constante, la ecuación que mejor describe esta situación es $I=Kt^{-n} + b$, desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Aguilera y col. 1996), misma que indica que la curva de infiltración tiende a ser constante al valor de la infiltración básica (Palacios-Veléz 2002).

Los cambios que experimentan en el tiempo las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo derivados de su uso agrícola o pecuario, originan un efecto de disminución sobre los agro ecosistemas y su productividad, dependiendo de las condiciones climáticas y las características propias del suelo y del cultivo de que se trate (Ruiz-Figueroa 1995).

El estudio sobre los cambios en las propiedades y su efecto sobre la productividad de los agro ecosistemas puede hacerse observando la evolución de ellas en el tiempo en los distintos agro ecosistemas, teniendo como referencia al ecosistema natural (Gandoy y Campos-Cascaredo 1992; Molina y Cáceres 1992; Wilding y Oleschko 1994; Navar y Sinnott 2000; Sustaita-Rivera y col. 2000).

Entre los suelos mecanizables que se destinan a la agricultura en la Península de Yucatán se encuentran los Luvisoles de la clasificación FAO-UNESCO (1970), los cuales ocupan una superficie cercana a 1 021 000 ha en la región (Ruiz 1995) y por sus características físicas, profundidad y drenaje favorables, presentan un gran potencial para el desarrollo de diversos agro ecosistemas. Varios investigadores han señalado que los Luvisoles según la clasificación de la FAO-UNESCO (1970), coincidían con los suelos Kankab de la nomenclatura de los mayas (Santos 1984; CNF 1988; Duch 1995; Pool y Hernández 1995; Palacios y Ramírez 1996; Kuy col. 2005). Así mismo, la SEMARNAP-Yucatán(1999) indicó que la unidad denominada Luvisol de la clasificación FAO-UNESCO (1970) coincidía con la

denominada Lixisol de la FAO-UNESCO (1988) y la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, conocida por sus siglas en inglés como WRB. Ante la falta de un estudio actualizado de clasificación de suelos para el estado de Campeche, en este documento se ha optado por utilizar la denominación de Luvisoles para los suelos arcillosos, que poseen un horizonte superficial de color rojo a café rojizo y que regionalmente son conocidos como suelos Kankab por los agricultores (Santos-Ocampo 1984; Mariaca-Méndez y col. 1992).

En el estado de Campeche, se observa que en los Luvisoles se encuentran diversos sistemas de cultivos, así como sistemas de praderas de especies naturales e introducidas (Palacios-Pérez & Ramírez Jaramillo 1996), y gran parte de las unidades de riego se encuentran en este tipo de suelo, del que se estima que sólo se riegan unas 24 mil hectáreas (Anónimo 2004).

Las características de los Luvisoles y la disponibilidad de riego en algunas áreas han conducido a un uso más o menos intensivo de ellos, con diferentes sistemas de cultivo. Sin embargo, esto se ha hecho con deficientes prácticas de manejo, causando su deterioro derivado de pérdidas de MO y fertilidad, así como por compactación, y finalmente un descenso de la productividad, lo que exige en poco tiempo de uso una mayor cantidad de insumos, tales como fertilizantes y herbicidas (Aguilar & Méndez 1993; Pool-Novelo & Hernández-Xolocotzi 1995; Mariaca Méndez y col. 1995).

Investigaciones realizadas en la década de los 80 señalan que en los primeros 15 cm. de profundidad de los Luvisoles cubiertos con vegetación natural, la MO podía superar el 9 % (Pool-Novelo & Hernández-Xolocotzi 1995), mientras que Palacios-Pérez & Ramírez-Jaramillo (1996), sin precisar la profundidad de muestreo ni cultivo en particular, señalan que la mecanización de los Luvisoles, en un lapso aproximado de 20 años había hecho descender el contenido promedio de MO hasta niveles de 0.5 a 5.0 %. Por otra parte, Medina-Méndez (1997) y Turrent-Fernández y col. (2004) indican que los promedios de MO en seis localidades de suelo Luvisol utilizados con el monocultivo de maíz de temporal por espacio de 24 a 28 años, fue de 2.8 a 3.0 %, en los primeros 20 cm. de profundidad.

Efecto del fertilizante fosfatado en el cultivo del guayabo.

La eficacia en el aprovechamiento de fósforo aplicado al suelo es alrededor de 30 %, en particular en las regiones tropicales donde ocurre intensa fijación del elemento, haciendo que parte de lo invertido en abonos no tenga el retorno económico esperado (Mortvedt y col., 1999).

La fijación, asociada con la baja fertilidad natural de fósforo en suelos de áreas tropicales, han sido consideradas unas de las limitaciones más

severas en la utilización de estos suelos para fines agrícolas, teniendo en cuenta la necesidad de aplicación de cantidades altas de fósforo, mucho mayores que las exigidas por los cultivos (Lopes, 1984).

El fósforo es un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, siendo indispensable en todas las etapas del desarrollo vegetal, sobre todo en períodos de metabolismo intenso: germinación, inicio del desarrollo vegetativo y crecimiento de órganos como raíces, brotes y frutos (Gautier, 1993).

El guayabo ha sido considerado durante mucho tiempo como una planta rústica (Nakagawa, 1988), tolerante a la acidez (Guerrero, 1991), poco exigente en suelo (Pereira y Martínez, 1986; Queiroz y *col.* 1986), demandando poca atención (Yadava, 1996), pero responde bien a la aplicación racional de fertilizantes, sobre todo en la producción de frutos (Natale, 1993).

Quaggio y *col.* (1996) las concentraciones de macro nutrientes son consideradas adecuadas para los guayabos en Brasil. Pero por abajo de la concentración ideal por Malavolta y *col.* (1989) y superior si se compara con el nivel crítico para las condiciones de África del Sur (Du Plessis y *col.*, 1973; Koen y Hobbs, 1990).

Marchal (1984) esas divergencias se explican por las diferentes condiciones experimentales, al manejo de los cultivos, a la carga de frutas por plantas, a la época de muestreo, al tipo de hoja muestreada, a las técnicas o métodos de determinación. Khera y Chundawat, 1977). Clarkson (1985) señaló que plantas desarrolladas en suelos con baja disponibilidad de un elemento, poseen genéticamente alta capacidad de absorción y/o alta eficiencia en el uso del mismo, lo que puede traducirse en una baja respuesta a la fertilización fosfatada en el guayabo.

La influencia de la asociación simbiótica entre guayabos y hongos micorrízicos-arbusculares puede ser otra causa de la baja respuesta de la planta a la adición de fertilizantes fosfatados (Schmidt y Scow, 1986; Fischer y *col.*, 1994; Kumaran y Azizah, 1995; Srinivasan y *col.*, 1996).

Chacón y Cuenca (1998) concluyeron que el guayabo es muy dependiente de las micorrizas y que la adición de fertilizante fosfatado en presencia de esos organismos mejoró significativamente el desarrollo de las plantas.

Kumar y *col.* (1995) usando dosis crecientes de fósforo en el cultivo de guayabos, observaron que la producción máxima de frutos era alcanzada con cantidades menores del elemento a medida que aumentaba la edad de la planta (5 a 9 años). Los autores atribuyeron el hecho a la mayor eficiencia de los árboles en la utilización de fósforo.

Medición y comparación de los efectos del carbón vegetal como fertilizante orgánico en *Zea maiz*, en Macuspana, Tabasco, México.

El anhídrido de amoníaco contiene aproximadamente 82% de nitrógeno y se aplica bajo la superficie en forma de gas. El anhídrido acelera la descomposición de materia orgánica en el suelo, como resultado dejándolo más compacto. La adición de anhídrido causa un aumento de acidez en el suelo, requiriéndose 148 libras de cal para neutralizar 100 libras de anhídrido de amoníaco, o 1.8 libras de cal por cada libra de nitrógeno contenido en el anhídrido (Sullivan, 2007).

Se ha demostrado que el uso del carbón vegetal como fertilizante, no altera las concentraciones de los parámetros físico-químicos, tanto del suelo, como de las plantas; ya que el carbón vegetal reacciona como un imán para atraer el CO₂ atmosférico proporcionándole así, el carbón necesario para la alimentación de las plantas según menciona Coyne (2000)

Producción orgánica y convencional de Maíz y concentraciones de nitrógeno en el cultivo y suelo.

La agricultura convencional es el conjunto de técnicas productivas que comenzó a mediados del siglo XIX, conocido como la segunda revolución agrícola, se caracteriza principalmente por el uso de fertilizantes químicos, semillas modificadas genéticamente para el incremento en la productividad, asociado con los agroquímicos y el implemento de maquinaria agrícola (Aguirre, 1994). Es un sistema de producción agrícola en el que se utilizan métodos, técnicas e insumos que pueden provocar contaminación y degradación del suelo, agua, biodiversidad y medio ambiente así como el uso de productos de síntesis de química industrial (NOM – 037 FITO - 1995).

En la agricultura convencional actual predominan paquetes tecnológicos generados en la década de los sesenta, que están orientados a obtener los máximos niveles de producción agropecuaria, sustentados en el uso masivo de insumos agrícolas de origen sintético (fertilizantes químicos y plaguicidas), el implemento del monocultivo y el uso intensivo de maquinarias agrícolas en los procesos productivos; factores que han permitido hasta el momento, acceder a mayores niveles de producción por unidad de superficie (Gordilo, 1999).

Los sistemas de producción orgánica se basan en normas de producción específicas y precisas cuya finalidad es lograr sistemas de producción óptimos que sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico (FAO, 2001). Son sistemas de producción agrícola orientados a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva y ciclos naturales en una forma constructiva que promueve la vida, mejora y extiende los ciclos biológicos dentro del sistema agrícola incluyendo microorganismos, flora, fauna, mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo, promueve el uso sano y apropiado del agua, controla plagas y enfermedades sin el uso de químicos industriales (NOM – 037 FITO - 1995).

La agricultura orgánica también se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas especiales: Aplicación de compostas, abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y funguicidas a base de plantas y minerales. La agricultura orgánica en México es el subsector agrícola más dinámico pues ha aumentado su superficie de 23 000 ha en 1996 a más de 102 000 al mes de Octubre del año 2000 (Gómez, 2001).

Los sistemas orgánicos tienen el potencial para abastecer con cantidades adecuadas de N disponible para cubrir las demandas a partir de residuos de cosecha pero hay que considerar que los residuos de cosecha producidos orgánicamente tienden a tener bajos contenidos de N y tasas de mineralización (Berry y col., 2006).

Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos.

La textura de los suelos, originan estructuras diferentes en cuanto a porosidad y agregación, que dan lugar a posibles problemas de: endurecimiento, aireación, capacidad de retención hídrica, permeabilidad, etc. (Lacasta y Meco 2005).

La respuesta de los microorganismos del suelo a los cambios que ocurren en el mismo es en cierto sentido multimodal, observándose que sus poblaciones se ven afectadas por el tipo de suelo, las especies de plantas existentes, las distintas estaciones climáticas y el tipo de manejo del suelo (Wieland y col., 2001).

El principal efecto del laboreo del suelo en la actividad microbiana se debe a los cambios en el estado de aireación del suelo. En los suelos labrados la difusión del oxígeno permite la actividad de los organismos a una profundidad mayor que en los suelos no labrados (López Fando y Bello, 1997).

Un ecosistema como el suelo depende del ciclo de nutrientes y de la disponibilidad de energía, la energía no se puede crear dentro del sistema

porque, independientemente de la eficacia del sistema, siempre habrá pérdidas. Sin una fuente externa, el sistema se detendría. Desde una perspectiva global, toda la energía que necesitan los ecosistemas viene del sol. En el sistema suelo-planta, las plantas son las captadoras de la energía solar y la almacena en forma de compuestos orgánicos (carbono). En un sistema agrícola, la principal fuente de energía son los residuos de los cultivos (Lampkin, 1998).

El estudio de algunos parámetros biológicos de los suelos, como la biomasa microbiana y su actividad respiratoria, pueden servir como bioindicadores a los cambios que están ocurriendo sobre la materia orgánica (Ceccanti y García, 1994) y sobre el estado ecológico de los suelos.

Efecto de la fertilización química y organo mineral sobre la producción de canola en secano bajo labranza reducida en Michoacán, México.

México es un país con graves problemas de erosión; 80% de su territorio muestra algún grado de erosión y en el 42% de los suelos se ha perdido de 25% a 75% de su capa superficial (Anaya, 1989).

Las características topográficas y la intensidad de las lluvias que predominan en el país caracterizan un alto riesgo de erosión (Zuñiga y col., 1993).

La pérdida de suelo existe en todos los estados de la Republica Mexicana, donde Tlaxcala ocupa el primer lugar con una pérdida de suelo del 74%, mientras que Baja California Sur se encuentra en el último lugar con el 4,5%; Michoacán esta en el puesto 13 con una pérdida del 55% (Ramos, 2007).

En el centro noreste del estado de Michoacán se ubica la Meseta Purhépecha, constituida por 17 municipios entre los que se encuentra Nahuatzen y abarca una superficie de 481 711 has, la cual, representa el 8% de la superficie estatal. En las partes altas (hasta 3340 msnm) el clima es semifrío sub húmedo y en las partes bajas (1800 msnm) el clima es húmedo y sub húmedo, con una precipitación que va desde 1000 a 1500 mm anuales y un rango de temperaturas media de 12° C a 18° C (Astier, 2007).

En esta región el deterioro ecológico provocado por la agricultura tiene diversas causas: 1) manejo inadecuado de los recursos naturales: bosques degradados e incendios forestales (Lemus, 2007).

La suma de todos estos factores limitan la producción de los cultivos, sobre todo del maíz, obteniéndose un rendimiento medio de 1800 kg ha⁻¹, el cual no garantiza la satisfacción de las necesidades económicas del productor y su familia (Tapia y col., 2002).

Para mantener la productividad y sustentabilidad de los sistemas agrícolas es importante comprender también el papel del silicio en el suelo y en el cultivo (Quero, 2006b).

La labranza de conservación y el uso de fertilizantes de origen orgánico, se han promovido como una alternativa viable para contribuir a revertir la degradación de los recursos naturales (Roberts, 2002) y al cultivo de canola para ayudar a incrementar la biodiversidad. Estas actividades agrícolas se lograrán con un manejo apropiado de suelos, cultivo, nutrimentos, humedad y biomasa microbiana, tendientes a fomentar el desarrollo de una agricultura sostenible en la región (Bocco y col., 2000).

Los resultados experimentales han mostrado las ventajas significativas de la labranza de conservación sobre la labranza convencional. Bajo condiciones de ladera y andosoles se encontró en los primeros años diferencias de 400% mayor erosión en labranza convencional comparada con labranza de conservación (Tiscareño y col., 1997).

En la cuenca hidrográfica de Pátzcuaro, Michoacán se midió una pérdida de nitrógeno por ciclo en el cultivo de maíz 2,5 más alta con labranza convencional que con labranza de conservación (Velásquez y col., 1997).

A medida que se continúa aplicando la labranza de conservación, la tendencia es aumentar aún más la protección del suelo (Osuna, 1997; Velásquez y col., 1997).

La fertilización es un producto con bajo margen de ganancia para los productores; además, su adquisición se limita por los altos costo y esto trae como consecuencia aplicaciones de dosis inadecuadas; lo que implica menor rendimiento y menor ganancia (Olarde-Ortiz y col., 2000)

El silicio es el segundo elemento más abundante en la tierra con un 27,7%, después del oxígeno y es también abundante en la mayoría de los suelos (Datnoff y col., 1997).

En la naturaleza se encuentran formas biogeoquímicas activas de silicio como: monómeros, ortosilícico, H_4SiO_4 y metasilícico, H_2SiO_3 , dímeros, trímeros, polímeros, coloides, agregados coloidales y el silicio amorfo, adicionalmente, con la acción de agentes abióticos, temperatura, lluvia y el CO_2 disuelto en el agua en la forma de ácido carbónico (H_2CO_3/CO_2), actúan sobre los minerales arcillosos y liberan el ácido silícico a una concentración de 1 a 50 $mg\ kg^{-1}$, al mismo tiempo liberan elementos minerales, formándose silicatos de calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro, incrementando grandemente la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y el pH del

suelo se torna básico. En estas condiciones de pH y capacidad de intercambio catiónico los suelos son altamente productivos (Quero, 2006a).

Los tricomas son importantes para la liberación de compuestos con actividad fungicida e insecticida (Quero, 2006c Marschner (1995) y Quero (2006b), menciona que este elemento controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales, incrementa la resistencia de la planta al estrés abiótico (alta y baja temperatura, viento, alta concentración de sales, metales pesados y aluminio) y biótico (insectos, hongos, enfermedades).

Los niveles de silicio en el suelo se mejoran con la aplicación de compostas (ganaderas), ya que aportan de 40 a 60 kg·t de silicio, además de nitrógeno, potasio y carbono; con la aplicación de fertilizantes minerales de nueva generación como el Silifertidol y Fosfosilidol se aporta de 90 a 150 kilos de silicio por tonelada de producto, lo que supera al 4% de silicio que contienen los esquilmos agrícolas (Quero, 2006b).

El Silifertidol es un fertilizante mineral compuesto por carbonato de calcio, carbonato de magnesio y bióxido de silicio; mientras que, el Fosfosilidol, además de estos compuestos contiene fósforo. Estos fertilizantes por su origen natural y dado que no son productos desarrollados químicamente son aceptados como fertilizantes orgánicos (DAMSA, 2006).

El ácido ortosilícico será asimilado por la planta a través del sistema radicular, para satisfacer las demandas del cultivo, que en promedio son similares a las de potasio y nitrógeno, para los cultivos de arroz, caña de azúcar y papa (Quero, 2006b).

Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar.

El rendimiento promedio obtenido es de 53t·ha⁻¹ de caña de azúcar, el cual resulta bajo comparado con la media nacional de 70t·ha⁻¹ para la zafra 2000/2001. Las posibles causas de este bajo rendimiento son el empobrecimiento del suelo, ya que los nutrimentos esenciales han estado sujetos a extracciones por los tallos que se llevan al molino y por la quema de los residuos en el campo. En el caso de la fertilización únicamente se ha enfocado a suministrar los nutrientes primarios N, P y K, en dosis que se consideran bajas (Salgado y col.,2000).

La caña de azúcar es un cultivo que requiere del uso intensivo de maquinaria agrícola, la cual tiende a modificar las características físicas del terreno (Braunack y col., 1993; Hammad y Dawelbeir, 2001; McGarry y col., 1997).

En tal sentido, la densidad aparente tiende a aumentar, lo que reduce el espacio poroso y, por consecuencia, la aireación, el intercambio gaseoso, el drenaje del suelo y aumenta la resistencia de penetración de las raíces al suelo (Monteith y Banath, 1965).

Fertilización nitro-fosfórica en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* brote de riego en Irapuato, Guanajuato, México.

Se considera un cultivo hortícola de gran importancia en México; en 1997 el área sembrada con esta hortaliza fue de más de 35,000 ha con un rendimiento promedio de arriba de 11 ton/ha (SAGAR, 1997).

Este cultivo se produce en todas las entidades de la República Mexicana; Puebla es el principal estado productor, seguido de Jalisco, Edo. de México, Sinaloa, Morelos y Michoacán (SAGAR, 1997; INIFAP, 1998).

El estado de Guanajuato es uno de los principales productores de tomate de cáscara en el país, ya que en 1997 se sembraron 1,480 ha (SAGAR, 1997).

genera ingresos al productor ya que el precio medio rural puede variar de \$2,473.00 a \$5,483/to y emplea 200 jornales por hectárea por ciclo, ocasionando una fuerte actividad económica por la mano de obra que emplea (Durán y col., 1989).

En la década de los ochentas pasó a ser de los 10 cultivos olerícolas más importantes, en tanto que en los noventa su cultivo se extendió prácticamente a todo el país, ya que para 1997 se informó que fue cultivado en los 32 estados del país (SAGAR, 1997; Peña y Santiaguillo, 1998).

Otra razón del incremento en la superficie cultivada con tomate de cáscara es que a partir de los ochentas se ha estado exportando tanto fresco como industrializado a los Estados Unidos de Norteamérica (Gómez y col., 1991; Montes y Aguirre, 1992).

Se conoce que en los suelos que se cultivan de manera intensiva, sobre todo si se siembran continuamente plantas que requieren nitrógeno y fósforo en abundancia, es necesario realizar una óptima fertilización que compense los nutrientes que las plantas requieran tanto para su desarrollo como para alcanzar buenos niveles de producción, de tal manera que hagan más rentables los cultivos (Domínguez, 1973).

La fertilización en tomate de cáscara en México, existen diferencias al considerar las dosis a emplear, pues mientras que SARH-INIA-CIAB-CAEB (1983) y Arroyo (1991) recomiendan fertilizar con 120 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo, para los estados de Guanajuato y Guerrero, respectivamente;

Peña (1994) menciona que la dosis a emplear depende fundamentalmente del tipo de suelo, e indica que el tratamiento 180-90-30 es adecuado para tomate de cáscara en suelos de tipo migajón limoso, mientras que si los suelos son más pobres se debe aplicar más fertilizante.

Aplicación de ácido sulfúrico en el riego corrige la clorosis ferrica de los cultivos en suelos calcáreos.

En suelos de origen calcáreos y reacción alcalina (pH 7.3 a 8.5) la mayoría de las especies que en ellos se cultivan presentan el grave problema de clorosis, fenómeno que es provocado por la baja disponibilidad de algún micro elemento. Las clorosis más comunes son la férrica y de zinc.

La importancia de los elementos hierro y zinc en la fisiología y desarrollo de los cultivos ha sido ampliamente estudiada; Watanabe y *col.* (1965), Salisbury y *col.* (1969), Clarkson y *col.* (1980), Mengel y Kirkby (1987) y Black (1993) detallan las funciones y procesos metabólicos, enzimáticos y nutrimentales en donde intervienen estos elementos resaltando su esencialidad para lograr óptimo desarrollo y producción de los cultivos. Se señala que de 50 % a 60 % del territorio de México, posee características potenciales para que se manifieste este tipo de clorosis, aunque no se ha cuantificado con exactitud la magnitud del problema (Amparano, 1973).

En las áreas agrícolas del norte se han detectado disminuciones de rendimiento de hasta 80 % en cultivos de soya, sorgo, maíz, cacahuate, nogal y papa, llegando en algunos casos al extremo de tener que abandonar extensas áreas productivas por causa indicada y/o sembrar cultivos tolerantes como chile, alfalfa, etc. (Lee y Lerma, 1991).

Entre los factores que intervienen se han señalado: altos contenidos de carbonato y bicarbonato solubles, pH elevado, exceso de humedad, alto contenido de elementos pesados y antagonismo con otros elementos (Wallace y *col.*, 1974; Brown y Jones, 1975; Wallace, 1978; Wallace y Muller, 1978; Patil, 1980; Brown y Holmes, 1995).

La solución de genotipos con habilidad natural para obtener hierro y zinc de soluciones de suelo con bajos niveles de estos elementos ha tenido cierto éxito (Brown y *col.*, 1972; Mikesell y *col.*, 1973; García, 1980; Niebur y Fehr, 1981), y ofrece una alternativa de solución económica a largo plazo.

Prácticas agronómicas, se refiere al empleo de medios físicos, tales como pre-inundación del suelo para incrementar la actividad microbiana y crear condiciones de reducción temporal que contribuyan a aumentar la solubilidad

de los elementos trazas (Lucas y Knezer, 1972; Longoria, 1973; García, 1978); Las aplicaciones de soluciones que contienen hierro y zinc han sido una de las estrategias más comunes para corregir las deficiencias de estos elementos. Soluciones de sulfato ferroso de 2 a 12 % y de sulfato de zinc de 1 a 5 % asperjando con una frecuencia de dos a 10 aplicaciones por ciclo, dependiendo de la severidad de la deficiencia y tipo de cultivo, son recomendadas para este fin (Juárez y col., 1972).

La concentración de la solución y la oportunidad de aplicación deben observarse cuidadosamente para evitar quemaduras y lograr la máxima eficiencia (Uvalle, 1982; Galván, 1985; Mengel y Kirkby, 1987).

Aunque las aplicaciones foliares corrigen o reducen las deficiencias, no solucionan el problema en su origen. Más aún se ha detectado que al transcurrir el tiempo de uso de tales soluciones, es necesario aumentar su concentración y número de aplicaciones, sin que se lleguen a corregir satisfactoriamente las deficiencias (Juárez y col., 1972).

Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular laproducción agrícola y mejorar los suelos.

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 micronutrientes 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).

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 y col., 1990; Crouch y Van Staden, 1992).

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

Fox y Cameron (1961) y López y col. (1995) mencionan que, al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen

refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor). las microalgas cianofitas que los extractos de algas conllevan, ya sea que se apliquen foliarmente o al suelo, fijan el nitrógeno del aire aún en las no leguminosas (Martínez y Salomon, 1995).

Al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles que las enzimas de los seres vivos que en él habitan e inclusive las raíces no son capaces de hacer en forma notoria de tal manera que, al reaccionar con las arcillas silíceas o las arcillas de hidróxidos más arena, actúan del 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 (Reyes, 1993).

En los carbonatos libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular las arcillas silíceas, descompactándolo; todo, en formapaulatina, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor (Blunden, 1973; Kluger, 1984; Reyes, 1993).

Suelos arcillosos de la zona oriente del estado de México.

Tierras de barro y tierras cacahuatudas son términos que los campesinos utilizan para identificar a los suelos arcillosos de la zona oriente del estado de México (Luna, 1982).

Las tierras de barro se ubican a las orillas del ex lago de Texcoco, forman grietas y presentan agregados de consistencia firme, son pegajosas y chiclosas (Luna, 1982). Estos suelos son apreciados por los campesinos por su alta productividad cuando están bajo riego, alcanzando rendimientos de maíz en grano de aproximadamente $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Gutiérrez, 1997).

Las tierras cacahuatudas se encuentran en la parte central del ex lago de Texcoco, cuando secas forman agregados con una consistencia dura, se agrietan y no guardan humedad; en campo se reconocen por el ruido que se produce al caminar sobre los agregados secos, el cual se asemeja al crujir de cacahuates (Luna, 1980,1982).

La presencia de agregados fuertemente desarrollados, fuerte resistencia a la destrucción, además de la formación de costras gruesas que evitan la emergencia de las plántulas, son problemas que influyen para que estos suelos sean abandonados por los productores debido al trabajo que implica labrarlos y a la baja productividad que tienen como resultado de la pobre germinación (Gutiérrez y Ortiz-Solorio,1999).

Gutiérrez y Ortiz-Solorio (1999) reportan que las tierras cacahuatudas son de origen lacustre y las de barro de origen aluvial; aunque no mencionan las razones por las cuales se comportan de diferente manera a pesar de que ambas clases de tierras están compuestas por sedimentos finos.

Gutiérrez y Ortiz-Solorio (1992) establecen que los agregados en tierras cacahuatudas están cementados por arcillas esmectíticas y sílice amorfa. Además, Gutiérrez (1997) plantea hipotéticamente que el origen del material amorfo está directamente relacionado con la influencia lacustre. Gutiérrez (1997) señala que los suelos de ambas clases de tierras se caracterizan por presentar porcentajes de arcilla superiores a 30%; lo cual no concuerda con el alto porcentaje de partículas limosas (> 48) en las tierras cacahuatudas.

Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo.

La superficie agrícola nacional bajo riego varía de 5.5 a 6 millones de ha (SAGAR, 1996, 1997). De esta superficie, 38% corresponde a Vertisoles (Ortiz y Ortiz, 1990).

En estos suelos, la labranza convencional, sin incorporación de residuos, ha propiciado que el contenido de materia orgánica disminuya a valores menores que 2% (Crovetto, 1996; SAGAR-INIFAP, 1996).

Este bajo contenido de materia orgánica es una de las principales causas de la degradación del suelo, reflejada en baja fertilidad, erosión, encostramiento, compactación y dificultad de manejo. La labranza convencional propicia, además, un constante tráfico de maquinaria, lo cual aumenta la compactación del suelo (Karlen y col., 1990), y se requiere más laboreo del suelo a medida que transcurre el tiempo, diferentes modalidades de labranza de conservación a largo plazo, que además incluyan leguminosas en rotación, se han sugerido como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, biológica y química del suelo. Estos sistemas permitirán incrementar los valores de materia orgánica, N y C orgánicos, así como la biomasa microbiana, dando como resultado, a través del tiempo, una mejor condición de fertilidad y agregación en los suelos (Follett y col., 1987; Stewart y col., 1987; Barreto, 1989; Poulton y col., 1996).

Asimismo, se consigue mayor captación, disponibilidad y eficiencia del agua por los cultivos (Bolaños, 1989), menor compactación en el perfil del suelo a largo plazo, mayor estabilidad estructural y mejor condición de porosidad (Karlen y col., 1990) y, finalmente, menor costo de producción y mayor rentabilidad de los cultivos.

Uno de los aspectos más señalados como limitativos al inicio del establecimiento de la labranza de conservación, ha sido la compactación superficial del suelo (Barreto, 1989), relacionada con los cambios en las propiedades físicas.

En la literatura se reporta que la labranza cero, en muchos casos, presenta una mayor compactación en los primeros 15 cm de profundidad (Osuna, 1987; Grajeda, 1988; Bolaños, 1989; Laffite, 1989; Potter y Chichester, 1993; Vidal, 1994; Bravo y Andreu, 1995), lo cual dificulta la colocación de la semilla en la siembra y, por lo tanto, el establecimiento inicial del cultivo; en ocasiones se notan plantas que germinan muy superficialmente y que, en poco tiempo, manifiestan déficit hídrico (Mora, 1996).

Por otro lado, se ha atribuido a la labranza de conservación mayor conservación de la humedad del suelo (Bolaños, 1989), aspecto de mucha importancia en las áreas de riego donde los problemas de descenso en los mantos acuíferos son cada vez mayores.

Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos.

El análisis mecánico indica la proporción de partículas primarias de los suelos acorde con su tamaño y es una determinación básica en muchos laboratorios. Este análisis permite tener acceso a información cualitativa y cuantitativa, sobre otras propiedades físicas importantes que influyen en el manejo del suelo y el agua, como la humedad a capacidad de campo (CC), la humedad equivalente, el punto de saturación (Ps), el punto de marchitez permanente (PMP) y la densidad aparente (Da), (Lugo-López, 1953; Baver, 1966; Valdivia y Pina, 1980) o bien, en la estimación de curvas de retención de humedad (Palacios y Jaspeado, 1980).

La estimación de las "constantes" de humedad y la densidad aparente puede llevar a cálculos erróneos, como puede ser el caso del cálculo de las láminas de riego, que provocarán el desperdicio o deficiencia de agua en los cultivos (García, 1973; González y col., 1974; Palacios, 1979).

Otro uso del análisis mecánico es la estimación de la conductividad hidráulica (Ordaz y Gallegos, 1990), la adaptación de especies (Ortíz y Ortíz Villanueva, 1990), además de permitir calcular la infiltración básica e inclusive estimar el potencial productivo (Gupta y Padmaraju, 1994).

La determinación de la textura tiene especial importancia en el estudio de la morfología, la génesis y la clasificación de los suelos (Buol y col., 1971).

Las partículas resultantes indudablemente reaccionan física y químicamente, como partículas menores que sus predecesoras, cosa que no sucede en la

naturaleza y, por lo tanto, proporcionará datos alterados. Tal es el efecto de este y el de otros agentes cementantes, como son la materia orgánica, arcilla coloidal, y los sesquióxidos de hierro y aluminio (Baver, 1966).

En forma relativamente reciente, la Sociedad Veracruzana para el Conocimiento de los Suelos observó divergencias notables en el análisis mecánico de un suelo considerado franco al tacto, pero varios laboratorios lo identificaron con sus métodos rutinarios como: franco, migajón arcillo arenoso y arcilloso (León-Arteta, 1995).

Por otra parte, en los suelos cafetaleros de Colombia, la determinación se hace al tacto (CENICAFE, s/f). Dichas propuestas se contraponen a la mayor precisión de la pipeta en la investigación (Day, 1965a; Ordaz y Gallegos, 1990) y del método de Bouyoucos modificado por Day (1965b), al cual se hará referencia como Bouyoucos-Day para laboratorios de servicio.

En los laboratorios se realizan algunos tratamientos previos a la dispersión, como el uso del agua oxigenada H_2O_2 para disminuir el efecto cementante de la materia orgánica, el cual utilizó Day (1965a) y lo propuso para todos los suelos. En los Andepts, Espinoza (1969) recomendó eliminar el alófano con un tratamiento de citrato y ditionito, este autor consideró que el alófano provoca la floculación de las partículas finas del suelo.

Al evaluar las metodologías rutinarias de análisis mecánico de suelos, utilizadas por laboratorios, surgió la inquietud de revisar los supuestos que las sostienen. Entre las que sobresalen, considerar como ciertos los supuestos de la Ley de Stokes, los cuales pueden provocar errores en la determinación y éstos aumentan cuando no se produce una dispersión y cuantificación adecuada de las partículas primarias (Baver, 1966).

Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz.

Durante la Revolución Verde en México, la práctica general sobre la fertilización al suelo se concentraba en aplicar fertilizantes químicos de nitrógeno y fósforo, marginando a los abonos orgánicos, que fueron la base y sustento de la agricultura por siglos (Arredondo, 1996).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero y col., 2000).

El valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (15n).

En México, el uso de fertilizantes químicos se inició a principios del siglo pasado y la producción de los mismos en 1915 (Reyes-Castañeda, 1981). La utilización de fertilizantes sólidos es mayor que el uso de líquidos y gases (FERTINAL, 1994) estas últimas fuentes se utilizan en zonas más tecnificadas, como el Bajío-Guanajuato, valle de Sinaloa y valle del Yaqui-Sonora.

Otras zonas agrícolas de gran importancia por el tipo de cultivo, como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), que se produce en el trópico húmedo en Tabasco, donde el uso de fertilizantes es parte esencial en los sistemas de producción (SARH, 1991).

El Bajío, considerada una de las zonas más productoras, tanto por el número de especies que se cultivan como por la superficie (5×10^5 ha), e importancia que ocupan algunas de ellas, ya que, con sólo 4.73% de la superficie nacional cultivada, contribuye con 6.16% al ingreso agrícola. Esta región constituye una de las principales entidades productoras de granos y hortalizas, así como exportadora de las mismas (Etchevers-Barra, 1996).

En El Bajío se utiliza aproximadamente 15% (1.5×10^5 Mg N) del total de fertilizantes N distribuidos en el país (Peña-Cabriales y Grageda-Cabrera, 1997).

El aporte de nitrógeno proveniente de fertilizantes químicos (época, fuente y forma), abonos verdes, lodos y estiércoles, en los cultivos de importancia agrícola, pues permiten medir la cantidad de nutrimento que la planta está tomando de las diferentes fuentes evaluadas (Bowen y Zapata, 1990; Zapata, 1990).

Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas.

La Comarca Lagunera es una región donde existe una gran actividad pecuaria, cada año se producen 560 935 Mg de estiércol (Castellanos, 1982)

En 1998, el cultivo del algodón ocupó el tercer lugar en superficie cosechada con 17 759 ha y el primer lugar en valor de producción con 348 147 800 pesos mexicanos que equivalió a 38% del valor total de producción de los cultivos anuales de ciclo primavera-verano (P-V).

Esta especie posee un gene que se obtiene de una bacteria llamada *Bacillus thuringiensis* (Bt), que produce una proteína (endotoxina) la cual es tóxica a las principales plagas del algodón-complejo gusano bellotero y gusano rosado, por lo que no hay necesidad de hacer aplicaciones de insecticidas contra esas plagas (Gasser y Fraley, 1989; Gill y col., 1992).

Sin embargo, la producción de esta toxina depende de la fertilización nitrogenada (Carlson, 1990).

La endotoxina es una proteína (Gill y col., 1992) y como toda proteína, su síntesis y contenido depende de la edad de la planta (Greenplate y col., 1998), es mayor su contenido durante las etapas fenológicas fisiológicamente activas que al final del ciclo del cultivo.

Es importante mencionar que el sistema actual de producción del algodón se caracteriza por hacer uso de una gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas; la importancia entonces del algodón transgénico radica en el hecho de que contribuye a que el sistema de producción del algodón sea sustentable, al menos en la parcial o total reducción de la aplicación de insecticidas (McBride, 1998).

El uso indiscriminado de los fertilizantes minerales ha tenido como consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, reducción en el contenido de materia orgánica, además de la obtención de productos agrícolas con cantidades excesivas de nitratos debido a las concentraciones altas de nitrógeno aplicadas en muchos casos (Castellanos y col., 1996).

Una de las maneras de mejorar estas condiciones es añadirle al suelo nutrientes en forma natural para incrementar la productividad, mediante la aplicación de abonos orgánicos (Santamaría y col., 2001). Esto implica que la fertilización orgánica es considerada como una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los fertilizantes (Romero y col., 2000).

Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza.

La avena es el segundo cultivo forrajero de mayor importancia en la Comarca Lagunera, de los que se siembran en otoño-invierno año con año. Durante

los últimos años, se han establecido en promedio más de 5337 ha año⁻¹ en la región (SAGAR, 1999a).

Olson y Senjem (1996) definieron a la labranza como la manipulación física del suelo con el fin de lograr las condiciones óptimas de desarrollo para los cultivos.

Castellanos y Peña-Cabriales (1990) mencionaron que el uso indiscriminado de estas operaciones ha provocado que en algunas ocasiones el agua subterránea se contamine con nitratos, los cuales pueden ser lixiviados a través del suelo y penetrar en los mantos freáticos y aguas subterráneas.

En relación con la fertilización en sistemas de labranza mínima, Johnson (1995) señaló que ésta puede ser complicada por dos factores: la nula incorporación del fertilizante por la acción de la labranza y la acumulación de materia orgánica y residuos de cosecha sobre la superficie del suelo,

Eck y Jones (1992) realizaron estudios de labranza en un suelo de Clovis, Nuevo México (EE. UU.) y determinaron que la labranza afectó de manera significativa a la acumulación de nitrógeno en los residuos de trigo y encontraron que la acumulación de NO₃-N en profundidades de 1 cm en labranza mínima fue de 37 mg kg⁻¹ y de 20 mg kg⁻¹ en labranza cero.

Linn y Doran (1984) encontraron que el nitrógeno retenido con el sistema de cero labranza puede ser utilizado por la cosecha posterior o potencialmente lixiviarse durante un período de barbecho y determinaron que la nitrificación más alta es en los primeros 5 cm con labranza mínima, comparados con labranza convencional, pero lo inverso ocurrió a bajas profundidades; la cantidad total de nitrificación después de 21 cm no fue estadísticamente significativa entre tratamientos.

(O'Leary y *col.*, 1997) mencionaron que la mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo juega un papel muy importante en el ciclo total del nitrógeno, ya que convierte el amoníaco a la forma de nitrato, el cual es un ion más fácilmente asimilado por las plantas. La vía más probable de contaminación es el uso de fertilizantes nitrogenados en las tierras de cultivo o de desechos orgánicos de origen animal; estos últimos en exceso, ya que en esta región se localiza una de las cuencas lecheras más importantes de México y, por lo tanto, en esta región se genera un mayor desecho de estiércol, ya que, de acuerdo con datos de la SAGAR (1999b), hay más de 750 000 cabezas de ganado bovino en existencia.

Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar.

Para producir una tonelada de tallos molederos, el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) requiere de 1.2 kg de N, 0.7 kg de P y 3.0 kg de K, por lo cual es considerado extractivo, y con estos nutrimentos la dosis de fertilización recomendada por el Ingenio Pdte. Benito Juárez (120-60-60) es insuficiente para satisfacer sus requerimientos en esta región (Salgado y col.,2000); además, se ha detectado que sólo 30% del N del fertilizante es utilizado por el cultivo de la caña de azúcar (Salgado y col.,2001b).

La agroindustria de la caña de azúcar en Tabasco genera 40 500 t año⁻¹ de cachaza, cuyo material orgánico de color pardo oscuro proviene de la filtración y del lavado de los lodos sedimentados (tierra, ceras y raíces) del proceso de clarificación de los jugos de caña (Salgado y col.,2001a).

La cachaza representa un problema en los ingenios por las grandes áreas que se requieren para su almacenamiento, además, genera mal olor y, en muchas ocasiones, es un foco de infección y un riesgo para la conservación del ambiente (Salgado y col., 2001a)

En diversas regiones cañeras del mundo, como Cuba, Brasil y México, la cachaza se ha utilizado en la fertilización del cultivo de caña con resultados prometedores y los incrementos en el rendimiento de caña son debidos a los cambios favorables en las propiedades físicas y químicas del suelo (Aso y Bustos, 1991).

Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate.

Los valles agrícolas del noroeste y centro de México se caracterizan por usar técnicas agrícolas modernas que consisten en emplear fertirriego por goteo, acolchados plásticos al suelo y dosis excesivas de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos.

El uso excesivo de estos fertilizantes puede provocar, además de un aumento en los costos de producción, desbalances nutricionales en los cultivos y problemas de contaminación ambiental (Villarreal-Romero y col.,1999) mientras que el acolchado plástico del suelo tiene repercusiones negativas, porque induce a la degradación biológica del suelo, causa de la actual proliferación de enfermedades radicales en los cultivos hortícolas (Brouse y col.,2006).

En la agricultura moderna altamente tecnificada es común el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, destacando los nitrogenados, fosforados y potásicos. Estos fertilizantes, al aplicarlos en dosis superiores a los requerimientos de los cultivos, conducen a una baja eficiencia en su utilización y a un impacto adverso en el ambiente (Keeney, 1982; Peña-

Cabriales y *col.*,2001), como la contaminación de la atmósfera (Ramanathan y *col.*,1985), los suelos (Castellanos y Peña-Cabriales,1990) y los mantos acuíferos, así como la eutrofización de aguas superficiales (Gilliam y *col.*,1985).

Este uso excesivo de fertilizantes químicos también puede provocar desbalances nutricionales en los cultivos hortícolas y bajo rendimiento y calidad de los frutos cosechados (Maynard y *col.*,1976; Engels y Marschner 1995).

El uso indiscriminado de agroquímicos produce degradación física, química y biológica del suelo, debido a la disminución del contenido de materia orgánica, la acumulación residual de sales solubles y la reducción de su población microbiana (Volke y *col.*,1993; Crovetto, 1996).

El uso de fertilizante nitrogenado en exceso a los requerimientos de los cultivos provoca altas emisiones de NO₂ hacia la atmósfera, lo cual contribuye al efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono. Estas emisiones pueden reducirse mediante el uso de prácticas apropiadas de fertilización y de sistemas de producción que incluyan la conservación en el suelo de residuos de los cultivos (Baggs y *col.*, 2003).

Las áreas hortícolas de México en el noroeste y centro, no es común el uso de abonos orgánicos como fuente de nutrimentos para los cultivos; por el contrario, los productores hortícolas eliminan la materia orgánica residual y dejan el suelo desnudo o lo cubren con plástico para controlar malezas y patógenos. Estas prácticas conducen a la degradación del suelo en sus propiedades físicas y biológicas (Juo y *col.*, 1995).

Una alternativa para abatir la problemática anterior es impulsar prácticas agrícolas que fomenten la agricultura sustentable mediante el uso racional de los fertilizantes y el control de la fertilidad del suelo a través del reciclaje de nutrimentos, minimizando así sus pérdidas.

El uso de leguminosas sembradas en rotación de cultivos, como el tomate, ya sea como acolchado vegetal o como abono verde (Abdul-Baky y Teasdale, 1993; Herrero y *col.*, 2001) es una solución alternativa para disminuir el uso excesivo de fertilizantes y sus consecuencias adversas.

El uso de leguminosas como cultivo de cobertura o abono verde aumenta la fertilidad y la productividad de la tierra de cultivo, de mediano a corto plazo, mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y el aporte de materia orgánica al suelo, y beneficia la nutrición del cultivo subsiguiente (Muraoka y *col.*, 2002; Mayer y *col.*, 2003).

Las leguminosas, como cultivo de cobertura, aumentan la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, reducen la competencia de malezas (Sloderbeck y Edwards, 1979), rompen los ciclos de plagas y enfermedades, y disminuyen el empleo de nitrógeno sintético en los cultivos

incluidos en la rotación (Greenland, 1977; Pool y col., 1998). *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* son dos especies de leguminosas que se han utilizado con éxito para mejorar la fertilidad del suelo (abono verde), controlar malezas y patógenos del suelo, y como cultivo de cobertura del suelo (Abawi y Thurston, 1994; Muraoka y col., 2002) *Mucuna pruriens* es una planta anual, rastrera y trepadora. Es originaria de las regiones tropicales de África y la India. Sus semillas tienen alto contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, fibra y minerales. *Clitoriaternatea* es una planta anual, trepadora, de crecimiento erecto y de hojas pinadas, con cinco a nueve foliolos. Probablemente, originaria de América Central (Stone, 1970). *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* se han cultivado en México con el propósito de obtener forraje de buena calidad para el ganado (INIFAP-CIRNO, 2001) y como cultivos de cobertura en agricultura de temporal (González-Chavez y col., 1990).

Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad

El nitrógeno con frecuencia es el nutrimento limitante en los agroecosistemas, por ello se aplica en altas cantidades en cultivos como la fresa, en el que los agricultores con el propósito de obtener altos rendimientos y por carecer de información técnica sobre el uso y manejo de los fertilizantes nitrogenados, aplican dosis superiores a 600 kg de N ha⁻¹ (Cárdenas y col., 2004).

Monroy y col. (2002), el cultivo de la fresa en riego por gravedad tiene una eficiencia en el uso de nitrógeno de 17%. Johnson y Raun (2003), indican que en trigo la eficiencia en el uso de nitrógeno fue de 49% con 22.4 kg de N ha⁻¹ y decreció a 34% con 112 kg de N ha⁻¹.

Para maíz estos mismos autores reportan una eficiencia de 34.6% con 90 kg de N ha⁻¹ la cual decreció a 18.3% con 270 kg de N ha⁻¹. Por su parte Ramos y col. (2002), encontraron para tomate de cáscara, valores de 233.3 kg de fruto kg de N aplicado y una recuperación relativa de N de 67.47% aplicando 80 kg de N ha⁻¹ en riego por goteo. En ajo, Mohammad y Zuraiqi (2003), reportan una eficiencia en el uso de nitrógeno de 29.43% con 30 kg de N ha⁻¹ en riego por goteo.

Se estima que este sistema comparado con el riego por gravedad genera un ahorro de agua y fertilizante que puede ser de 80 y 60%, respectivamente (Haynes, 1985; Hochmuth, 1995; Hochmuth y Cordasco, 1999).

En California EE. UU. la mayoría de los cultivares son fertilizados con una dosis que varía entre 112 y 170 kg ha⁻¹ (Voth, 1991).

En Florida EE.UU. la mejor respuesta al nitrógeno en los cultivares Seascape, Oso Grande, y Sweet Charlie, se obtiene en el rango de 50 a 100 kg de N ha⁻¹ (Hochmuth y col., 1996).

En Carolina del Norte en EE. UU los requerimientos de unidades de nitrógeno que optimizan el rendimiento de fresa en el cultivar Chandler se ubican alrededor de 120 kg ha⁻¹ (Miner y col., 1997).

En España las cantidades totales de unidades de nitrógeno aplicadas al cultivo de fresa oscila entre 200 y 250 kg ha⁻¹ (Cadahia, 1998).

Efectos de labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa que ha formado parte importante de la dieta de muchos pueblos debido a su valor alimenticio. El consumo de frijol en el mundo no se ha generalizado como sucede con otros granos como el trigo o el maíz, sin embargo es un grano cuyo consumo se encuentra localizado en algunos países de América y África (ASERCA, 1997).

El grano de frijol contiene un 20-25 % de proteínas, 1,6 % de lípidos, aproximadamente un 60 % de carbohidratos. Además, minerales como calcio, fósforo y hierro, entre otros (SEP, 1991). En México, el frijol ocupa el segundo lugar en superficie de siembra, después del maíz (*Zea mays* L.) (Williams y col., 1995).

El frijol se considera una alternativa de producción dentro de una rotación de cultivos (gramínea-leguminosa) ya que reporta utilidades económicas y aporta nitrógeno al suelo (Díaz y Reyes, 1993).

En México se siembran aproximadamente 650 mil hectáreas con los sistemas de labranza de conservación, lo que representa el 3,25 % de la superficie cosechada (Claveran-Alonso y col., 2001).

El uso tradicional de fertilizantes químicos, trae consecuencias directas en la contaminación del suelo, subsuelo, agua y atmósfera (Peña y Grageda, 1997).

La fertilización biológica o «biofertilización» constituye una alternativa viable (Alarcón y Ferrera, 2000) que puede complementar o sustituir la fertilización química. Las micorrizas vesículo-arbusculares son hongos que han tenido un impacto como biofertilizantes en la agricultura (Sylvia, 1999; Alarcón y Ferrera, 2000).

Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum* ssp).

Calderón (2004), el promedio de producción de papa en Colombia se encuentra alrededor de las 17 ton ha⁻¹, lo cual es un rendimiento

bastante bajo, donde pesa mucho el hecho de que un 85% del cultivo se explota en condiciones de minifundio, con limitaciones de tipo económico y tecnológico; sin embargo es posible llegar a promedios de 40 ton ha⁻¹.

Se cultiva en suelos con características ándicas especiales debido a que tienen sus orígenes de materiales volcánicos los cuales son suelos de medio a alto contenido de materia orgánica, altamente fijadores de fosfatos, densidades aparentes bajas y de texturas francas a arcillosas, con presencia de arcillas amorfas (Alofana e Imogolita) con alta retención de agua y complejos Aluminio-Humus, estos suelos presentan una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de media a alta; sin embargo, muestran respuesta favorable a la aplicación de Fertilizantes fosfóricos y potásicos, secundarios y menores (Calderón, 2004).

La nutrición del cultivo de papa se concentra principalmente en la respuesta en rendimiento a la aplicación de NPK, y en ocasiones elementos como Ca, Mg y S (Porrás, 2005), lo mismo ocurre para micronutrientes como el B (Barrera, 1995).

La papa es el cultivo con mayor consumo de fertilizantes compuestos por unidad de superficie con dosis que oscilan entre 1.000 y 2.000 kg ha⁻¹, predominan las fuentes altas en P en las relaciones 1:3:1, 2:4:1 y en menor escala se utiliza la relación 1:2:2, las dosis utilizadas dependen de la altitud y se aumenta en la medida que ésta se incrementa (Barrera, 1995).

Para Wieczorek (1979), la mayoría de suelos en zonas donde se cultiva papa responden favorablemente a la aplicación de N y P (P₂O₅), obteniéndose los mayores rendimientos con dosis de 50 a 100 kg ha⁻¹ de N y entre 100 y 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ en zonas de alturas menores a 2.900 msnm.

Fassbender (1982), menciona que el B es un anión importante en la planta, y que el K, el Ca y el Mg son utilizados por la planta cuando presentan equilibrios con el complejo coloidal del suelo y toman forma catiónica en la solución del suelo. García y Pantoja (1998), encuentran que con 2 kg de B y 250 kg de sulfato de magnesio, incrementan hasta 44% el rendimiento sobre cultivos que no recibieron estos fertilizantes.

Lora(1978),citado por García y Pantoja (1998), en suelos de Cundinamarca con contenidos de 0,5 ppm, encontró respuesta positiva de la papa a la aplicación de B, no encontró respuesta cuando el suelo contenía 0,80 ppm y con contenidos de 1,50 ppm de B la respuesta tendía a ser negativa. Echevarria (2006), presenta los contenidos de macro y meso

nutrientes en tubérculos para un rendimiento de 50 ton de tubérculos frescos, donde la cantidad de N (150 kg) y K (219 kg) fueron muy elevados, en comparación con el P (35 kg), el Mg (12 kg) el S (12 Kg) y el Ca (10 Kg).

Según Muñoz (1998), los suelos de clima frío en Antioquia son de baja fertilidad, ya que presentan bajos contenidos de nutrimentos y desbalances nutricionales, donde según Rodríguez (1972), Barrera (1995), los suelos del Oriente Antioqueño se caracterizan por ser ácidos, ricos en materia orgánica, pobres en Ca y Mg y altos en Al y con relación favorable entre el encalamiento y la utilización de algunos de los elementos nutritivos, especialmente P.

Adsorción y mineralización de atrazina y relación con parámetros de suelos del dr 063 Guasave, Sinaloa

La superficie utilizada para la agricultura en México varía entre 20 y 25 millones de hectáreas, de las cuales aproximadamente 3.5 Mha corresponden a 85 Distritos de Riego (CONAGUA, 2007a).

Entre los diversos medios utilizados para el control de plagas y enfermedades que afectan la producción agrícola destacan los plaguicidas; en el año 2006 el consumo aparente de plaguicidas en México fue de 95,025 toneladas de las cuales el 47% correspondió a herbicidas (SENER, 2007) Atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina) es un herbicida ampliamente utilizado en zonas agrícolas de México; aproximadamente en 59% de los DR se aplica atrazina en dosis que van de 0.1 a 4 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Villada-Canela, 2006).

Pertenece al grupo de los herbicidas triazínicos y es usada para el control selectivo de malezas en cultivos de maíz y sorgo. En el DR 063 se ha aplicado una gran variedad de herbicidas, entre los cuales atrazina fue una de los más utilizados (SEMARNAP-IMTA, 2000).

Por ser un compuesto persistente, atrazina puede representar un riesgo para el ambiente y se asocia con riesgos para la salud, dado que se ha encontrado que llega a contaminar cuerpos de agua (Tappe y col., 2002; Gilliom y col., 2006). En agua, la atrazina se ha relacionado positivamente con cáncer de estómago (Van Leewen y col., 1999) y con afectación al sistema endocrino e inmune de ranas (Hayes y col., 2002; Brodtkin y col., 2007). Este herbicida fue introducido al mercado nacional en el año de 1975 (SAGARPA, 2007).

La atrazina aún no ha sido incluida en las guías ambientales y de salud, no se incluye en los programas de monitoreo de agua ni en los métodos analíticos rutinarios, por lo que se desconoce el destino ambiental de este

herbicida en México. Caso contrario a los plaguicidas organo clorados y organo fosforados, que se han detectado en agua, sedimentos y biota de ecosistemas costeros del estado de Sinaloa (Galindo–Reyes y *col.*, 1999; González–Fariás y *col.*, 2002).

Se ha encontrado cambios en diversos componentes del suelo, pueden favorecer o inhibir la adsorción y mineralización de atrazina en suelos: fertilizantes (Abdelhafid y *col.*, 2000; Blume y *col.*, 2004; Guillén–Garcés y *col.*, 2007), pH (Weber, 1993 y 1995; Honeycutt y Schabacker, 1994; Houot y *col.*, 2000; Tyess y *col.*, 2006) y contenido de arcillas y de materia orgánica (M.O.) (Ben–Hur y *col.*, 2003; Ling y *col.*, 2005).

(Li y *col.*, 1996; Socías–Viciano y *col.*, 1999; Krutz y *col.*, 2003; Dorado y *col.*, 2003; Coquet 2003; Drori y *col.*, 2005; Inoue y *col.*, 2006). González–Márquez (2005) reporta una vida media (tiempo requerido para que la concentración de atrazina se reduzca a la mitad de su concentración inicial) de atrazina de 120 d para una muestra de suelo del DR 063. Guillén–Garcés y *col.* (2007) reportan vidas medias en suelos superficiales que van de 4.5 a más de 35 d, mientras que Márquez–Pacheco (2009) reporta vidas medias entre 0.8 y 1.12 años en perfiles de suelo del DR 063. Estudios realizados por Villada–Canela (2006) sobre los procesos de migración de atrazina en suelos de este distrito, indican que existe un riesgo de contaminación del agua subterránea por aplicación del herbicida, debido principalmente a la persistencia de atrazina y la poca profundidad de la zona vadosa. La adsorción y la mineralización de atrazina son los principales procesos involucrados en la atenuación natural de plaguicidas en suelos.

Uso y manejo del estiércol en la productividad del nopal (*Opuntia spp.*)

México es el principal productor de tuna con una superficie aproximada de 49,000 ha y en nopalito con 10,000 ha, respectivamente (Flores y Gallegos, 1993 y 1994), reportándose además tres millones de hectáreas de nopaleras silvestres, cuya explotación se registra bajo métodos rústicos de aprovechamiento para diferentes propósitos (forraje principalmente, así como fruta y verdura).

Flores y Olvera (1994) la mayor parte de la superficie cultivada con nopal para verdura se localiza en el Distrito Federal (7500 ha) y en los estados de Morelos (450 ha), Puebla (400 ha), Michoacán (318 ha), Guanajuato (280), Baja California (150 ha), Jalisco (120 ha) y Oaxaca (100 ha), además del Estado de México, Querétaro, San Luís Potosí, Durango, Tlaxcala y Zacatecas, con superficies de 50 a 100 ha.

Nobel (1994) menciona algunos de los factores que más afectan el establecimiento, desarrollo, crecimiento y producción del nopal,

- a) Tipo de suelo
- b) Disponibilidad de agua en el suelo
- c) Temperatura,
- d) Contenido nutrimental del suelo.

Pimienta (1990) reporta para México que, la mayor superficie cultivada con nopal tunero coincide con las unidades de suelo siguientes:

Vertisoles, Luvisoles y Feozem.

El nopal prospera bien en suelos bien agregados y poco profundos (40 a 70 cm) y con un buen drenaje (Anónimo. 1983). El nopal no prospera bien en suelos arcillosos compactos, por lo que no debe exceder 15-20% de arcilla.

López y Cruz (1990) reportaron que el Fe y Na cuando se encuentran en altos contenidos en la raíz del nopal, se sugiere la existencia de mecanismos de retención y acumulación de estos, y con ello una escasa traslocación hacia las partes aéreas.

Baca (1990) reporta que el nopal puede mostrar síntomas de deficiencias bajo ciertas condiciones especiales, entre las cuales se encuentra: Nitrógeno; Antes de emitir el segundo o tercer cladodio, se observa una mancha en el borde superior del cladodio, antes de la emisión de la yema vegetativa, transformándose en tejido corchoso, inhibiéndose en ocasiones dicha brotación. Fósforo; Las plantas deficientes en fósforo, forman espinas abundantes, pequeñas y de color rojizo, también la brotación es nula, aún del primer cladodio Baca (1990) también vinculó la falta de brotación y la no-diferenciación de cladodios del nopal a la deficiencia múltiple de N, P, y Ca, y observó por el contrario, que el B, Mn, y Fe, fueron requeridos en cantidades relativamente bajas.

Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV región de Chile.

En el norte de Chile, principalmente desde Copiapó a Ovalle, existe una cantidad importante de suelos alcalinos que presentan un alto pH y presencia de CaCO_3 , los cuales afectan la disponibilidad de elementos minerales esenciales para el desarrollo de cultivos. Estos suelos pueden presentar una acumulación de sales solubles y un alto contenido de sodio intercambiable. Muchos de ellos se consideran dentro de la categoría de suelos salinos, por poseer una conductividad eléctrica mayor a 4 dS m^{-1} y otros en categoría de suelos sódicos por presentar un valor mayor a 15% de sodio intercambiable (Brady, 1990; Bohn y *col.*, 1993; Tan, 1993; Salgado, 1996). La concentración

de sales reduce la absorción de agua por la planta (Brady, 1990) y el exceso de sodio afecta la estructura, aireación y permeabilidad del suelo, lo que interfiere en el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Este problema afecta el cultivo en diverso grado dependiendo de la especie de planta y del grado de alcalinización (Porta y col., 1994).

La reacción del suelo puede influenciar indirectamente el crecimiento de la planta a través de su efecto en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Tan, 1993). Las deficiencias de micro nutrientes tales como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu) son problemas frecuentes en suelos alcalinos (Brady, 1990; Cifuentes y Lindemann, 1993; Tan, 1993). Para disminuir el pH en suelos alcalinos, siendo una alternativa la adición de azufre elemental (S⁰) (Fenn y col., 1990; Cifuentes y Lindemann, 1993; Miyamoto, 1998).

El azufre al ser aplicado al suelo está sujeto a oxidación microbológica, a través de la cual se transforma a sulfato en condiciones aeróbicas, lo que conduce a una disminución del pH del suelo (Brady, 1990; Deng y Dick, 1990; Miyamoto, 1998).

Los microorganismos que intervienen en el proceso de oxidación del azufre son principalmente del género *Thiobacillus*, siendo *Thiobacillus thiooxidans* la especie más importante (Chapman, 1990; Miyamoto, 1998). bacterias heterotróficas y autotróficas facultativas del suelo, pueden ser de mayor relevancia, debido a que se encuentran en mayor cantidad que el género *Thiobacillus* (Miyamoto, 1998).

sugieren que el segundo género es importante en la oxidación del azufre sólo a pH ácido, y que las heterotróficas son las principales en suelos neutros a alcalinos (Miyamoto, 1998).

Existen además de los microorganismos del suelo, factores físicos que influyen en la tasa de oxidación del azufre. Los más importantes son: humedad, temperatura, tipo de suelo y tamaño de la partícula de azufre (Deng y Dick, 1990). La temperatura que debe tener el suelo para la oxidación del azufre se encuentra en el rango de 4 a 45a.C., con un rango óptimo entre los 25 y 40a.C. para la mayoría de ellos (Deng y Dick, 1990; Miyamoto, 1998).

Con potenciales de agua cercanos a capacidad de campo, la oxidación del azufre procede más rápidamente (Miyamoto, 1998), con un menor contenido de agua, la actividad microbiana se ve limitada y se reduce la accesibilidad de las partículas de azufre, que es altamente hidrofóbico.

El efecto que provocan las sales de los suelos, principalmente de sodio, sobre la oxidación del azufre, y se ha encontrado que una concentración de Nac. mayor a 9% reduce su tasa de oxidación, inhibiéndola en 11% (Miyamoto, 1998).

La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura.

La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales: (a) la diversidad estructural y de procesos, y (b) el manejo ecológico del suelo y nutrición (Bréense, 2003).

El hombre ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados. Durante 150 años los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica, que consideraba que las plantas se nutrían directamente del humus del suelo y la presencia de este material marcaba su fertilidad (Navarro y col., 1995). La revolución agrícola promovida en el siglo XIX por Justus von Liebig (1843) demostró que las plantas precisan de agua y sustancias inorgánicas para su nutrición y puso en duda que el humus fuera el principio nutritivo de las plantas.

Además, fomentó el desarrollo de los fertilizantes inorgánicos, que son de 20 a 100 veces más concentrados en elementos básicos como N, P, K, que los abonos orgánicos (Arens, 1983), lo que supuso un indudable efecto positivo en la agricultura, aumentando los rendimientos y provocando el abandono de muchas técnicas antiguas de cultivo, una de las cuales fue el uso de residuos orgánicos como abono de los cultivos (Navarro y col., 1995).

Mustin (1987), la materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2% (Navarro y col., 1995). Para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, perdiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos.

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micro nutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización (Gros y Domínguez, 1992).

Materia orgánica (Navarro y *col.*, 1995) o humus (Gros y Domínguez, 1992) a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. Contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido en nitrógeno total (Gros y Domínguez, 1992). Jhonstom (1991), la cantidad de humus en el suelo depende de muchos factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente ya en el suelo, la textura del suelo, la aireación, humedad y los factores climáticos.

El empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de los rendimientos (Gros y Domínguez, 1992).

La materia orgánica en el suelo también facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas. Se sabe que la capacidad del suelo para adsorber compuestos químicos como clorofenoles o cloroanilinas aumenta con el contenido en materia orgánica (Vangestel, 1996).

La aplicación de enmiendas orgánicas también aumenta la degradación de fumigantes como el 1,3-D (Gan, y *col.*, 1998a), bromuro de metilo y el isotiocianato metilo (Gan y *col.*, 1998b) y disminuye la volatilización de estos tres pesticidas, cuando la enmienda se aplica en los primeros 5 cm del suelo (Gan y *col.*, 1998a; Gan y *col.*, 1998b). Los pesticidas con materiales catiónicos son firmemente adsorbidos por los coloides del suelo; en cambio, con los pesticidas ácidos hay muy poca adsorción, por lo tanto, se concentran en la solución suelo y en las fases gaseosas (Cremlyn, 1991).

Wild (1992) un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de las reservas orgánicas, con velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas. La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Pero la exigencia de los microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperaturas adecuadas y ausencia de condiciones nocivas es similar a la de las plantas cultivadas. Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fassbender, 1982; Wild, 1992). La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Thompson y Troeh, 1988).

Las bacterias son organismos procariotas unicelulares; la mayor parte de ellas presenta forma esférica cocos o de bastón bacilos y son importantes

debido a que algunas realizan funciones específicas como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos (Thompson y Troeh, 1988).

Los actinomicetos son organismos procariotas filamentosos; sus hifas son cenocíticas, tienen el diámetro de las bacterias y de la arcilla gruesa y están con frecuencia ramificadas y entrelazadas, por lo cual son difíciles de contar (Thompson y Troeh, 1988).

Nutricionalmente, se trata de un grupo muy adaptable, sus miembros son heterótrofos sin excepción y pueden utilizar una amplia gama de compuestos carbonados y nitrogenados, como polisacáridos, lípidos, hidrocarburos saturados, fenoles, proteínas y quitina. Son organismos típicamente aeróbicos, por lo que no suelen encontrarse en suelos encharcados, son más frecuentes en los suelos calientes que en los fríos y resultan muy poco tolerantes a la acidez (Wild, 1992).

El nivel de consumo de las sociedades actuales ha incrementado la producción de desechos orgánicos que de no procesarse adecuadamente aumenta el riesgo de contaminación al hombre y el medio ambiente. Según Navarro-Pedreño y *col.* (1995), América Latina produce anualmente 3,3 billones de residuos que podrían crear problemas de contaminación, especialmente de los ríos. Por ello la importancia de revisar las experiencias que permitan el uso de dichos residuos en la agricultura.

Abad (1993) señala que los ácidos húmicos y fúlvicos tienen un efecto positivo sobre muchas funciones de la planta, a nivel de células y órganos; por su parte, Kononova (1970) señala el efecto estimulante de los ácidos húmicos y los fulvoácidos en la formación de raíces al acelerar la diferenciación del punto de crecimiento. Warman (1998) encontró que los suelos fertilizados convencionalmente son generalmente altos en P y K, mientras que los suelos fertilizados con compost tienen un mayor contenido de C, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn.

Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México.

La productividad silvo agropecuaria actual en los altos de Chiapas presenta diversos problemas, entre los que destacan la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos, la disminución de los rendimientos, el abatimiento de la productividad del trabajo y la creciente incapacidad de esta actividad para dar empleo a los miembros de la familia y procurar los elementos básicos de su alimentación. Estos problemas son, en buena medida, el resultado de la presión excesiva sobre la tierra, la accidentada topografía, la atomización y dispersión de las parcelas, y el alto riesgo de siniestro debido a las

condiciones meteorológicas y al carácter artesanal de las técnicas de producción (Parra y *col.*, 1993).

Las áreas disponibles presentan fuertes limitaciones para la producción, con problemas para los cuales no se han planteado alternativas viables (Parray *col.*, 1993).

La fertilidad del suelo se recupera con prácticas tales como: a) descanso de los terrenos con pastizales inducidos, b) adición de abonos orgánicos, c) quema parcial de rastrojos y residuos de cosechas, que posteriormente se incorporarán al suelo durante la roturación, y d) aplicación de cenizas del fogón (Pool y *col.*, 1991). Los productores utilizan diez diferentes tipos de residuos orgánicos para sostener la fertilidad del suelo. Cinco son subproductos pecuarios (estiércoles de borrego, de gallina de granja, de gallina de patio, de bovino y equino), dos provienen de parcelas agrícolas (esquilmos de cosechas y arvenses), dos del bosque (hojarasca y tierra del monte) y uno de aserraderos (aserrín). Ocho de estos productos provienen de la misma comunidad y solamente dos (gallinaza de granja y aserrín) son de origen extracomunitario. Los estiércoles se mezclan con fertilizantes minerales para enriquecerlos con nutrimentos y así aumentar la producción de los cultivos (Ruiz, 1996).

Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza, tumba y quema en suelo alfisol (chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México.

El sistema roza, tumba, quema a nivel mundial se estima que lo practica una población de dos millones de personas en 300 ó 500 millones de hectáreas en los trópicos (Crutzen y Andreae, 1990) 95% de la producción de maíz proviene de este sistema de producción que se caracteriza porque quien la practica produce la mayor parte de lo que consume o consume la mayor parte de lo que produce (Nair, 1993).

La roza, tumba y quema, tiene un periodo largo de descanso que restaura la fertilidad y elimina malezas. La tasa promedio es de 3 años de cultivo seguidos de 10 años de descanso, pero esta depende de las condiciones de la densidad de población (Vergara, 1987).

El objetivo de la biofertilización es el de formar asociaciones de microorganismos – planta, capaces de incrementar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Da Silva y *col.*, 1999; Hardson, 1999), así como incrementar la disponibilidad de nutrientes y hacer eficiente la absorción de los mismos (Alarcón y Ferrera.Cerrato, 2000; Young y *col.*, 1988; Brown y Bethlenfalvay, 1988; De la Cruz y *col.*, m 1988; Werner, 1992; Aguirre y Velazco, 1994; Linderman, 1993; Bethlenfalvay, 1993; Bashan y *col.*, 1993, Uribe, 2004).

El interés agronómico de las micorrizas radica en la capacidad de las hifas externas de las raíces infectadas para absorber nutrientes del suelo y trasladarlos a la parte aérea de las plantas, su efecto repercute tanto en nutrientes móviles y de baja movilidad como cobre y zinc (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

El beneficio que brinda la asociación hongo-planta es en el crecimiento e incremento de las posibilidades de la toma de nutrientes por las plantas en: los bajos niveles de fósforo asimilable o alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo, la alta velocidad en los procesos de fijación en el suelo y sus respectivas pérdidas (Alarcón y *col.*, 1998).

Los estudios sobre la asociación *Azospirillum*- planta se han realizado en cereales y pastos, los resultados obtenidos han demostrado incrementos en peso seco total, concentración de nitrógeno en follaje y grano, número total de espigas, espigas fértiles y mazorcas, una floración y aparición de la espiga más temprana, incremento en el número de espigas y granos por espiga, plantas más altas e incremento en el tamaño de la hoja y tasas de germinación más altas (Albrecht y *col.*, 1981; Bashan, 1986; Fulchieri y Frioni, 1994; Stancheva y *col.*, 1992).

La inoculación con *Azospirillum* puede afectar positiva o negativamente algunos parámetros de las raíces y del follaje, que están atribuidos a efectos positivos en la absorción de minerales por parte de la planta. Se ha indicado que la absorción de NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{2-} , K^+ , Rb^+ y Fe^{+2} inducida por *Azospirillum* es el factor responsable en incrementar la materia seca foliar y la acumulación de minerales en tallos y hojas (Barton y *col.*, 1986; Lin y *col.*, 1983, Murty y Ladha, 1988; Sarig y *col.*, 1988).

Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombrí compuesto de cachaza y estiércol.

Los estiércoles son residuos orgánicos que presentan valores altos de carbono total (Ct) y nitrógeno total (Nt), por lo que se consideran muy apropiados para el compostaje, en particular el de los rumiantes (Capistrán y *col.*, 2001).

El empleo de cachaza y estiércol como enmiendas orgánicas no es posible sin que antes haya un proceso de estabilización ya que estos residuos, cuando se encuentran frescos, inician un proceso de descomposición que incluye una fermentación aeróbica que hace que se incremente la temperatura, por lo que puede afectar a plantas u organismos del suelo (Armida, 1999).

El compostaje es una técnica que permite la descomposición controlada de residuos orgánicos, por lo que al final los residuos se pueden utilizar sin riesgo para el cultivo o suelo. El compostaje se define como un proceso de oxidación biológica de los residuos bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación (Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002).

A la masa total de excreciones se le conoce como lombricompostado (Ferruzzi, 1987). Capistrán y col. (2001) una de las especies de lombrices más difundidas para el vermicompostaje es *Eisenia andrei*, ya que manifiesta alta eficiencia para transformar residuos.

La utilización de estiércoles en el vermicompostaje es variable. Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato (2002) argumentaron que cuando se utilizan estiércoles, el pH se eleva por arriba de 9, lo que ocasiona la muerte de las lombrices. A pesar de ello, Labrador (1996) aclaró que los estiércoles son materiales muy heterogéneos debido a que hay influencia del grado de descomposición del material, tipo de ganado del que provienen, así como el manejo que se les da a los animales y al estiércol mismo.

Los desechos de jardín o de cosechas, tales como hojas secas, arbustos o cáscaras, los cuales se caracterizan por presentar factores desfavorables como altas relaciones C/N, pueden enriquecerse con otros materiales cuyo contenido nutrimental, agua y relación C/N sean más favorables, por ejemplo, estiércoles y orines (Castillo, 1999).

El uso de la cachaza como fuente de MO representa una gran oportunidad como un mejorador del suelo. Ruiz (1996), sugirió que una labor importante para mejorar las propiedades de suelos compactados es el aporte de materiales orgánicos; con esto se busca mejorar la estructura y hacer más eficiente los flujos internos.

Mora y col. (2001) señalaron que los aportes de MO a los suelos agrícolas permiten incrementar el C orgánico así como la biomasa microbiana, dando como resultado, a través del tiempo, una mejor fertilidad, agregación y estabilidad estructural.

Laird y col. (2001) sostienen que cuando se utilizan enmiendas orgánicas en el suelo, se logra mejorar la estructura y por otro lado mantener atrapado el C en el suelo, evitando así las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Cambios físicos, químicos, biológicos del suelo y nutricionales en las plantas por efecto de la incorporación de abonos orgánicos y aplicación de bioles.

Rico A. (2009), comenta que un suelo agrícola con buenas propiedades se caracteriza por tener una buena aireación, un buen drenaje, una buena textura, buena consistencia y un color oscuro.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), señalan que un suelo agrícola es aquel que tiene condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, la emergencia de las plantas jóvenes, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las plantas, la formación del grano y la cosecha.

Según Encarta. (2007), los suelos vírgenes suelen contener cantidades adecuadas de todos los elementos necesarios para la correcta nutrición de las plantas. Pero cuando una especie determinada se cultiva año tras año en un mismo lugar, el suelo puede agotarse y ser deficitario en uno o varios nutrientes.

Infoagro. (2009), expone que un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal.

Ibáñez J. (2009), comenta que si los nutrientes extraídos con la biomasa no son restaurados, el suelo se empobrece y pierde gran parte de su fertilidad, por lo que la producción agrícola y pastoral se ven seriamente amenazadas. Encarta. (2007), sostiene que la textura de un suelo se refiere al tamaño de las partículas que lo conforman.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), comentan que los abonos orgánicos favorecen la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Nigoul M. (2009), indica que el humus tiene un profundo efecto en la estructura de muchos suelos.

Según Muzilli y col.. (1980), citados por Benítez J. y Friedrich T. (2009), las propiedades físicas afectadas por la incorporación de abonos orgánicos son la estructura, la capacidad de retención de agua y la densidad; otras propiedades como la porosidad, la aireación, la hidráulica y la infiltración están ligadas a las modificaciones de la estructura.

Ibáñez J. (2009), mantiene que a los fertilizantes orgánicos solemos denominarlos abonos, siendo frecuente las enmiendas en base a estiércol de diferentes especies de ganado, residuos de cultivos, harina de huesos, materia compostada, etc.

Geocities. (2009), reporta que los abonos orgánicos ejercen los siguientes cambios:

- Mejoran la estructura del suelo.
- Incrementan la estabilidad de los agregados.
- Mejoran la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.

Asimismo Benítez J. y Friedrich T. (2009), sostienen que los abonos orgánicos:

- Protegen la capa superficial del suelo contra las lluvias de alta intensidad, el sol y el viento.
- Promueven un considerable y continuo aporte de biomasa al suelo, de manera que mantiene e incluso eleva, a lo largo de los años, el contenido de materia orgánica.
- Atenúan la amplitud térmica y disminuyen la evaporación del suelo, aumentando la disponibilidad de agua para los cultivos comerciales.
- Incrementan la estabilidad de los agregados superficiales, esto resulta en mayor resistencia de los agregados al encostramiento, a la erosión hídrica y eólica, y una mayor tasa de infiltración.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo, este incremento es importante especialmente en suelos muy arenosos.

Cervantes. (2009), expresa que el abono orgánico:

- Por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- Mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejora la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuye la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.

- Aumenta la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

Biblioteca del Campo. (2002), menciona que los abonos orgánicos optimizan las condiciones físicas del suelo al aumentar la granulación de las partículas y mejorar la porosidad y la circulación del aire, se convierten en un reservorio de agua, porque aumenta la capacidad del suelo para retener humedad y así crear mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.

SciELO. (2009), concluye que el humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

Gómez. (2004), comenta que los abonos orgánicos no solo son valiosos porque aportan nutrientes a la planta, sino también porque mejoran las condiciones bioestructurales del suelo, evitan su erosión, ejercen un efecto regulador sobre su temperatura y ayudan a almacenar humedad.

Veliz J. (2009), reporta que los abonos orgánicos líquidos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo; estas características son estructura, porosidad, aireación capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados.

Calderón F. (2009), señala que los abonos orgánicos líquidos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas.

SciELO. (2009), reporta que la materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de nitrógeno total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes.

Terralia. (2009), expone que la materia orgánica fresca (es decir, sin descomponer) está formada por los componentes de los animales ó vegetales: monosacáridos, polisacáridos como la celulosa, el almidón o el glucógeno; compuestos nitrogenados, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas; lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico); y elementos minerales.

Agroncol. (2009), sostiene que los abonos orgánicos según las fuentes y clases de estiércoles estos tienen diferentes contenidos de nutrientes o alimentos para las plantas.

Higueras P. (2009), señala que a menudo la presencia de sustancias tóxicas en el suelo constituye una bomba de tiempo química, que aún si en un determinado momento no produce efecto alguno, si puede hacerlo en un futuro.

Fao. (2009), encuentra que el uso excesivo y el mal uso de insumos externos, como fertilizantes inorgánicos y plaguicidas – conjuntamente con cultivos especializados o monocultivos – puede proporcionar un considerable incremento en la producción general de alimentos, pero también agotan la fertilidad y los componentes biológicos del suelo y degradan los elementos físicos de la tierra.

Miranda E. (2009), reporta la existencia de componentes químicos que reaccionan entre sí y provocan cambios en el medio, como variaciones del pH, variaciones en la solubilidad de sustancias y otros.

Encarta. (2007), concluye que la degradación química del suelo se define como la acumulación en éste de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales.

Guanoluisa. (1998), expresa que la materia orgánica del suelo, así como los materiales orgánicos adicionados actúan no solamente como fuente de nutrientes sino que también influencia su disponibilidad de diferentes maneras.

Mora J. (2009), indica que es probable que la habilidad de mejoramiento de la CIC esté relacionada con el enriquecimiento de la fracción húmica que se logra a medida que se incrementa la madurez de la composta y la estabilización de la materia orgánica.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), señalan que los abonos orgánicos pueden promover el reciclaje de nutrimentos, el aporte de nitrógeno y el mantenimiento o aumento de los niveles de materia orgánica en el suelo, la contribución del abono en la mejora del contenido de materia orgánica es dependiente de la cantidad de residuos incorporados, de la frecuencia de incorporación y de la calidad del material.

Higueras P. (2009), expresa que la descomposición del humus en mayor o menor grado, produce una serie de productos coloidales que, en unión con

los minerales arcillosos, originan los complejos órgano minerales, cuya aglutinación determina la textura y estructura de un suelo.

Biblioteca del Campo. (2002), manifiesta que los abonos orgánicos, mejoran la fertilidad del suelo, al aumentar la capacidad para retener e intercambiar los nutrientes, así el suelo pierde menos nutrientes por acción de lixiviación. Scielo. (2009), sostiene sobre los abonos orgánicos que cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas.

Nigoul M. (2009), indica que entre 20 y 70% de la capacidad de intercambio en muchos suelos es causada por sustancias húmicas coloidales.

Mosquera F. (2009), acota que los abonos orgánicos líquidos modifican las características químicas de un suelo, a través de los nutrientes esenciales que sean incorporado al suelo mediante su aplicación directa.

Scielo. (2009), manifiesta que la materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2%, el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos.

Miranda E. (2009), señala que la existencia, en los suelos agrícolas, de macro y microorganismos vivos que cumplen, como función principal, descomponer la materia orgánica y convertirla en humus, el cual se combina con la parte mineral del suelo y forma los compuestos órgano- minerales, de alta actividad química y físico-química.

Rico A. (2009), indica que las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la micro fauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas.

Rodríguez P. (2009), señala que el uso y abuso en la aplicación de agroquímicos han empobrecido biológicamente al suelo, por cuyo motivo el tan publicitario incremento de los rendimientos productivos que se pretendía conseguir con la aplicación del paquete tecnológico generado por la "Revolución Verde" se ha convertido en un negocio ruinoso a mediano plazo,

ya que el suelo indefectiblemente va perdiendo su fertilidad y por ende su capacidad productiva.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), expresan que la quema continua de residuos tiende a reducir la microflora, sobre todo cerca de la superficie.

Almeida (1985), citado por Benítez J. y Friedrich T. (2009), las operaciones de preparación del suelo provocan la muerte de gran parte de sus constituyentes orgánicos, imponiendo condiciones de elevadas temperaturas y situaciones alternas de secado y humedecimiento, que afectan a los organismos del suelo con mayor o menor grado de intensidad.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), indican que los abonos orgánicos, influyen sobre la actividad biológica del suelo por el atenuante efecto físico sobre la variación de la temperatura y por el mantenimiento de buenas condiciones de humedad del suelo, la presencia de material orgánico es el factor que más influye en la actividad y población de microorganismos, ya que la materia orgánica es fuente de energía para los organismos del suelo.

Villee M. (2009), expresa que la materia orgánica del suelo consiste en hojarasca, deyecciones (excrementos de animales) y los restos de plantas, animales y microorganismos en diversas etapas de descomposición.

Geocities. (2009), menciona que los abonos orgánicos:

- Estimulan la diversidad y actividad microbial en el suelo.
- La actividad de los microbios presentes en el compost reduce la de los microbios patógenos a las plantas como los nematodos.
- Contiene muchos macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- Provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica que se encuentra sólo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural.

Cervantes. (2009), manifiesta que los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios y constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), señalan que los abonos orgánicos y su descomposición activan el ciclo de muchas especies de macroorganismos y principalmente microorganismos del suelo, cuya actividad mejora la dinámica física y química del suelo.

SciELO. (2009), indica en cuanto al efecto de los abonos orgánicos sobre las propiedades biológicas del suelo, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado.

Nigoul M. (2009), comenta que un número de bacterias, actinomicetos y hongos en el suelo están relacionados de manera general al contenido de humus.

Guanoluisa R. (1998), reporta que debido a la degradación bioquímica diferentes productos son formados los cuales sirven a los microorganismos como fuente de carbono y nitrógeno, principalmente la celulosa y las proteínas.

Calderón F. (2009), señala que la acción biológica de los microorganismos en el suelo es muy importante, porque son ellos los encargados de la degradación de la materia orgánica incorporada.

Mosquera F. (2009), manifiesta que con la aplicación de bioles al suelo lo que se realiza básicamente es aportar materiales de nutrición que sirvan de alimento para la flora microbiana del suelo.

Veliz J. (2009), comenta que en suelos degradados biológicamente, por el mal manejo o abuso de agroquímicos, una alternativa fiable es el uso de Bioles aplicados al suelo, ya que este ayuda al desarrollo de los microorganismos que actúan en la descomposición de la materia orgánica, aportando al suelo nutrientes y subproductos que serán a corto plazo asimilados por las plantas.

Rico. (2009), mantiene que toda planta para desarrollarse y obtener buena producción necesita de una buena cantidad de elementos mayores Nitrógeno, Fosforo, y Potasio, así como de elementos menores necesarios para las funciones vitales de las plantas como el Boro, Magnesio, Zinc, Manganeso, Azufre, Cobre, etc.

Biblioteca del Campo. (2002), señala que para que las plantas se desarrollen de manera normal, se requiere que en el suelo, el aire y el agua estén presentes todos los nutrientes que aquellas necesitan durante su ciclo de vida.

Encarta. (2007), indica que el método más antiguo para aumentar el contenido de materia orgánica del suelo es la aplicación de fertilizantes como el estiércol y el compost.

Benítez J. y Friedrich T. (2009), manifiestan que el contenido de nutrimentos de los abonos orgánicos es importante para las plantas.

Nigoul M. (2009), expone que las sustancias orgánicas en el suelo pueden tener un efecto fisiológico directo en el crecimiento de las plantas.

Mejía M. (2001), citado por Cevallos B. (2002), la descomposición de los abonos orgánicos tiene como fin la obtención de fertilizantes naturales que se contraponen a la producción y utilización de los clásicos fertilizantes de orígenes sintetizados químicos hechos por la industria.

Mejía M. (2001), citado por Cevallos B. (2002), la descomposición de los abonos orgánicos tiene como fin la obtención de fertilizantes naturales que se contraponen a la producción y utilización de los clásicos fertilizantes de orígenes sintetizados químicos hechos por la industria.

Pino C. (2005), reporta que el Biol como fuente orgánica de fitoreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para las siguientes actividades agronómicas: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplia la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de 50% de las cosechas.

Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos.

El Potasio en la solución del suelo (K_s); el adsorbido en los sitios de intercambio, llamado Potasio intercambiable (K_i) y el ocluido en el interior de las arcillas filosilicatadas, denominado Potasio no intercambiable (K_{ni}) (Rodríguez y col., 2001).

La raíz absorbe el Potasio principalmente del K_s . Cuando esto ocurre, se activa de inmediato un flujo del K_{ni} al K_i y de éste al K_s (Meyer y Jungk, 1993), a través de procesos de liberación o difusión entre K_{ni} y K_i y de adsorción-desorción entre K_i y K_s que ocurren en *continuum* (Rodríguez y Galvis, 1989). La dirección del flujo de Potasio tiende siempre hacia un equilibrio y está determinada por el grado de saturación que presente una o más de las reservas activas (Kauffman y Bouldin, 1967; Németh y col., 1970).

La extracción de K_i con NH_4OAc 1N, pH 7.0, (Knudsen y col., 1982) se emplea ampliamente para hacer recomendaciones de fertilización potásica en los cultivos agrícolas;

En los casos en que las reservas edáficas son altas o desaturadas no se correlaciona con el rendimiento de los cultivos o con la absorción de Potasio por las plantas (Martín y Sparks, 1983; Rodríguez y Galvis, 1989).

La cantidad de K que extrae un cultivo del suelo se da en función de la concentración de Ks (intensidad de suministro) y de la capacidad amortiguadora del suelo (Daring y Duganzich, 1979; Mengel, 1982), la cual depende de la cantidad y tipo de arcilla presente (Németh, 1975).

El equilibrio entre el Ki y el Ks ocurre en forma casi instantánea; por lo tanto, la capacidad de un suelo para reponer el Ks a partir del Ki es un índice de labilidad del Ki y del equilibrio entre Ks y Ki (Rodríguez y Galvis, 1989).

La relación entre estas dos reservas activas se denomina capacidad amortiguadora de potasio (cK) y es útil para determinar la cantidad disponible de este elemento para la nutrición de las plantas. El Kni constituye una fuente significativa de Potasio, ya que en algunos casos contribuye con más del 60% del total extraído por un cultivo (Mitsios y Rowell, 1987a) y su aprovechamiento depende de la tasa con la que se transfiere a Ki (Grimme, 1974); por lo tanto, para diagnóstico en suelos con alto contenido de arcilla del tipo 2:1, es conveniente cuantificar la capacidad de suministro de K a través de la cinética de su liberación y no solo determinar el contenido de Ki (Sparks, 1987; Mengel y col., 1998).

Dada la relativa inmovilidad del K en el suelo, otro factor que influye sobre su disponibilidad es la eficiencia de absorción por los cultivos (Rodríguez y col., 2001), la cual es función de la densidad radical (van Noordwijk y de Willigen, 1987) y la técnica de fertilización. Por lo anterior, la contribución del Kni a la nutrición de las plantas se reduce a medida que la densidad radical disminuye y su absorción es función de las características con que se libere de los minerales de arcilla y de que el cultivo reduzca el contenido de Ki a un nivel crítico, lo cual depende de la cantidad de Ki presente y de la tasa de difusión de Ki a Ks (Mitsios y Rowell, 1987b).

Densidad aparente en un vertisol con diferentes agrosistemas.

La densidad aparente (DAp) se define como el peso secado al horno de un volumen unitario de suelo incluyendo espacios porosos y expresado frecuentemente en g·cm⁻³ (Cavazos y Rodríguez, 1992).

Una consolidación antropogénica es producida por el tráfico, el pisoteo y el laboreo inoportuno del suelo. La magnitud de esta consolidación depende de la intensidad, oportunidad y frecuencia de carga que soporta el suelo (Sommer, 1979).

Dentro del área del Plan Chontalpa, Tabasco, México, existen 54917ha de suelos vertisoles, cuyos factores limitantes para el uso agrícola son textura

fina, permeabilidad lenta, manto freático elevado, mal drenaje superficial e inundación temporal (Palma-López y Cisneros, 2000).

El agrosistema de la caña de azúcar es uno de los más tecnificados y las labores, desde la preparación del suelo hasta la cosecha, requieren del uso de maquinaria agrícola que tiende a modificar características físicas del terreno (Salgado y *col.*, 2001).

En este último período el suelo sufre la mayor compactación por el tránsito de la aladora, camiones o carretas, sin embargo este incremento en la densidad puede ser restablecido parcialmente por el subsoleo, cultivo y fertilización, y por el agrietamiento en la época de sequía en suelos vertisoles. Esta pérdida de la fertilidad física del suelo, debido a su importancia para mantener un cultivo sustentable de la caña de azúcar, ha sido tema de interés de muchos investigadores (Pacheco y Cortés, 1986; Braunack y *col.*, 1993). Meléndez (1997) indica que no en todos los suelos se tiene el mismo nivel de compactación y éste varía con la época de lluvias, la carga animal y la textura del suelo, y se ha observado que el efecto de compactación generalmente se presenta en los primeros 10cm del perfil del suelo (Aina, 1979). Por su parte Howard y Singer (1981) al determinar DAP en varios suelos de selva, encontraron que el rango variaba de 0,51 a 1,49g·cm⁻³ y reportaron que todos los suelos de selva cambian su densidad aparente con la mecanización.

Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM.

La clorofila es el pigmento fotosintético primario de las plantas que junto con el nitrógeno foliar varía con la radiación solar (Lohry y Schepers, 1988). El nitrógeno es constituyente de la clorofila (Bidwell, 1988), la cual se puede medir en forma indirecta con el clorofilómetro Spad 502, un dispositivo que captura la longitud de onda emitida por la hoja y que correlaciona a la clorofila con el nitrógeno foliar (Schepers y *col.*, 1992).

La deficiencia de nitrógeno altera la concentración y funcionalidad de la clorofila así como la eficiencia en la utilización de la luz solar en la fotosíntesis, problema que se corregiría con la fertilización química (López, 1990).

En México, la mayoría de los genotipos de maíz poseen una calidad nutritiva baja, pues son deficientes en dos aminoácidos esenciales: Usina y triptófano (Reyes, 1990).

Esta necesidad condujo a la formación de maíces con alta calidad proteica, conocidos como QPM por sus siglas en inglés (CIMMYT, 2001). Si bien esta

calidad es una respuesta intrínseca de la planta, la adición de nitrógeno puede contribuir a ella de manera importante, pues actúa como componente de vitaminas y diversos sistemas de energía en la planta; también forma parte de aminoácidos, precursores de proteínas, ácidos nucleicos, aminos, amidas, nucleoproteínas y de la clorofila (Domínguez, 1997.).

En la región de El Bajío Guanajuatense se recomiendan para maíces de riego y temporal, las siguientes dosis de fertilización química: 240–40–00 y 120–40–00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente (Pons y col., 1993).

Los maíces con alto potencial productivo demandan un manejo eficiente de la población de plantas (Domínguez, 1997); además, aquellos desarrollados en años recientes toleran mayor número de plantas por unidad de superficie que los anteriores (Tollenaar, 1991). En un estudio de rendimiento de grano donde se probaron cinco poblaciones de plantas y dos híbridos, la mejor densidad se ubicó entre 70 000 y 80 000 plantas/ha (Jugenheimer, 1990); en cambio, Ortega y col. (2001) sugieren una población de 50 000 a 70 000 plantas/ha para la producción de maíz. La densidad de siembra de maíz recomendada en El Bajío Guanajuatense es de 60 000 y 45 000 plantas/ha, para riego y temporal, respectivamente (Pons y col., 1993).

El análisis de crecimiento de las plantas sólo requiere dos tipos de mediciones: a) Peso de la materia seca de la planta, pero podría ser la materia orgánica o el contenido de energía y b) Tamaño del sistema asimilatorio, a través del área foliar, aunque también se representaría por el contenido de proteína o de clorofila de las hojas (Beadle, 1988).

Efecto de enmiendas con lodos urbanos y de salmonicultura en la estructura de un Entisol y un Alfisol en Chile.

La calidad física de un suelo depende de la cantidad de partículas que pueden formar agregados, donde la materia orgánica (MO) tiene una función preponderante en el desarrollo de la estructura (Ellies, 2004).

Los suelos degradados presentan una infiltración pobre, una mala aireación, baja actividad biológica y reducido movimiento de nutrientes, por lo cual se restringe el crecimiento de las raíces (Traore y col., 2000).

La biota y los productos orgánicos contribuyen al desarrollo de la estructura del suelo (Chan y col., 2003), la cual tiene una función fundamental en cualquier sistema edáfico y en los procesos sostenidos de la biota en el suelo, y se puede cuantificar mediante la estabilidad de los agregados del suelo (Bronick y Lal, 2005).

La estabilidad de los agregados es un indicador de la estructura del suelo, que resulta del arreglo de las partículas, la floculación y la cementación (Six y col., 2000). Un orden jerárquico en la estructura de los suelos permite

diferenciar entre macro agregados (≥ 0.25 mm) y micro agregados (< 0.25 mm), según Oades y Waters (1991).

El incremento de micro agregados del suelo está relacionado con la pérdida de la estabilidad estructural y la calidad del suelo (Carter, 2004).

Chile es el principal productor de salmón del mundo, con 490 000 t año⁻¹ (Teuber y col.,2005); por cada t de salmón se generan 1.4 t de desechos orgánicos, en forma de lodos constituidos principalmente por excretas y alimento no consumido (Celis y col.,2006). El manejo inadecuado de estos lodos puede presentar inconvenientes para la salud y el ambiente, mediante la carga de microorganismos patógenos y el contenido de metales pesados (Mazzarino y col.,1997), y problemas de hidrofobia en caso de aplicaciones excesivas (Cuevas y col.,2006).

Su alto contenido de nitrógeno puede ser un riesgo por lixiviación de nitratos y eventual contaminación de capas subterráneas y aguas superficiales (Mazzarino y col.,1997).

Los lodos salmonícolas, ricos en nutrientes, se acumulan en los fondos marinos o lacustres, representando una amenaza a la eficiencia productiva de la salmonicultura y una contaminación potencial para el medio acuático (Salazar y Saldaña, 2007).

Los lodos urbanos y salmonícolas poseen características como mejoradores del suelo (Teuber y col.,2005), y su aplicación serviría para recuperar suelos degradados. Estos lodos pueden tener hasta 50% de MO (Celis y col.,2006) y pueden mejorar las características físicas del suelo, como estructura, capacidad de retención de agua y difusión de masa (Six y col.,2000). La MO del suelo es vital en la formación de agregados estables y de un sistema poroso secundario que permite que el agua se filtre en el perfil del suelo, para una mejor aireación y retención de humedad (Ellies, 2004; Annabi y col.,2007). El aporte de MO y el aumento de la estabilidad de agregados pueden reducir la tendencia del suelo a la compactación y aumentar la resistencia del suelo a la deformación, debido a que la degradación en gran parte es controlada por la presencia y abundancia de macroagregados estables al agua (Bayhan y col.,2005).

En Chile hay alrededor de 76 millones ha de suelos, de las cuales 46% presenta algún grado de erosión, con 27% calificado como grave (Pérez y González, 2001).

Los suelos Alfisoles chilenos se encuentran principalmente entre la V y VIII Regiones que comprenden la zona centro norte, central y centro sur del país, ubicándose preferentemente en parte de la cordillera de la costa y depresión intermedia (Luzio y col.,2006), donde alrededor de 2 millones ha (63%) están

fuertemente erosionadas (Santibáñez, 2000). En la Patagonia Chilena hay 3 595 600 ha con suelos Entisoles mayoritariamente derivados de cenizas volcánicas, que representan 1 602 220 ha (Cruces y col., 1999). Estos suelos han experimentado diversos procesos de erosión antropogénica y 17.3% de la superficie total de la XI Región sufre erosión severa (Pérez y González, 2001).

Las aplicaciones de lodos orgánicos aumentan la estabilidad de los agregados del suelo (Cuevas y col., 2006) y la adición de residuos vegetales a suelos susceptibles a la erosión es beneficiosa para el sistema edáfico (Sandoval y col., 2008).

El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta

En el mercado existe una gran variedad de tipos de abonos orgánicos debido tanto a la cantidad de materias primas disponibles como a los diferentes procesos de elaboración (Soto 2003, Soto y Meléndez 2003). Esto ha motivado en cierta forma, que en los últimos años se incremente su utilización para la producción de muchos cultivos (Meléndez 2003).

Su demanda también se relaciona con el efecto positivo que estos materiales tienen sobre el mejoramiento de diversas propiedades del suelo así como por su posible uso como sustitutivos o complementos de los fertilizantes sintéticos (Bertsch 1998, Castro y col., 2009).

Debido a que los abonos orgánicos se catalogan como enmiendas o mejoradores del suelo, las dosis que usualmente se aplican son comparativamente más altas y variables que las utilizadas con los fertilizantes minerales (Bertsch 1998). Además las concentraciones de nutrimentos, usualmente son bajas cuando se toma en cuenta los kilogramos de nutrientes aplicados por cada tonelada de material (Castro y col., 2009).

Otro estudio demostró como la materia prima utilizada tiene un impacto directo sobre la concentración y el comportamiento final de los nutrientes en vermicompostes (Durán y Henríquez 2007). Con base en lo anterior, es de esperar que la calidad final de estos productos sea muy diversa así como su efecto en el suelo y los cultivos luego de su aplicación (Meléndez 2003).

Castellanos y Pratt (1981) y Hartz y col. (2000), mencionan que el aporte de N y C al suelo puede ser muy significativo; y se favorece la humificación y la formación de estructuras que generen capacidad de carga a nivel coloidal. Además de N y C, el aporte de otros elementos como el Ca, Mg, K y P puede ser importante, en suelos con una baja fertilidad (Evanylo y col., 2008).

Algunos estudios han corroborado el efecto positivo de estos materiales en el mejoramiento de la capacidad buffer del suelo y su efecto en la disminución de la acidez y correspondiente aumento en el pH del mismo (Babou y *col.*, 2007, Narambuye y Haynes 2007).

Especies leguminosas forrajeras para cortes en suelos arcillosos de mal drenaje

Los suelos arcillosos de mal drenaje, de aptitud arroceras de la VII y VIII Regiones son de profundidad media y con bajo contenido de nutrientes, debido entre otras causas al monocultivo de arroz (*Oryza sativa*), con períodos de descanso de 1 a 2 años, sin uso de fertilización durante los últimos 60 años, debido a razones de tipo económicas, en la mayor parte del área. En estas zonas las praderas permanentes, sean naturales o sembradas, sufren períodos de producción muy críticos en invierno, debido a inundaciones y bajas temperaturas, y en verano por falta de agua y altas temperaturas. Esta situación conduce a una ganadería de pocas opciones técnicas, o simplemente a la disminución obligada en la dotación animal en períodos importantes del año (González, 1992). Diversos estudios han señalado la factibilidad de establecimiento de especies forrajeras de secano y de riego (Soto y Acuña, 1996)

Aún cuando existe la posibilidad de conservación de forraje usando maíz (*Zea mays*) para ensilaje (Soto y Jahn, 1997), se hace necesario contar con especies de alto potencial productivo, que permitan la obtención de heno y/o pastoreo en estas condiciones.

La introducción de leguminosas forrajeras que presenten facilidad de establecimiento, buena producción y persistencia, representa un importante avance en el sentido de diversificar la agricultura de la zona, ofreciendo posibilidades de desarrollo a la ganadería regional y mejorando la sostenibilidad de los sistemas de producción. Esto último como consecuencia de la capacidad de las leguminosas de fijar N y del aumento de la presencia de los animales que reciclan gran cantidad de nutrientes (Acuña y *col.*, 1997) El trébol rosado (*Trifolium pratense* L.) se adapta a suelos arcillosos, ya que no requiere gran profundidad de suelo, pero necesita un suelo con buen drenaje y ausencia de anegamiento prolongado. La duración de esta pradera es de dos temporadas, pero en ocasiones con un buen manejo es posible prolongar su utilización una tercera temporada (González, 1992).

Las especies del género *Lotus* tienen ventajas en cuanto a su adaptación para estas condiciones. Presentan tolerancia al exceso de agua en el suelo durante el invierno (Barta, 1986) y a las malas condiciones de drenaje del suelo.

En suelos de aptitud arroceras alcanzan buenos rendimientos de forraje, alrededor de 10 t ha⁻¹ (Acuña, 1994) de alta calidad, especialmente por su

aporte de proteína (Acuña, 1998) y su eficiente utilización por los rumiantes a consecuencia de la acción de los taninos condensados en el rumen. Soto (2000) señaló que la alfalfa en este tipo de suelos necesita una fertilización alta y aplicación de cal (150 kg ha⁻¹ P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ K₂O y sobre 2,5 t cal ha⁻¹) para obtener una producción aceptable.

Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado guarico.

El frijol, *Vigna unguiculata* L., es fundamental en la alimentación de las poblaciones rurales de Venezuela. Su composición con 23% de proteína y 56% de carbohidratos, así como también, contenidos de grasa, fibra, minerales y vitaminas, lo convierten en una excelente alternativa nutricional para el desarrollo fisiológico, cognitivo, intelectual, físico y emocional de las comunidades llaneras, mediante la ingesta de una alimentación balanceada (De Gouveia y col., 2005).

La región oriental del Guárico abarca una superficie de 3.748.338 ha, de las cuales la altiplanicie en condiciones de mesa representa 49,2%; los órdenes de suelo predominantes son una asociación de Ultisoles, Oxisoles y Entisoles estrechamente ligados a la superficie de las mesas planas (conservadas), siendo los sistemas de producción más relevantes la ganadería doble propósito, en combinación con la producción de maíz y sorgo, así como, el conuco llanero que incluye la producción de frijol, topocho y yuca para auto consumo (Riera y Guerrero, 1984). En estos suelos de muy baja fertilidad se ha demostrado la necesidad de aplicar una dosis mínima de N para frijol y otras leguminosas con el propósito de estimular el proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN) España y col., 2006.

En las sabanas bien drenadas de las mesas orientales para fertilizar el frijol se recomienda la aplicación de una dosis basal de 20 kg ha⁻¹ de N, en combinación con 30-120 kg ha⁻¹ de P y 20-70 kg ha⁻¹ de K, dependiendo de los niveles de disponibilidad en el suelo (Chauran y col., 2008).

Los bajos requerimientos de fertilización nitrogenada por parte del frijol, se deben a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (N₂), habiéndose demostrado que la simbiosis *V. unguiculata* - *Rhizobium* constituye un sistemas de FBN de mediana eficiencia (Hardarson y Danso, 1991).

Por otra parte, los biofertilizantes son generados a través de procesos microbianos rápidos, pudiendo aplicarse en pequeñas cantidades para solucionar problemas de baja fertilidad (Martínez y col., 2006a).

Entre los métodos sugeridos para evaluar el grado de la simbiosis y sus posibles efectos sobre la fijación de N₂, se encuentran la cantidad de materia seca (MS) producida, el número, masa y coloración de los nódulo, así como,

la cantidad de N presente en el tejido; otros métodos utilizados son: la actividad de la nitrogenasa, la cantidad de ureidos presentes en el xilema y el uso de Técnicas Isotópicas con ^{15}N (Hardarson y Craig, 2003).

Evaluación del efecto de fertilización, aplicación de estiércol y absorción de elementos en el rendimiento de la secuencia papa kiwicha, evaluado mediante la técnica del elemento faltante

En estos estudios, es común el uso de correlaciones entre respuestas de los cultivos a la aplicación de nutrientes y la cantidad de nutrientes detectados en los tejidos por técnicas analíticas (Tisdale y Nelson, 1970).

Los estiércoles y/o enmiendas orgánicas mejoran las condiciones físicas de los suelos especialmente en las regiones áridas de la costa peruana. Así mismo, la escasez del agua limita el balance apropiado con el aire del suelo, donde el estiércol contribuye notablemente a este balance (Davelouis, 1993).

30 toneladas de estiércol aportan 120, 75 y 165 kg/ha de N, P 2 O 5 y K 2 O respectivamente; además, estos nutrientes se encuentran en forma de complejos orgánicos, los cuales tienen que ser mineralizados para pasar a su forma asimilable, por ello no todos serán aprovechados por el primer cultivo instalado después de su aplicación (Gross, 1992; Kononova, 1982).

La única manera de contrarrestar las enormes pérdidas de la fertilidad en un suelo consiste en desarrollar sistemas apropiados de explotación y/o rotaciones de cultivos y ampliar el uso de fertilizantes orgánicos y minerales (Fassbender, 1987).

Los abonos orgánicos pueden ser en primer lugar una fuente importante de micro elementos, aunque el contenido de ellos en los estiércoles es muy variable y está en función del tipo de animal, alimentación, naturaleza de las camas, estado de descomposición y condiciones de almacenamiento (Loue, 1988).

Valverde y col.. (1994), en un suelo de textura franca encontró que los niveles crecientes de estiércol de vacuno incrementaron el rendimiento de papa; pero, el fertilizante químico, solo o en mezcla con el estiércol, produjo los rendimientos más altos.

Alaluna (1995), evaluó el efecto del estiércol y el abastecimiento de los tres principales elementos (N, P y K) en un suelo arenoso mediante el uso de la técnica del elemento faltante y encontró un incremento de 31, 121 y 21 % para el N, P y K respectivamente, concluyendo en que el fósforo posiblemente sea absorbido en forma orgánica por parte del cultivo de la papa.

La desventaja de la nutrición foliar es que no produce un efecto residual substancial y requiere aplicarse en cada situación (Wittwell, 1964).

Bertran (1965), señala que así como ocurre con la piel de los animales, la cutícula de los vegetales goza de propiedades absorbentes.

Si un cultivo estuviese sembrado en un suelo calcáreo donde los elementos menores se encuentran mayormente en la forma oxidada, es decir, en formas menos disponibles, los tejidos tendrán menor concentración de los elementos minerales (Fe, Mn, Zn, Cu y B) y las extracciones por unidad de producción serán menores sin que esto necesariamente signifique deficiencia que limite la producción (Villagarcía, 1990).

En el caso de la extracción de bases cambiables se ha observado que un cultivo de papa, en la Molina, con un rendimiento de 41 toneladas de tubérculo/ha extrae un promedio de 100, 20 y 15 de K_2O , CaO y MgO kg/ha respectivamente (Ezeta, 1970).

Sumar, K. y col.. (1983), en el Centro de Investigación de Cultivos Andinos de la UNSAAC (Cuzco), probaron en el cultivo de kiwicha dos niveles de fertilización mineral al 40-40-0 y 80-80-0 en kg/ha y 10, 20 y 30 en t/ha de estiércol de vacuno y un testigo (0-0-0). Se encontró que la regresión en las enmiendas orgánicas presentó una pendiente de 0,38 t/ha de incremento en grano por cada 10 toneladas de estiércol aplicado. Ese notable efecto puede deberse a la mayor conservación de humedad de la zona radicular, al incremento de temperatura durante la germinación y a la mayor capacidad de cambio del suelo.

Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal–tortilla del grano de híbridos de maíz.

La industria de la masa y la tortilla y la de harina nixtamalizada determinaron los parámetros de calidad para el grano que utilizan como materia prima para la elaboración de tortillas y harina de maíz, mismos que se indican en la Norma Mexicana para Maíz Nixtamalizado en tres categorías: características físicas, componentes estructurales y variables de nixtamalización (Salinas y Vázquez, 2003a).

La mayoría de las variedades e híbridos de maíz cultivados en México no reúnen todos los requisitos de calidad señalados en la norma (Salinas y Pérez, 1997); A partir de 1998 el Colegio de Postgraduados (CP) inició un programa para desarrollar híbridos de cruce simple con características de calidad del grano para el proceso de nixtamalización (Leyva y col., 2002)

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha evaluado la calidad de las variedades e híbridos generados por

el propio instituto a fin de identificar los que reúnen las características que demanda la industria (Salinas y Vázquez, 2003a).

En cinco variedades cultivadas en un suelo arcilloso con pH de 5.2, materia orgánica de 5.1 g kg^{-1} y un contenido de N de 0.54 g kg^{-1} , se observó que con la aplicación de N al suelo en dosis de 30 a 60 kg ha^{-1} , los cultivares 8644-27 y TZPB-SR tuvieron mayor porcentaje de granos flotantes, que SPL y TZB-SR debido a un cambio en la proporción de endospermo harinoso (Oikeh y col., 1998). Asimismo, al aplicar nitrógeno al suelo con dosis en el rango de 0 a 402 kg ha^{-1} a ocho híbridos de maíz, se observó que bajo condiciones deficientes de N se cosecharon granos menos traslúcidos que los obtenidos con suficiente N; además, se detectó que el híbrido B73 x Mo 17, incrementó el contenido de N en el grano de 11.36 a 16.84 g kg^{-1} con la dosis más alta y que los granos fueron más traslúcidos y vítreos que los de tratamientos con dosis bajas de N (Tsai y col., 1992).

con aplicaciones de 0, 90 y 180 kg ha^{-1} de N, el cv. Funk 4023 mostró un incremento significativo en el peso de 1000 granos con la dosis de 90 kg ha^{-1} , no así con la de 180 kg ha^{-1} (Zhang y col., 1993).

Salinas y Pérez (1997) evaluaron las características físicas y químicas del grano de cuatro grupos de maíces; reportaron que 95 % de ellos superaron el valor de peso hectolítrico solicitado por la industria, 20% el porcentaje de pericarpio y 15 % el del color de la tortilla.

Salinas y col. (1992) evaluaron híbridos precoces desarrollados para los Valles Altos, entre ellos identificaron híbridos con endospermo duro, intermedio y suave con diferencias en sus características físicas y composición química, lo que demostró la existencia de variabilidad en estas características.

Difieren en los parámetros siguientes: la industria de la masa y la tortilla requiere de 15 a 55% en índice de flotación, de 42 a 45% en la humedad del nixtamal, 40% mínimo de pericarpio remanente y un rendimiento de masa: tortilla superior a 1.5; mientras que la industria harinera solicita respectivamente 40% máximo de índice de flotación, de 36 a 42% de humedad en la tortilla y 26% máximo de pericarpio retenido (Salinas y Vázquez, 2003a; Salinas y Pérez, 1997).

Estudio del efecto de la salinidad sobre la presencia y actividad de microorganismos nitrificadores en suelos agrícolas del estado de Guanajuato.

Los suelos salinos son un problema mundial. Los suelos con un alto contenido de sales, abarcan el 10% de la superficie en más de 100 países y esto ha reducido la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el

Mundo (Feuchter 2000). En México el 15% del suelo mexicano está afectado por sales. En 600 000 ha la salinidad es por riego y de estas el 33.0% de la superficie bajo riego se encuentra afectada (Feuchter 2000).

Producción y evaluación de vermi composta en hormigueros, sierra Nanchititla, México.

Los factores físicos (principalmente temperatura y humedad) y químicos (calidad de los recursos) y la velocidad de descomposición de los residuos orgánicos están determinados por factores que operan en escala espacial y temporal (Moreno, 2008).

El composteo consiste en una biodegradación aeróbica de la materia orgánica y en presencia de la lombriz de tierra el proceso se denomina vermicomposteo, que consiste en una cría masiva, sistemática y controlada de lombrices que involucra procesos biológicos, que llevan a cabo la transformación y mineralización de residuos orgánicos en descomposición (Kale y col., 1992).

El producto resultante del proceso de vermicomposteo se utiliza entre otras cosas como abono orgánico para la producción de frutas, hortalizas y otros productos agrícolas (Nájera, 1999).

Pérdida de suelo, agua y nutrientes en un acrisol bajo diferentes sistemas agrícolas en Michoacán, México.

La degradación del suelo por erosión acelerada es un serio problema en regiones tropicales y subtropicales, donde el manejo del suelo se realiza con prácticas tradicionales; la degradación del suelo tiene impactos a corto y largo plazo en la producción de alimentos, calidad del ambiente, político y económico (Lal, 2001). Para responder al problema de erosión, se deben proponerse alternativas de manejo agro ecológico del suelo, que propicien una producción sustentable con mínimos riesgos al ambiente (Lal, 2000; Norton y col., 2003).

En Michoacán el maíz se siembra en 525 000 ha, de las cuales 69% son de temporal con rendimiento que varía de 0.99 a 2.47 t ha⁻¹ (Romero y col., 2001). El efecto negativo que causa la rotación año y vez en suelos Andosoles y los beneficios de adopción de la labranza de conservación con uso de residuos de cosecha, la cual disminuye considerablemente las pérdidas de suelo y del escurrimiento (Tiscareno y col., 1999; Tapia y col., 2002). En la subcuenca de Cointzio perteneciente a la porción alta de la cuenca de Cuitzeo, donde es común la rotación año y vez en Acrisoles o suelos de "Charanda" (33% del área) y donde se presenta la mayor degradación por cárcavas (López y col., 2006). Los escurrimientos de la

subcuenca fluyen a la presa Cointzio que suministra de agua potable a la ciudad de Morelia y riego a tierras de cultivo en el Valle Morelia–Queréndaro; actualmente la presa cuenta con más de 60 años de servicio por lo que el azolve es considerable (Romero y *col.*, 2001).

Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno.

El conocimiento de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) es esencial para entender el flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo.

Es bien sabido que suelos arcillosos retienen más MOS que suelos arenosos, a pesar de haber sido sometidos al mismo aporte de materia orgánica (Jenkinson, 1988; Amato y Ladd, 1992; Hassink, 1994). Estas diferencias resultan de la mayor protección de la MOS contra la biodegradación (Van Veen y Kuikman, 1990). La protección ocurre cuando la MOS es adsorbida sobre la superficie de las partículas de arcilla y limo, o cuando es "incrustada" o recubierta por los minerales de arcilla (Tisdall y Oades, 1982; Golchin y *col.*, 1994) o cuando se localiza dentro de los microagregados, fuera del alcance de los microorganismos (Elliott y Coleman, 1988). Todos estos mecanismos afectan negativamente las tasas de mineralización de C y N (Ladd y *col.*, 1981, 1985; Amato y Ladd, 1992; Juma, 1993; Ladd y *col.*, 1993; Skjemstad y *col.*, 1993).

La textura del suelo no afecta las tasas de mineralización (Scott y *col.*, 1996; Gregorich y *col.*, 1991). Hassink y Whitmore (1997) propusieron un modelo para simular la protección de la MOS.

Los estudios de fraccionamiento físico de la MOS muestran que la mayor parte del C está asociado a las partículas de arcilla y limo, y que suelos arenosos poseen una concentración de C hasta siete veces superior en sus partículas de arcilla y limo que suelos arcillosos (Christensen, 1992; Matus, 1994). Una hipótesis simple para explicar estos resultados la propuso Hassink y *col.* (1997): las fracciones de arcilla y limo en suelos arenosos se encuentran más libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados. Por lo tanto, la superficie específica disponible para retener MOS es muy superior en suelos arenosos que en suelos arcillosos.

Importancia de los abonos orgánicos.

La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fulvicos, y huminas). Que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son: A) mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de

agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996; Bollo, 1999; Tan y Nopamombodi, 1979, Bellapart, 1996), B) mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua (Bellapart, 1996; Bollo, 1999; Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996), C) estimula el desarrollo de plantas (Tan y Nopamombodi, 1979; Hartwigsen y Evans, 2000), D) mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial (Bollo, 1999), E) eleva la capacidad tampón de los suelos (Landeros, 1993; Bollo, 1999), F) su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micro nutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta (Landeros, 1993; Bollo, 1999; Tradecorp, 2001), G) el humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996; Bellapart, 1996; Bollo, 1999).

Dos de los componentes importantes en la materia orgánica son los ácidos húmicos y fúlvicos los cuales son los responsables de muchas de las mejoras que ejerce el humus (Trade corp, 2001), las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio cationico de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos (Landeros, 1993; Guerrero, 1999; Tradecorp, 2001), forman complejos fosfo-húmicos manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996; Chen y col., 2001). También es importante reconocer que el humus favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo (Bollo, 1999).

Otro beneficio de la materia orgánica humificada es su potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo (Hadar y Mandelbaum, 1992; Hoitink y col., 1991). Las bacterias y hongos aislados con actividad antagonica sobre patógenos del suelo encontramos a los siguientes géneros: *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. entre otros géneros de bacterias y *Trichoderma* spp., *Gliocadium virens*, *Penicillium* spp., entre otros géneros de hongos.

La naturaleza de la materia orgánica utilizada y la densidad de inóculo del patógeno existente en el suelo, son factores que pueden influir sobre el nivel de control de la enfermedad alcanzable por la composta. Por otro lado, los agentes de bio control inhiben o matan a los patógenos en la composta madura y por lo tanto inducen la supresión de la enfermedad. Los agentes de bio control en la composta pueden inducir la resistencia sistémica adquirida a los patógenos foliares (Fernández y col., 2005).

Además de tener uso como cobertura del suelo, como fertilizante orgánico, también pueden usarse como aditivos en fertilizantes químicos (García y col., 1994; Madejon y col., 2001; Albiach y col., 2001; Arancon y col., 2004).

Algunas sales húmicas como el humato de calcio, que se usan para incrementar la fertilidad del suelo (Buckau y col., 2000). El humus se ha utilizado a gran escala en construcción, como aditivo para controlar la velocidad de secado del concreto (Peña-Méndez y col., 2004). En cerámica no procesada se han usado principalmente como aditivos para aumentar la dureza mecánica y así mejorar su calidad (Waksman, 1936). Se han usado en la producción de plásticos; colorantes de nylon ó plástico PVC, espumas de poliuretano, por mencionar algunos (Majakova y Proskurjakov, 1972). El humus puede ser usado para remover metales pesados (Fe, Ni, Hg, Cd y Cu) en agua y también puede usarse para remover elementos radioactivos en agua desechada por las plantas de energía (Peña Méndez y col., 2004) al formar complejos solubles en el agua con muchos metales incluyendo radio nucleotidos mejor conocidos como isótopos radiactivos (Lubal y col., 1998; Lubal y col., 2000; Pacheco y Havel, 2001; Ghabbour y col., 2001). Las sustancias húmicas contenidas en el humus tienen aplicaciones biomédicas ya que en ratas se probó que al aplicarlas preventivamente disminuyó significativamente el daño gástrico inducido por el etanol (Brzozowski y col., 1994). La humificación de materia orgánica se ha usado con éxito en bio remediación de suelos contaminados con Fenilciclidina (PCP), gasolinas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), se ha demostrado también su uso para reducir a niveles aceptables la concentración y toxicidad de explosivos (TNT) esto último se ha adoptado en los últimos 3-5 años (Volke y Velasco, 2002).

(Chen y col., 1987; Hoitink y col., 1999). Chaouiy col., (2002) reportan que la aplicación de vermicomposta suprime las enfermedades de plantas como por ejemplo *Phytophthora*, *Fusarium*, y *Plasmodiophora* en tomate y calabaza, *Pythium* y *Rhizoctonia* en pepino y rábano, *Verticilium* en fresa. Craft y Nelson (1996) encontraron que compostas preparadas de diferentes materiales base puede ser supresor de *Pythium graminicola* en pasto rastrero.

CONCLUSIONES

- La aplicación micorrizas y biofertilizantes por vía fertirriego favorece la concentración de nutrientes del cultivo de ají en las fases de crecimiento en invernadero y de producción en campo.
- El tratamiento que incluyó micorrizas presentó los mejores resultados, lo cual abre la posibilidad de uso como complemento de los fertilizantes químicos.
- Es posible reducir el uso de fertilizantes de síntesis química haciendo uso de bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas y solubilizadores de fósforo, bajando los costos de producción y aumentando el margen de ganancia para los productores.
- La aplicación de materia orgánica (MO) en grandes volúmenes favoreció las propiedades físicas del suelo, especialmente cuando se acondicionó con estiércol. Los resultados más importantes correspondieron a la disminución de la densidad aparente, con un aumento de la porosidad gruesa. El riego enmascaró parte de estos beneficios, prevaleciendo las características químicas favorecidas por el biofertilizante sobre el desarrollo de la tuna.
- El acondicionamiento con MO no generó un efecto importante sobre la retención de agua del suelo, pero la infiltración de agua mejoró respecto al tratamiento testigo.
- El tratamiento con estiércol, un año después de la aplicación, tuvo una recuperación significativa de la estabilidad de los agregados, evaluada

por el método de la relación de dispersión. El efecto tendió a desaparecer en el segundo año y con las aplicaciones sucesivas.

Literatura Citada

- A. QUAGGIO; A. M. C. FURLANI, (eds.). 2. ed., Instituto Agronômico & Fundação IAC, Boletim Técnico, 100. Campinas, Brasil.
- ABAD, M., 1993. *Características y propiedades*. En: Cultivos sin suelo curso superior de especialización. Editor F. Canovas Martínez & J. Díaz Álvarez. FIAPA. Almería, pp. 47-62.
- Abawi, G. S. y H. D. Thurston. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertera sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. Una revisión. pp. 97-108. *In*: Tapados. Los sistemas de siembra con Cobertura. CATIE-CIIFAD. Ithaca, NY, USA.
- Abdelhafid, R., Houot, S., Barriuso, E., 2000, How increasing availabilities of carbon and nitrogen affect atrazine behavior in soils: *Biology and Fertility of Soils*, 30, 333–340.
- Abdul-Baky, A. A. y J. R. Teasdale. 1993. A no-tillage tomato production system using hairy vetch and subterranean clover mulches. *HortScience* 28: 106-108.
- Acuña, H. 1994. Las loteras. Serie Quilamapu N°57. 12 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Acuña, H. 1998. Comparación de variedades de tres especies del género *Lotus* (*L. corniculatus* L., *L. uliginosus* Cav. y *L. tenuis* Wald et Kit) en suelos de aptitud arroceras. *Agric. Téc. (Chile)* 58:7-14.
- Acuña, H., M. Figueroa, L. Barrientos, y C. Cerda. 1997. Deficiencias nutritivas y nodulación en establecimiento de especies forrajeras del género *Lotus*, en suelos arcillosos. *Agrociencia* 13:159-168.
- Agronet. 2009. Materia Orgánica. Artículo principal. Portal (En línea)
- Aguilar CG, Méndez GV (1993) Producción de maíz de temporal en los suelos mecanizables de la Península de Yucatán. Folleto Técnico No. 6. INIFAP, SARH. Yucatán, México. 22 pp.
- Aguirre, F. S. 1994. Agricultura orgánica o agricultura química, elija usted. *Agro Visión*. Año 2, N° 15. México, D. F. pp. 22, 23.
- Aguirre-Medina, J. F. y Velasco-Zebadúa, E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti* J. *Agricultura. Técnica*. México. Vol. 20 (1): 43-45.
- Aina PP (1979) Soil change resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Am. J. Soil Sci.* 431: 173-177.

- Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, D. 2000. Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 26(2): 191-203.
- Alarcón, A.; Ferrara-Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26(2), 191-203.
- Albiach, R., R. Canet, F. Pomares, F. Ingelmo. 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Biores. Technol.* 77: 109- 114.
- Albrecht, S. L., Okon, Y., Lonquist, L. y Burris, R. H. 1981. Nitrogen fixation by corn-Azospirillum associations in a temperate climate. *Corp Sci.* 21 :301-306.
- Amato, M. and Ladd, J. N. 1992. Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soils: Properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 24:455-464.
- Amparano, C.F. 1973. Evaluación del comportamiento y la susceptibilidad a la clorosis férrica de 14 variedades de soya en suelos calcáreos bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Anaya GM, 1989. Global assessment of soil degradation in México, GLASOD Project, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Montecillo, México 106 p.
- Annabi, M., S. Houot, C. Francou, M. Poitrenaud, and Y. Le Bissonnais. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 413–423.
- Anónimo (2004) Campeche. Anuario estadístico 2004. INEGI. México.
- ANÓNIMO, 1988. *Manual de fertilidad de suelos*. Potash &
- Anónimo. 1983. El Nopal. Secretaría de la Reforma Agraria. Comisión Técnica para el Empleo Rural. 79 p., México.
- Armida AL (1999) La biomasa microbiana en la fertilidad de un suelo cañero con diferentes dosis de cachaza en la Chontalpa, Tabasco. Tesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 73 p.
- Arredondo V., C. 1996. Aplicación de estiércol bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal. p. 194. *In: Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Artículo principal. Portal (En línea).
- ASERCA. 1997. Producción mundial de frijol. *Claridades Agropecuarias* 44, 24-32.
- Aso, P.J. y V. Bustos N. 1991. Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. *Avance Agroindustrial* 44. Estación Experimental Agroindustrial. Tucumán, Argentina.
- Astier CM, 2007. Fortalecimiento de una metodología de evaluación de sustentabilidad a través de un estudio de caso en la Región Purhépecha, México. Proyecto de investigación. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable (GIRA A.C.) Pátzcuaro, Michoacán. <http://www.rimisp.cl/webpage.php?webid=451>.
- Ávila V. Javier. 2009. La Acidez del Suelo. Archivo Acrobat Reader. Portal (En Línea).
- Babou, OJ; Shioh-Long, T; Zeng, Y. 2007. Relationship between compost pH buffer capacity and P content on P availability in a virgin Ultisol. *Soil Science* 172:56-68.
- Baca C., G. A. 1990. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal, proveniente de cultivo in vitro. En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). *El Nopal*. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 155-163.
- Baggs, E. M., M. Stevenson, M. Pihlatie, A. Regar, H. Cook y G. Cadisch. 2003. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant Soil* 254: 361-370.
- Barrera, L. 1995. Suelos y Fertilización del Cultivo de la Papa. pp. 31- 55. En: *Memorias. Seminario Fertilización de Cultivos*. Sociedad Colombiana de Suelos. Medellín.

- Barreto H., J. 1989. Cambios en propiedades químicas, patrones de fertilización, y enclavamiento en suelos bajo labranza cero. pp. 43-70. *In: Labranza de conservación en maíz. Documento de trabajo CIMMYT- PROCIANDINO. México.*
- Barta, A.L. 1986. Metabolic response of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. roots to anoxia. *Plant Cell Environ.* 9:127-131.
- Barton, L. L, Johnson G. V. y Orbock Miller, S. 1986. The effect of *Azospirillum brasilense* on iron absorption and translocation by sorghum. *J. Plant Nut.* 9:557-565.
- Bashan, Y. 1986. Enhancement of wheat roots colonization and plant development by *Azospirillum brasilense* Cd following temporary depression of the rhizosphere microflora. *Appl. Environ. Microbiol.* 51:1067-1071.
- Bashan, Y., Holguin, G, Puente, M. E., Carrillo, A., Alcaraz-Mendez, L., López- Cortes, A., y Ochoa, J. L. 1993. Critical Evaluation of plant inoculation with beneficial bacteria from the genus *Azospirillum*. *En Agroecología, sostenibilidad y educación. Ferrera-Cerratos, D y Quintero L. R. (ed) Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.*
- Baver, L.D. 1966. *Soil physics.* John Wiley, NY. Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken. 1971. *Soil genesis and classification.* The Iowa State University Press. Ames, IA.
- Bayhan, K., A. Isisdar, and M. Akgul. 2005. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a loam soil of a dryland in Turkey. *Soil and Plant* 55: 214–220.
- Beadl, C. L. 1988. Análisis de crecimiento vegetal. *In: Coombs, J.; Mall, D. O.; Long, S. P. y Scurlock, J. M. O. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Futura. Texcoco, Estado de México, México, p. 17–33.*
- Bellapart, C. 1996. *Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química.* Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, 298p.
- Ben-Hur, M., Letey, J., Farmer, W.J., Williams, C.F., Nelson, S.D., 2003. Soluble and solid organic matter effects on atrazine adsorption in cultivated soils: *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1140–1146.
- Benítez J. y Friedrich T. 2009. *Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos.* Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. Portal (En línea).
- Berry, P.M., [R. Sylvester-Bradley, L. Philipps, D.J. Hatch, S.P. Cuttle, F.W. Rayns, P. Gosling. 2006. Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen?. Soil Use and Management. 18:248-255.](#) [http://www3.interscience.wiley.com/journal/119192120/abstract - c1](http://www3.interscience.wiley.com/journal/119192120/abstract-c1)
- Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 164 p.
- Bethlenfalvay, G. J. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. *In: Agroecología, sostenibilidad y educación. Ed. D. Ferrera-Cerratos y L. R: Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.*
- Bettiol, W., R. Ghini, J. A. Haddad and R. C. Siloto. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. *Sci. agric.* 61(3):253-259.
- Biblioteca del Campo. 2002. *Manual Agropecuario.* Editorial Limerin S. A. Bogotá – Colombia. Págs. 29, 30, 527, 528, 541, 542.
- Bidwell, R. G. S. 1988. *Fisiología vegetal.* Trad. del inglés por Guadalupe Gerónimo Cano y Cano. AGT Editor. México, D. F. 784 p.
- 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.*
- Bocco G, Velásquez A, Torres A, 2000. Ciencia, Comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. *INTERCIENCIA.* 25: 64-70.
- Bolaños, J. 1989. Suelos en relación con labranza de conservación: Aspectos físicos. pp. 19-42. *In: Labranza de conservación de maíz. Documento de trabajo. CIMMYT- PROCIANDINO. México.*

- Bollo, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 150p.
- Bowen, G.D. y F. Zapata. 1990. Efficiency in uptake and use of nitrogen by plants. pp. 348-362. *In*: IAEA (ed.). International symposium on the use of stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies. IAEA-FAO-ONU. Viena, Austria.
- Brack Antonio. 2009. Propiedades Físicas del Suelo. Enciclopedia Ecología del Perú. Portal (En Línea).
- Braunack MV, Wood AW, Dick RG, Gilmour JM (1993) The extent of soil compaction in sugarcane soils and a technique to minimize it. *BSES. Sugar cane*. 5: 12-18.
- Braunack MV, Wood AW, Dick RG, Gilmour JM (1993) The extent of soil compaction in sugarcane soils and a technique to minimize it. *BSES Sugar Cane* 5: 12-18.
- Bravo, C. y E. Andreu. 1995. Propiedades físicas y producción de maíz (*Zea mays* L.) en un Alfisol del estado Guárico, Venezuela, bajo dos sistemas de labranza. *Revista de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo y del Instituto de Edafología*: 10-15.
- Bronick, C., and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3–22.
- Brouse, S. B., J. A. Kirkegaard, J. Pratley y G. Howe. 2006. Growth suppression of canola through wheat stubble. I. Separating physical and biochemical causes in the field. *Plant Soil* 286: 203-218.
- Brown, J.C. y R.S. Holmes. 1995. Iron. The limiting element in a chlorosis. Part. I. Availability and utilization of iron dependent upon nutrition and plant species. *Plant Physiology* 30: 451-457.
- Brown, J.C. y W.E. Jones. 1975. Phosphorus efficiency as related to iron inefficiency in sorghum. *Agron. J.* 67: 468-472.
- Brown, J.C., J.E. Ambler, R.L. Chaner y C.O. Foy. 1972. Differential response of plant phenotypes to micronutrients. pp: 389-418. *In*: J.J. Mortvedt *et al.* (ed.). *Micronutrients in agriculture*. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Brown, M. S. y Bethlenfalvay, G. J. 1988. The Glycine-Glomus-Rhizobium symbiosis. VII. Photosynthetic nutrient use efficiency in nodulate mycorrhizal soybeans. *Plant Physiol.* 86:1292-97.
- Brzozowski, T., A. Dembinski, S. Konturek. 1994. Influence of Tolpa Peat preparation on gastroprotection and on gastric and duodenal ulcers. *Acta Pol. Pharm.* 51: 103-107.
- Buckau, G., P. Hooker, V. Moulin. 2000. Versatile components of plants, soils and water. En: Ghabbour E.A. y Davies G. (eds): *Humic Substances*, RSC, Cambridge 86:18-23.
- Buol, S. W, Hole F. D, Y Mc Cracken. 2004. Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial Trillas, México. 4ª reimpresión.
- Cabriales, J. J. y Zapata, F. (Eds.). Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América latina. Arreglos regionales Cooperativos para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nuclear en América Latina y el Caribe. p. 137-144.
- Cadahia, L.C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi Prensa. España. 475 p.
- Calderón Fernando. 2009. Uso de Bioles en la Agricultura Orgánica. Responsable de la Unidad de Banano del MAGAP. Entrevista personal realizada el 6 de mayo del 2009.
- Calderón, J. 2004. Nutrición en el Cultivo de Papa. Investigación y Desarrollo Abocol. Colombia.
- Capistrán F, Aranda E, Romero JC (2001) Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 150 pp.
- Cárdenas, N. R.; Sánchez, Yañez, J. M.; Farias-Rodríguez, R. y Peña-Cabriales, J. J. 2004. Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2):173-178.
- Carter, M. R. 2004. Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil Tillage Res.* 79: 1–6.

- Caseiro, R. F. and M. Filho. 2005. Evaluation of methods for drying primed onion seeds. *Hortic.Bras.* 23(4):887-892. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo>. [citado 13 Julio 2006]
- Castellanos R., J.Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminarios Técnicos* 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos R., J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. *Seminarios Técnicos* 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z. 1982. La utilización de los estiércoles en la Comarca Lagunera. *Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey (IATEM)*. pp. 11-19. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z. y J.J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8: 113-126.
- Castellanos, J.Z., J.J. Marques O., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y J.R. Salinas. 1996. Efecto a largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. *Terra* 14: 151-158.
- Castellanos, J; Pratt, P. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal* 45:354-357.
- Castillo JD (1999) Efecto de la vermicomposta y efluente en la producción de flor de corte de crisantemo (*Dendranthema grandiflora* T.) cv. Bounty. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. México. 67 pp.
- Castro, A; Henríquez, C; Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(1):31-43.
- Cavazos T, Rodríguez O (1992) Manual de prácticas de física de suelos. Trillas. México, DF. 99pp.
- Ceccanti, B., Garcia, C. 1994. Citado por García-Gil Gallego, J.C. 2001 en Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid: 277pp.
- Celis, J., M. Sandoval, E. Zagal, y M. Briones. 2006. Efecto de la adición de biosólidos urbanos y de salmonicultura sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un suelo patagónico. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 6 (3): 13–25.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2001. The quality protein maize revolution. Improved nutrition livelihoods for the poor. México, D. F. 8 p.
- Cervantes F. Miguel. 2009. Abonos Orgánicos. Profesor Titular del Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. Campomar. http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm
- CHACÓN, A. M.; CUENCA, G. 1998. Efecto de las micorrizas arbusculares y de la fertilización con fósforo, sobre el crecimiento de la guayaba en condiciones de vivero. *Agronomía Tropical* 48(4): 425-440.
- Chan, K. Y., D. P. Heenan, and H. B. So. 2003. Sequestration of carbon and changes in soil quality under conservation tillage on light-textured soils in Australia: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 43: 325–334.
- Chaoui, H., Edwards C. A., Brickner A., Lee S. S., Arancon N. Q. 2002. Suppression of the plant parasitic diseases: Phytium (damping off), Rhizoctonia (root rot) and Verticillium (wilt) by vermicompost. *Proceedings Brighton Crop Protection Conference- Pest and Diseases*.
- Chapa G., J.R. 1987. Dinámica del sistema estructural de un andosol mólico del estado de Michoacán bajo tres sistemas de laboreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

- Chapman, S.J. 1990. *Thiobacillus* populations in some agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.* 22:479-482
- Chauran, O., J. Tenías y M. España. 2008. Leguminosas. In: Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para Cultivos Prioritarios en Venezuela. Maracay. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 400 p. (Serie B N° 18).
- Chen, J. H., J. T. Wu y W. T. Huang. 2001. Effects of compost on the availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils. Taiwan ROC.
- Chen, W., Hoitink H. A. J. y Schmitthenner A. F. 1987. Factors affecting suppression of Phytiump damping-off in container media amended with composts. *Phytopathology* 77: 755-760.
- Christensen, B. T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil. Sci.* 20: 1-89.
- Cifuentes, F.R., and W. Lindemann. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:727-731.
- CLARKSON, D. T. 1985. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. *Annual Review of Plant Physiology* 36: 77-115.
- Clarkson, D.T. y J.B. Hamsom. 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Ann. Rev. of Plant Physiology* 31: 239-298.
- Claveran, A. R. 1996. Perspectivas de la investigación para la producción orgánica. Memorias del Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colima. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Claveran-Alonso, R.; Fregoso-Tirado, L. E.; Sánchez- Brito, C. 2001. La labranza conservacionista en México. I World Congress on Conservation Agriculture. Madrid, Spain.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2007a, Estadísticas del agua en México: México, D.F., Edición 2007, p. 65.
- Coquet, Y., 2003, Sorption of pesticides atrazine, isoproturon, and metamitron in the vadose zone: *Vadose Zone Journal*, 2, 40–51.
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Ed. Paraninfo.
- CREMLYN, R. J., 1991. *Agrochemicals preparation and mode of action*. John Wiley & Sons Ltd. England, 396 p.
- Crouch y Van Staden, (1992). 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.
- Crovetto, C. 1996. Stubble over the soil. The vital role of plant residue in soil management to improve soil quality. *American Society of Agronomy. Special Publication* 19. Madison, Wisconsin.
- Cruces, P., J. Cerda, y M. Ahumada. 1999. Guías de condición para los pastizales de la ecorregión templada húmeda de Aysén. Proyecto FNDR-SAG XI Región de Aysén: Levantamiento para el Ordenamiento de los Ecosistemas de Aysén. Gobierno Regional de Aysén, Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Coyhaique, Chile. 137 p.
- Crutzen, P. J. y Andreae, M. O. 1990. Biomass burning in the tropics: impacts on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science* 34:110-114.
- Cuevas, J., O. Seguel, A. Ellies, y J. Dörner. 2006. Efecto de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencia a la adición de lodos urbanos. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 6: 1–12.
- Currah, L. and F. Proctor 1994. Allium in the tropics: an overview of current technology and future needs. *Acta Horticulturae.* 358:17-21.
- Da Silva, P. M., Tsai, S. M. y Bonetti, R. 1999. Respuesta a la inoculación y a la fertilización nitrogenada para incrementar la producción y la fijación biológica de nitrógeno en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Peña-DAMSA, 2006. Silicio en la Agricultura y Medio Ambiente. <http://www.dolomitagricola.com/>

- Datnoff LE, Deren RN, Snyder GH, 1997. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. *Crop Protection*. 16: 525-531.
- Day, R.P. 1965. Hydrometer method of particle size analysis. pp. 545-552. *In: Methods of soil analysis*. Agronomy 9.ASA. USA.
- Day, R.P. 1965. Pipette method of particle size analysis. pp. 553-562. *In: Methods of soil analysis*. Agronomy 9.ASA. USA.
- De Gouveia. M., Á. Bolívar, M. López, A. Salih y H. Pérez. 2005. Participación de Agricultores en la selección de materiales genéticos de frijol (*Vigna unguiculata*) evaluados en suelos ácidos de la Parroquia Espino, estado Guárico. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 54(1):113-129.
- De La Cruz, R. E.; Manalo; M. Q., Aggangan, N. S. y Tambalo, J. D. 1988. Growth of three legume trees inoculates with VA mycorrhizal fungi and Rhizobium. *Plant and Soil* 108:111-15.
- Deng, S., and R.P. Dick. 1990. Sulfur oxidation and Rhodanese activity in soils. *Soil Sci.* 150:552-560.
- Díaz, F., A.; Reyes M. C. A. 1993. Situación de la Agricultura en el Norte de Tamaulipas, pp 280- 290. En: IV Encuentro Internacional de Investigadores en Economía Agrícola. UAT, México.
- Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 088-Zamora. 2004. Estadísticas de superficie, producción y costo de los cultivos agrícolas. México.
- Domínguez, A. 1973. *Abonos minerales*. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. pp. 94-95, 102-103, 119-121, 130-132, 142-143.
- Dorado, J., Tinoco, P., Almendros, G., 2003, Soil parameters related with the sorption of 2,4-D and atrazine: *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 1119–1133.
- Drori, Y., Izenshtat, Z., Chefetz, B., 2005, Sorption–desorption behavior of atrazine in soils irrigated with reclaimed wastewater: *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1703–1710.
- Du PLESSIS, S. F.; SMART, G.; KOEN, T. J. 1973. A few aspects of fertilizing guavas. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal* 478: 18-19.
- Durán, L; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Durán, R. J. A., Ayvar, S. S. y Alarcón, R. S. 1989. Costos de producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). En: *Memorias del III Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*. Oaxtepec, Morelos, México. p. 55.
- During, C. and Duganzich, D. M. 1979. Simple empirical intensity and buffering capacity measurements to predict potassium uptake by white clover. *Plant and Soil* 51:167–176.
- Echarri, P. L. 1998. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Libro electrónico.
- Eck, H.V. y O.R. Jones. 1992. Soil nitrogen status as affected by tillage, crops, and crops sequence. *Agron. J.* 84: 660-668.
- Ecoplexity. 2009. El pH del Suelo. Artículo principal. Portal (En línea).
- Ellies, A. 2004. Efecto de la materia orgánica en el suelo. *In: Mora, M. (ed). Residuos orgánicos y su uso en sistemas agroforestales*. Simposio de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile. pp: 139–150.
- Elliott, E. T. and Coleman, D. C. 1988. Let the soil work for us. *Ecological Bulletin* 39:23-32.
- Encarta. 2009. Química del suelo. Humus. Fertilizantes. Acondicionamiento del Suelo. Biblioteca de Consulta. Microsoft © 2009. Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- Engels, C. y H. Marschner. 1995. Plant uptake and utilization of nitrogen. pp. 41-81. *In: P. E. Bacon (ed.). Nitrogen fertilization in the environment. Woodlots and Wetlands*. Sydney, New Wales, Australia.

- España.M., E. Cabrera-Bisbal and M. López.2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using ¹⁵N. *Interciencia*. 31(3):197-201.
- Espinoza, W. 1969. Caracterización química de los suelos volcánicos de la provincia de Ñube: Arrayan y Santa Bárbara. I. Método de dispersión de suelos de origen volcánico de la Provincia de Ñube. *Agricultura Técnica (Chile)* 29: 34-39.
- Etchevers-Barra, J.D. 1996. Conferencia Inaugural "La Agricultura del Siglo XXI", Curso Regional de Capacitación FAO/OIEA "El Uso de las Técnicas Nucleares en los Estudios de las Relaciones Suelo-Planta", 2-27 de septiembre de 1996. CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato. Irapuato, Gto., México.
- Evanylo, G; Sherony, C; Spargo, J; Starner, D; Brosius, M; Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer- manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:50-58.
- FAO(1986). Soil survey investigations for irrigation. *Soils Bulletin No. 42*.188 pp.
- Fao. 2009.La Vida en los Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación mundial. Portal (En línea).
- FAO/IAEA coordinated research programme. Vienna, Austria.
- Fassbender, H.W. 1982. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. Primera edición. San José, Costa Rica. 420 p.
- FASSBENDER, H. 1982. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 3ra reimpresión. IICA San José, Costa Rica. 422 p.
- FEDEAGRO. 2005. Disponible en: <http://www.fedeagro.org> (Citado 07 marzo de 2005).
- Fenn, L.B., H.L. Malstrom, T. Riley, and G.L. Horst. 1990. Acidification of calcareous soils improves zinc absorption of pecan trees. *J. Am. Soc. Hortic.Sci.* 115:741-744.
- Fernández, L., Vega O., López P. J. A. 2005. Control Biológico de enfermedades deplantas. Ed. INISAV-BASF. pp: 162-184.
- Ferruzi C (1987) Manual de Lombricultura. Mundi-Prensa. Madrid, España. 155p.
- FERTINAL. 1994. Información general sobre la producción de fertilizantes NPK. México, DF.
- Feuchter Astiazarán F. R., 2000, Transferencia de tecnología para el rescate del suelo mediante la integración ganadera, Universidad autónoma de Chapingo, centro regional universitario del noroeste.
- FISCHER, C. R.; JANOS, D. P.; PERRY, D. A.; LINDERMAN, R. G.; SOLLINS, P. 1994. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondary succession. *Biotropica* 26(4): 369-377.
- Fitz Patrick, E. A. 1996. Introducción a la Ciencia del Suelo. Editorial Tril as, México.
- Flores V., C. A. y J. Olvera M. 1994. El sistema-producto nopal verdura en México. SARH-UACH-CIESTAAM. Chapingo, Méx. 149 p.
- Flores V., C. A. y C. Gallegos V. 1994. La producción y comercialización del nopal para verdura en México y Zacatecas. 1ª Reunión sobre Hortalizas. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac. 10 p.
- Flores V.,C.A. y C. Gallegos V. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México. CIESTAAM-CRUCEN, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.
- Follet, R.F., S.C. Gupta y P.G. Hunt. 1987. Conservation practices: Relation to the management of plant nutrients for crop production. pp. 19-52. *In: Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*. Soil Science Society of America.Special Publication 19. Madison, Wisconsin.
- Fox, B.A. y A.G. Cameron. 1961. Food science, nutrition and health. Sixth Edition.Ed. Edward Arnold, a division of Hodder Headline PLC, London NW1 3BH.
- Fulchieri, M. Y Frioni, L. 1994. Azospirillum inoculation on maize (Zea mays): effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil. Biol. Biochem.* 26:921-923.

- Galindo-Reyes, G., Villagrana, C., Lazcano-Alvarez, G., 1999, Environmental conditions and pesticide pollution of two coastal ecosystems in the Gulf of California, Mexico: *Ecotoxicology and Environmental Safety*: 44, 280–286.
- Galván, C.F. 1985. La deficiencia férrica en plantas. *In*: No. 5. Serie temas didácticos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México.
- GAN, J., YATES, S. R., CROWLEY, D. Y BECKER, J. O., 1998. Acceleration of 1,3-dichloropene degradation by organic amendments and potential application for emissions reduction. *Journal of Environmental Quality* 27, 408 - 414.
- García E., A. 1973. Manual de campo de caña de azúcar. IMPA. Comisión Nacional de la Industria Azucarera. Libro 3. México, DF.
- García, D., J. Cegarra, A. Roig, M. Abad. 1994. Effects of the extraction temperature on the characteristics of a humic fertilizer obtained from lignite. *Biores. Technol.* 47: 103-106.
- García, L.R. 1978. Amarillamiento de la soya por deficiencia de Fe y efecto de inundación del suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- García, M.H.J. 1980. Evaluación de tolerancias y susceptibilidad del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) a la clorosis férrica y algunos mecanismos de adaptación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- García, R.B. y C.L. Pantoja. 1998. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. Fertilización de Cultivos de Clima frío. Segunda edición. Monómeros Colombo Venezolanos. Colombia. 370 p.
- Gasser, C.S. y R.T. Fraley. 1989. Genetically engineering plants for crop improvement. *Science* 244: 1293-1299. Gill, S.S., E.A. Cowles y P.V. Pietrantonio. 1992. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 615-636.
- GAUTIER, M. 1993. La Culture Fruitière. v. 1 2 ed. Tec. & Doc. Lavoisier, Paris, France. 594 p.
- Geocities. 2009. Los Abonos Orgánicos. Artículo principal. Portal (En línea).
- Ghabbour, E. A. y Davies G. 2001. Humic substances: structures, models and functions. Based on proceedings, RSC, Cambridge, p. 401.
- Gibbs RJ, Reid JB (1988) A conceptual model of changes in soil structure under different cropping systems. *Advances in Soil Science.* 8: 123-149.
- Gilliam, J. W., T. J. Logan y F. E. Broadbent. 1985. Fertilizer use in relation to the environment. pp. 561-588. *In*: O. P. Engelstad (ed.). *Fertilizer technology and use*. Third edition. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- Gilliom, R.J., Barbash, J.E., Crawford, C.G., Hamilton, P.A., Martin, J.D., Nakagaki, N., Nowell, L.H., Scott, J.C., Stackelberg, P.E., Thelin, G.P., Wolock, D.M., 2006, The quality of our nation's waters – pesticides in the nation's streams and ground water, 1992–2001: United States Geological Survey, Circular 1291, 172 pp.
- Golchin, A.; Oades, J. M.; Skjemstad, J. O. and Clarke, P. 1994. Soil structure and carbon cycling. *Aust. J. Soil Res.* 32:1043-1068
- Gómez A. Mariana. 2004. Estudio de bionematicidas y biofertilizantes solos y combinados en el manejo de (*Radopholus similis*) en Banano (*Musa AAA*) en la Provincia de Cañar. Tesis de Grado. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador. Pág. 23.
- González G., A., B. Ortiz-Villanueva y C. I. Pascual P. 1974. Sazonado y maduración de la caña de azúcar. Comisión Nacional de la Industria Azucarera. Libro 6. México, DF.
- González, J. 1992. El trébol rosado en suelos arroceros. *Investigación Progreso Agropecuario Quilamapu* N° 53 p. 31-33.

- González-Chavez, C., R. Ferrera-Cerrato, E. R. García y A. Martínez G. 1990. La fijación biológica de nitrógeno en un agroecosistema de bajo ingreso externo de energía en Tamulté de las Sabanas, Tabasco. *Agrociencia (serie Agua Suelo)* 1: 133-153.
- González-Farías, F., Cisneros-Estrada, X., Fuentes-Ruiz, C., Díaz-González, G., Botello, A.V., 2002, Pesticides distribution in sediments of a tropical coastal lagoon adjacent to an irrigation district in northwest Mexico: *Environmental Technology*, 23(11), 1247-1256.
- González-Márquez, L.C., 2005, Migración de herbicidas (Atrazina y 2,4-D) en suelo del distrito de riego 063, Guasave, Sinaloa: México, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 120 pp.
- GRAETZ, H. A., 1997. *Suelos y Fertilización*. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.
- Grajeda G., J. 1988. Efecto de la labranza y nitrógeno sobre algunas condiciones físicas del suelo y abatimiento de costos de producción de forraje en maíz y sorgo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Greenland, D. J. 1977. Contribution of microorganisms on the nitrogen status of tropical soils. pp. 13-26. *In: A. Ayanaba y P. J. Dart (eds.)*. Biological nitrogen, fixation in farming system of the tropics. John Wiley. NY, USA.
- Greenplate, J.T., G.P. Head, S.R. Peen y V.T. Kabuye. 1998. Factors potentially influencing the survival of *Helicoverpazea* on bollgard cotton. Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council of America. Memphis, TN.
- Gregorich, E. G.; Voroney, R. P. and Kachanoski, R. G. 1991. Turnover of carbon through the microbial biomass in soil with different textures. *Soil Biol. Biochem.* 23:799-805.
- Grimme, H. 1974. Potassium release in relation to crop production. Proc. 10th Int. Colloquium, Potash Institute, Bern, Switzerland. p. 131-136.
- GROS, A. Y DOMÍNGUEZ, A., 1992. *Abonos guía práctica de la fertilización*. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p. Thompson y Troeh, 1988
- Grossman RB, Prigle FB (1985) Describing surface soil properties-their seasonal changes and implications for management. *Soil Survey Techniques*. SSSA Special Publication No. 20. Ed. WV. Reybold and G.W. Peterson. Mad. W. USA.
- Guanoluisa G. Roberto. 1998. El Papel de la Materia Orgánica en la fertilidad del suelo. Monografía de Grado. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador. Págs. 9 – 14.
- Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao, España. 206p.
- GUERRERO, R. 1991. La acidez del suelo-su naturaleza, sus implicaciones y su manejo, pp. 141-163. *In: Fundamentos para la Interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para Riego*. F. S. MOJICA (ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogota, Colombia.
- Guillén-Garcés, R.A., Hansen, A.M., Afferden Van, M., 2007, Mineralization of atrazine in agricultural soil: Inhibition by nitrogen: *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26, 844-850. [
- Gupta, R.P. y A. Padmaraju. 1994. Physical rating of coarse textural soils to quantify production potential for sorghum. Vol 5a: 306-311. *In: Transactions XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo*. Acapulco, Gro.
- Gutiérrez C., Ma. del C. 1997. Los suelos de la ribera oriente del ex lago de Texcoco (Macro y micromorfología). Tesis de Doctorado. IRENAT, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Gutiérrez C., Ma. del C. y C.A. Ortiz-Solorio. 1999. Origen y evolución de los suelos del ex lago de Texcoco, México. *Agrociencia* 33: 199-208.
- Gutiérrez C., Ma. del C. y C.A. Ortiz-Solorio. 1992. Caracterización de los suelos antropogénicos con problemas de labranza en el ex lago de Texcoco. *Agrociencia, Serie Agua-Suelo-Clima* 3-2: 29-47.
- Gutiérrez-Castorena MC, Reyes-Chavez J, Figueroa-Sandoval B (1999) Desarrollo

- estructural de un Entisol bajo labranza de conservación y tradicional. *Terra*. 17: 87-96.
- Hadar, Y., y Mandelbaum R. 1992. Suppressive compost for biocontrol of soilborne plant pathogens. *Phytoparasitica* 20: S113-S116.
- Hammad EA, Dawelbeir MI (2001) Effect of tillage and field condition on soil physical properties, cane and sugar yields in vertisols of Kenana Sugar Estate, Sudan. *Soil Tillage Res.* 62:101-109.
- Hanks RJ, Ashcroft GL (1980) Applied soil physics. Soil water and temperature applications. *Advances Series in Agricultural Sciences* No. 8. 159 pp.
- Hardarson, G. y S. K. A. Danso. 1991. Métodos para medir la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas de grano. Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América Latina Resultados de un Programa FAO/OIEA de investigación Coordinada 1986-1991 Editores J. J. Peña Cabriaes F. Zapata México p. 19.
- Hardarson.G. and A. Craig. 2003. Optimising biological N₂ fixation by legumes in farming systems. *Plant and soil*. 252(1):41-54.
- Hardson, G. 1999. Métodos para aumentar la fijación simbiótica de nitrógeno. En: Peña-Cabriaes, J. J. y Zapata, F... (Eds.) Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América Latina. Arreglos Regionales Cooperativos para la Promoción de la Ciencia y la tecnología Nuclear en América Latina y el caribe. p. 1-18.
- Hartwigsen, J. y M. R. Evans. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Hort. Science* 35 (7): 1231-1233.
- Hartz, T; Mitchell, J; Giagnnini, C. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and compost. *HortScience* 35(2):209-212.
- Hassink, J. 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1221-1231.
- Hassink, J. 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil* 191:77-87.
- Hassink, J. and Whitmore, A. P. 1997. A model of the physical protection of soil organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 131-139.
- Hayes, T.B., Collins, A., Lee, M., Mendoza, M., Moriega, N., Stuart, A.A., Vonk, A, 2002, Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99, 5476–5480.
- Haynes, R. J. 1985. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. *Fert. Res.* 6:235-255.
- Herrero, E. V., J. P. Mitchell, W. T. Lanini, S. R. Temple, E. M. Miyao, R. D. Morse y E. Campiglia. 2001. Use of cover crop mulches in no-till furrow-irrigated processing tomato production system. *Horttechnology* 11: 43-48.
- Hidalgo, C., Quantin P., Zebrowski, C., 1992, La cementación de tepetates: estudio de la silicificación: *TERRA* 10, 192-201.
- Hochmuth, G. J and Cordasco, K. 1999. A summary of N and K research with strawberry in Florida. *Fla. Coop. Ext. Serv.* HS 752.
- Hochmuth, G. J. 1995. Manejo de fertilizantes con riego por goteo para hortalizas. *In: Uso de la plasticultura para la producción intensiva de hortalizas.* p. 17-24.
- Hochmuth, G. J.; Albregts, E. E.; Chandler, C. C.; Cornell, J. and Harrison, J. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:660-665.
- Hoitink, H. A. J. y M. J. Boehm. 1999. Control within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 427-446.
- Hoitink, H. A. J., Y. Inbar y M. J. Boehm. 1991. Status of compost amended-potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. *Plant Dis.* 75: 869-873.

- Houot, S., Topp, E., Abdellah Y., Soulas, G., 2000, Dependence of accelerated degradation of atrazine on soil pH in French and Canadian soils: *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 615–625.
- <http://ecoplexity.org/node/593>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_de_intercambio_cati%C3%B3nico
- <http://html.rincondelvago.com/propiedades-quimicas-del-suelo.html>
- http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=197&Itemid=202
- <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2006/11/01/49004.aspx>
- <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/04/10/63196.aspx>
- http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/200671991737_Materia%20organica%2...
- <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/FISICA...>
- http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C1.htm
- <http://www.geocities.com/raaaperu/ao.html>
- http://www.infoagro.com/hortalizas/microorganismos_beneficiosos_cultivos.htm
- <http://www.infojardin.net/glosario/sobreabonado/solucion-del-suelo.htm>
- http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/acidez_suelo.pdf
- <http://www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo11.htm>
- <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos60/estiercol-bovino-productividad-pim...>
- http://www.monografias.com/trabajos-pdf/suelos-productividad_agricola/suelos-productividad_agricola.pdf
- http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t03.htm
- <http://www.rlc.fao.org/pr/dma/dma2004/hruska.htm>
- <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm>
- <http://www.terralia.com/revista8/pagina16>
- Ibáñez José. 2009. Artículo principal. Abonos. Portal (En línea).
- Infoagro. 2009. Importancia de los Microorganismos del Suelo. Portal (En línea).
- Infojardin. 2009. Solución del suelo. Artículo principal. Portal (En línea).
- Ingles, P. 1995. Orchard Planting and Management. En: G. Barbera, P. Ingles y E. Pimienta B., eds. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production paper 132. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 78-91.
- INIFAP-CIRNO. 2001. Guía para cultivar Mucuna en el sur de Sinaloa. Boletín 3. Campo Experimental Sur de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI), 2003, Información Nacional sobre Perfiles de Suelo, Versión 1.2., México, 25.
- Jaiyeoba IA (2003) Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil Tillage Res.* 70:91- 98.
- Jasso Ch., C. 1985. Influencia de algunos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo, producción de materia seca y extracción de nitrógeno en sorgo bajo condiciones de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Jenkinson, D.S. 1988. Soil organic matter and its dynamics. In: Wild, A. (Ed.). *Russel's soil conditions and plant growth*. 11th ed. Longman. New York, USA. p. 564-607.
- JHONSTOM, A. E. 1991. *Soil fertility and soil organic matter*. In: *Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. Ed. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. UK. pp. 299-314.
- Johnson, G. V and W. Raun. 2003. Nitrogen response index as guide to fertilizer management. *J. Plant Nutr.* 26(2):249-262.
- Johnson, J. 1995. Best management practices: Managing fertility in no-till. Ohio State University. Columbus, OH.
- Juárez, E.R., V. Lee y E. Villarreal. 1972. Determinación de la fertilización óptima económica en el cultivo del sorgo de grano bajo diferentes distancias entre surcos y entre plantas. pp. 429-442. In: *Fertilización programa de suelos*. Res. de Inv. Reg. Ciclos 1972-1977.

- Juma, N. G. 1993. Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production. *Geoderma* 57:3-30.
- JUSTUS VON LIEBIG. 1843. En: Navarro Pedreño, J., Moral Herrero, Gómez Lucas y Mataix Beneyto., 1995. *Residuos orgánicos y agricultura*. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. 108 p.
- Kale R. D., B.C. Malesh, K. Bano and D.J. Bagyaraaj., 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial population in a paddy fields. *Soil Biol. Biochem.* 24: 1317-1320.
- Karlen, D.L., T.C. Erbach, T.S. Kaspar, E.C. Colvin, C. Berry, y D.R. Timmons. 1990. Soil tillth: A review of past perceptions and future needs. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 153-161.
- Kauffman, M. D. and Bouldin D. R. 1967. Relationships of exchangeable and non-exchangeable potassium in soils adjacent to cation-exchange resins and plant roots. *Soil Sci.* 104:145-150.
- Keeney, D. R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. pp. 605-649. *In*: F. J. Stevenson (ed.). *Farmed soils, fertilizer, agroecosystems*. Agronomy Monogr. 22. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- KHERA, A. P.; CHUNDAWAT, B. S. 1977. Influence of crop intensity and season of development on the median leaf composition of "Banarsi Surkha" guava. *Indian Journal of Agricultural Science.* 47(4): 188-190.
- Kimoto, T. 1993. Nutrição e Adubação de repolho, couveflor e brocoli. *In*: Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal, *Anais*.UNESP.149-178 p.
- Kluger, R. 1984. The mechanistic bases of enzyme catalist. *Enzyme chemistry*. Ed. Coling J. Sucking, Chapman and Hall, London, New York.
- Knudsen D.; Peterson, G. A. and Pratt, P. F. 1982. Lithium, sodium and potassium. *In*: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. (eds.). 2nd ed. Series Agronomy N° 9. Am. Soc. Agr. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wi. USA. p. 225-246.
- KOEN, T. J.; HOBBS, A. 1990. Guava leaf and soil analysis service. Citrus & Subtropical Research Institute, Nelspruit, South África. *Information Bulletin* 210. pp. 7-8.
- KUMAR, R.; KOTUR, S. C.; SINGH, H. P. 1995. Effect of different level of phosphorus on growth, fruit yield and quality of guava cv. Allahabad Safeda under sub-humid conditions of Bihar. *Indian Journal of Horticulture* 52(4): 254-258.
- KUMARAN, S.; AZIZAH, H. C. 1995. Influence of biological soil conditioner on mycorrhizal versus non-mycorrhizal guava seedlings. *Tropical Agriculture* 72(1): 39-43.
- Labrador MJ (1996) *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 174 pp.
- Lacasta, C., Meco, R., Maire, N. 2005. Evolución de las producciones y de los parámetros químicos y bioquímicos del suelo, en un agro sistema de cereales sometido a diferentes manejos de suelo durante 21 años. *El reto de la Agricultura y Medio Ambiente, la Energía y la Nueva Política Agraria Común*. Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación: 429-436
- Ladd, J. N.; Amato, M. and Oades, J. M. 1985. Decomposition of plant material in Australian soil III. Residual organic and microbial biomass C and N from isotope-labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field condition. *Aust. J. Soil. Res.* 22: 331-341.
- Ladd, J. N.; Foster, R. C. and Skjemstad, J. O. 1993. Soil structure: Carbon and nitrogen metabolism. *Geoderma* 56:401-434.
- Ladd, J. N.; Oades, J. M. and Amato, M. 1981. Microbial biomass formed from ¹⁴C- and ¹⁵N-labelled plant material decomposing in soil in the field. *Soil Biol. Biochem.* 13: 119-126.
- Laffite, H.R. 1989. Efecto de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento de maíz. pp. 71-90. *In*: *Labranza de conservación en maíz*. Documento de trabajo. CIMMYT PROCIANDINO

- Laird DA, Martens DA, Kingery WL (2001) Nature of Clay-Humic Complexes in an Agricultural Soil. I. Chemical, Biochemical, and Spectroscopic Analyses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1413-1418.
- Lal R, Stewart BA (1995) *Soil management experimental basis for sustainability and environmental quality*. Lewis Publ. Boca Ratón, Florida. EEUU. 533 pp.
- Lal RJ (2000) Physical management of soils of the tropics: Priorities for the 21st century. *Soil Science*. 165:192-207.
- Lal, R. 2000. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil science* 165(3):191–207.
- Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land degradation and development* 12:519–539.
- Lampkin, N. 1998. *Agricultura Ecológica*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 725 pp
- López Fando C., Bello A. 1997. Efectos de los sistemas de laboreo en la biología del suelo. En *Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos*,
- Landeros, F. 1993. Monografía de los ácidos húmicos y fulvicos. Tesis, área de hortalizas y flores, facultad de agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. 145p.
- Leiva FR (1998) Sostenibilidad de sistemas agrícolas. *Agronomía Colombiana*. Vol. XV No. 2: 181-193.
- Lemus RBE, 2007. Agua y Salud: un enfoque sustentable. www.geocities.com/congresoprograma/5-6.pdf. (15 de marzo de 2007).
- León-Arteta R (2003) Manual edafológico de campo. 2a. Ed. Textos Universitarios, Universidad Veracruzana. México. 205 pp.
- León-Arteta, R. 1995. Ajustes metodológicos y fórmulas empíricas para el laboratorio de suelos. pp. 30. *In*: J.L. Tovar S., V. Ordaz Ch. y R. Quintero L. (eds.). *La investigación edafológica en México 1992-1995*. Cd. Victoria, Tamps; México.
- Leyva O., O. R.; Carballo C., A.; Mejía C., J. A. y Vázquez C., M. G. 2002. Procesamiento digital de imágenes para la estimación de textura de endospermo en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(4):355–365.
- Li, J., Langford, C.H., Gamble, D.S., 1996, Atrazine sorption by a mineral soil: Effects of soil size fractions and temperature: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3680–3684.
- Libro técnico N° 1. Morelia, Mich. INIFAP. CE- NAPROS. pp. 199-214.
- Lin, W., Okon, y. Y. Hardy, R. W. F. 1983. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol.* 45:1775-1779.
- Linderman, R. G. 1993. Effect of microbial interactions in the mycorrhizosphere on plant growth and health. En: *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Ed. Ferrera-Cerratos y Quintero, L. R. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.
- Ling, W.T., Wang, H.Z., Xu, J.M., Gao, Y.Z., 2005, Sorption of dissolved organic matter and its effects on the atrazine sorption on soils: *Journal of Environmental Sciences*, 17, 478–48.
- Linn, D.M. y J.W. Doran. 1984. Aerobics and anaerobics microbes populations in no-tillage and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 794-799.
- Llerena, L.D., 1947, El distrito de conservación del suelo y agua de Chapingo, México: Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, tesis de licenciatura.
- Lohry, R. D. and Schepers, J. S. 1988. Chlorophyll leaf nitrogen and yield relationships of irrigated corn in Nebraska. *In*: *Agronomy Abstracts*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. p. 241.
- Longoria, G.G. 1973. Prevención de la clorosis férrica en suelos calcáreos mediante tratamientos de inundación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- LOPES, A. S. 1984. Solos sob "cerrado": características, propiedades e manejo. 2 ed. Potafos. Piracicaba, Brasil. 162 p.
- López B., L. 1990. Cultivos herbáceos. Volumen I: Cereales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 539 p.
- López J., A. y P. Cruz H. 1990. Efecto de la fertilización con N, P, K y tres fuentes de materia orgánica en nopal tunero (*Opuntia amyoclaea* T.) En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3^{er} reunión Nacional y 1^a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. p 149-154.
- López, D.A., R.M. Williams, K. Miehke y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+822 Monticelo Place, Evanston, Illinois, USA. Ed. en español, Edika Med., S.L., Barcelona, España.
- López, E.; Bocco, G.; Mendoza, M.; Velásquez, A. and Aguirre-Rivera, J. R. 2006. Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural systems* 90:62–78.
- Lubal, P., D. Fetsch y D. Siroký. 2000. Potentiometric and spectroscopic study of uranyl complexation with humic acids. *Talanta*. 51: 977-991.
- Lubal, P., D. Siroký, D. Fetsch, J. Havel. 1998. The acidobasic and complexation properties of humic acids. Study of complexation of Czech humic acids with metal ions. *Talanta* 47: 401-412.
- Lucas, R.E. y B.D. Knezek. 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. pp: 265-288. *In: J.J. Mortvedt et al.* (ed.). *Micronutrients in agriculture*. Soil Sci. Soc of Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Lugo-López, M.A. 1953. Moisture relations of Puerto Rico soils. Univ. Puerto Rico Agr. Exp. Sta. R. P. Tech. Pap. 9.
- Luna O., P. 1980. Clasificación campesina de los terrenos del ex lago de Texcoco y su relación con el levantamiento de suelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Luna O., P. 1982. Estudio comparativo sobre la clasificación campesina de suelos de dos comunidades del Valle de México. Tesis de Maestría. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- MacGarry D, Braunack MV, Cunningham G, Halpin N, Salloway M, Waters D, Egan BT (1997) Comparison of soil physical properties of row and interrow: basis for control traffic in cane. *Proc. Cong. Sugarcane TechAust. Soc.* Queensland, Australia. pp.263- 269.
- Madejon, E., R. López, J. M. Murillo, F. Cabrera. 2001. Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: Efect on crops and chemical properties of a cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). *Agric. Ecosyst. Environm.* 84: 55-65.
- Majakova, E. F. y V. A. Proskurjakov. 1972. *Proc. 4th International Peat Ontaniemi*, p.235.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. POTAFOS. Piracicaba, Brasil. 201 p.
- MARCHAL, J. 1984. Frutiers tropicaux divers, pp. 496-510. *In: L'analyse Végétale dans le Contrôle de l'alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales*. MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. (coord.) Tech. & Doc. Lavoisier. Paris, France.
- Mariaca-Méndez R (1992). La fertilidad del suelo en la milpa bajo roza-tumba-quema en Yucatán. En: Zizumbo-Villareal D, Rasmussen-H C, Arias-Reyes LM, Terán-Contreras S, (eds). *La modernización de la milpa en Yucatán: Utopía o realidad*. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán. Mérida, Yuc. México.
- Mariaca-Méndez R, Hernández-Xolocotzi E, Castillo MA, Moguel OE (1995) Análisis estadístico de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México. En: *La milpa en Yucatán. Un sistema de producción agrícola tradicional*. Tomo 2. Colegio de Postgraduados. 307-631 pp.

- Márquez–Pacheco, H., 2009, Atenuación natural de atrazina en perfiles de suelo de Guasave, Sin.: México, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 103 pp.
- Marscher H, 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. Miyake, Y. and Takahashi, E. 1983. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29:463-471.
- Martin, H. W. and Sparks, D. L. 1983. Kinetics of non-exchangeable potassium release from two Coastal Plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:883-887.
- Martínez, L.J. y J. Salomon. 1995. Efecto de un extracto de algas y varios fitoreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Martínez, R., M. López, B. Dibut, C. Parra y J. Rodríguez. 2006a. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Edición: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra. 172 p.
- Matus, F. J. 1994. The distribution of soil organic matter of various aggregate size classes in arable soils. I. Relationships between clay content of aggregates of a sand and a clay soil and carbon mineralization, nitrogen mineralization and microbial biomass carbon. Doctoral Thesis. The Netherlands. Agricultural University of Wageningen. p. 79-98.
- Mazzarino, M., Walter, I., G. Costa, F. Laos, L. Roselli, and P. Satti. 1997. Plant response to fish farming wastes in volcanic soils. *J. Environ. Qual.* 26: 522-528.
- Mc 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, citado por Méndez Aguilar, I.J.
- McBride, M. 1998. Genética en el jardín. Discover United Editors de México. México, DF. *medioambientales y económicos*, pp 203-220. Eds. L. García Torres y P. González Fernández. Publicado por la Asociación Española Laboreo de Conservación/Suelos Vivos.
- Meléndez NF (1997) *Manejo de praderas para Tabasco*. Fundación Produce Tabasco, A. C. Villahermosa, Tabasco. México. 77 pp.
- Meléndez, G. 2003. Fracción orgánica del suelo: Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. *In: G. Soto; G. Meléndez; L. Uribe. eds. Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura.* San José, Costa Rica. p. 1.
- Mengel, K. 1982. Factors of plant nutrient availability relevant to soil testing. *Plant and Soil* 64:129-138.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute. P.O. Box.Ch-3048 Worblaufen-Bern. Switzerland.
- Mengel, K., Rahmatullah, and Dou, H. 1998. Release of potassium from the silt and sand fraction of loess-derived soils. *Soil Sci.* 163:805-813.
- Meyer, D. and Jungk, A. 1993. A new approach to quantify the utilization of non-exchangeable soil potassium by plants. *Plant and Soil* 149:235-243.
- Miehlich, G., 1992, Formation and properties of tepetate in the central highlands of Mexico: *TERRA* 10, 137-144.
- Miner, G. S.; Poling, E. B.; Carroll, D. E. and Nelson, L. A. 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:290-295.
- Miranda I. Edenys. 2009. Física de Suelos. Su impacto en la productividad agrícola. Universidad de Pinar del Río "Hnos. Saiz Montes de Oca", Cuba. Portal (En línea).
- Mitsios, I. K. and Rowell, D. L. 1987a. Plant uptake of exchangeable and non-exchangeable potassium. I. Measurement and modelling for onion roots in a Chalky Boulder Clay soil. *J. Soil Sci.* 38:53-63.
- Mitsios, I. K. and Rowell, D. L. 1987b. Plant uptake of exchangeable and non-exchangeable potassium. II. Influence of soil type on uptake by onion roots. *J. Soil Sci.* 38:65-70.

- Miyamoto, S. 1998. Use of acids and acidulants on Alkali soils and water. p. 217-255. In A. Wallace and R.E. Terry (eds.) Handbook of soil conditioners substances that enhance the physical properties of soil. Part III. Mineral soil conditioners. Marcel Dekker, New York, USA.
- Mohammad, M. J and Zuraiqi, S. 2003. Enhancement of yield and nitrogen water use efficiencies by nitrogen drip-fertigation of garlic. J. Plant Nutr. 26(9): 1749- 1766.
- Molina NC, Cáceres MR (1992) Análisis de la composición catiónica producida por el desmonte y posterior cultivo de suelos loésicos de la provincia de Tucumán Argentina. En: Tovar Salinas J L, Quintero-Lisaola R (eds.) La investigación edafológica en México 1991-1992. SMCS. Acapulco, Gro. México. Navar J, Sinnott TJ (2000) Soil infiltration and land use in Linares, N. L. México. Terra 18: 255-262.
- Monroy, J.; Vera-Núñez, J. A.; Carrera, M. A.; Grageda- Cabrera, O. A. y Peña-Cabrales, J. J. 2002. Absorción de nitrógeno (15N) y productividad del agua por el cultivo de la fresa (*Fragaria Xananassa*) en "El Bajío", México. Terra 20(1):65-69.
- Monteith NH, Banath CL (1965) The effect of soil strength on sugar cane root growth. *Trop. Agric.* 42: 293-296.
- Montes, H. S. y Aguirre, R. J. R. 1992. Tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.). En: J. E. Hernández B. y J. León (eds.). *Cultivos Marginados: Otra perspectiva de 1492*. FAO ONU. Roma. pp. 115-120.
- Mora D. Jairo. 2009. Contribuciones del Compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo. Revistas Científicas Lunazul. Universidad de Caldas, Manizales-Colombia. Portal (En línea).
- Mora G., M. 1996. Informe técnico anual. SAGAR-INIFAP. Campo Experimental Querétaro, México.
- Mora GM, Ordaz ChV, Castellanos JZ, Aguilar SA, Gavi F, Volke HV (2001) Sistemas de labranza en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. Terra 19: 67-74.
- Moreno A., Valdés M.T. y Zarate T., 2005. Agricultura técnica, Chile, 65: 26-34.
- Moreno, A., 2008. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL.
- Mosquera M. Francisco. (2009). Abonos orgánicos y Bioles. Administrador Hda. Florida. Vía Naranjal – Santa Rosa de Flandes. Entrevista personal realizada el 24 mayo del 2009.
- Munguía López, Juan PhD (2002). Experimentos con la Aplicación de ALGAENZIMS, Labranza Cero y Reducción de Fertilizantes en Maíz y Trigo en Rotación. Patrocinado por CIQA, Palau Bioquim y el SISTEMA CONACYT SIRREYES (2000-2001), clave de proyecto No. 19990606017.
- Muñoz, R. 1998. Fertilización de Papa en Antioquia. Fertilización de Cultivos de Clima Frío. Segunda Edición. Monómeros Colombo Venezolanos, Colombia. 65 p.
- Muraoka, T., E. J. Ambrosano, F. Zapata, N. Bortoletto, L. M. Martins, A. Trivelin P. C. O., A. E. Boaretto y W. B. Scivittaro. 2002. Eficiencia de abonos verdes (*Crotolaria* y *Mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. Terra 20: 17-23
- MUSTIN, M., 1987. *Le compost*. Ed. François Dubusc. París, 954 p.
- Nair, P. K. R. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht, Kluwer pub. 499 p. Sarig, S., Blum, A. y Okon, Y. 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. J. Agric. Sci. Camb. 110:271-277.
- Nájera, A., 1999. Evaluación del composteo como método para el tratamiento de los residuos cítricos, probando dos diferentes sistemas de aeración. Tesis de maestría en ingeniería ambiental. Facultad de ingeniería de la UADY. Mérida, Yucatán. 83 págs.

- NAKAGAWA, J. 1988. Problemas, respostas e perspectivas com micronutrientes na fruticultura brasileira, pp. 781-785 *In: Simposio sobre Micronutrientes na Agricultura, Anais UNESP/IAC/ANDA/POTAFOS, Jaboticabal, Brasil.*
- Narambuye, F; Haynes, R. 2007. Effect of organic amendments on soil pH and Al solubility and use of laboratory indices to predict their liming effect. *Soil Science* 171:748-754.
- NATALE, W. 1993. Diagnose da nutrição nitrogenada e potássica em duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.), durante três años. Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. 150 p.
- Navarro G., H y Flores, D.S., 1997, Manejo agronómico diferencial de la asociación maíz-haba en tepetate de quinto año de uso agrícola. In: Tercer Simposio Internacional: Suelos Volcánicos y Endurecidos, *en* Zebrowski, C., Quantin, P y Trujillo, G. (eds.), ORSTOM. Quito, Ecuador. 287- 295.
- NAVARRO PEDREÑO, J., MORAL HERRERO, GÓMEZLUCAS Y MATAIX BENEYTO., 1995. *Residuos orgánicos y agricultura*. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones. Alicante. España, 108 pp.
- Németh, K. 1975. The effect of K fertilization and K removal by raygrass in pot experiment on the K concentration of the soil solution of various soils. *Plant and Soil* 42:97–107.
- Németh, K.; Mengel K. and Grimme, H. 1970. The concentration of K, Ca. and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci.* 109:179–185.
- Nigoul Martin. 2009. Función de la Materia Orgánica en el suelo. Usado con autorización del Profesor Jerzy Weber. Portal (En línea).
- Nimlos, T.J. and Ortiz-Solorio, C.A., 1987, Tepetate the rock mat: *Soil Water Conservation*, 42, 83-86.
- Nobel, S.P. 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford University Press. Nueva York. 166p.
- Pimienta B., E. 1986. Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. CIANOC, SARH-INIFAP. Publicación especial 5:1-34
- Norton, D. L.; Ventura, E. y Dontsova. K. 2003. Soil degradation as result of water erosion. *Terra* 21:259–265.
- O'Leary, M., G. REM y M. Schmitt. 1997. Understanding nitrogen in soils. University of Minnesota. Crookston, MN.
- Oades, J.M., and G. Waters. 1991. Aggregate hierarchy in soils. *Aust. J. Soil Res.* 29: 815–828.
- Oikeh S., O.; Kling, J. G. and Okoruwa A., E. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African moist Savanna. *Crop Sci.* 38:1056–1061.
- Olarte-Ortiz O, Almaguer-Vargas G, Espinoza EJ, 2000. Efecto de la fertilización foliar en el estado nutricional, la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y el rendimiento en naranjo "Valencia Late". *TERRA Latinoamericana.* 18: 339-348.
- Oldeman, L.R., 1988, Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. Working paper 88/4: International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, 151p.
- Olson, K. y N. Senjem. 1996. Economics comparison of incremental changes in tillage systems in the Minnesota river basin. University of Minnesota. Crookston, MN.
- Ordaz Ch., V.M. y S.G. Gallegos E. 1990. Diferencias entre análisis mecánico y estimación de la conductividad hidráulica a partir del tamaño de partículas de seis unidades de suelos. p. 26. *In: A. Aguilar S., G. Alcántar G. y*
- Ordaz-Chaparro VM (1999) El agua en el suelo y su evaluación. Publicación especial No. 8. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Colegio de Postgraduados. México. Ortiz-Villanueva B (1975). Edafología. E.N.A. (U.A.CH.). Chapingo, México. 291 pp.
- Ortiz S., C.A. y B. Ortíz-Villanueva, 1990. Edafología. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz V., B. y C. Ortiz S. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, México.

- Ortiz-Solorio, C.A. 1999. Los levantamientos etnoedafológicos: Colegio de Postgraduados Montecillo, México, Tesis de Doctor en Ciencias.
- Ortiz-Solorio, C.A., 1986, Evaluación de la velocidad de desertificación en la cuenca del río Texcoco (efecto de la tecnología aplicada, inversiones y factor humano: México: Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, tesis de Maestría en Ciencias.
- Osuna C., E.S. 1987. Efecto de la lluvia sobre las propiedades físicas de los suelos laboreados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Osuna E, 1997. Investigación de erosión y labranza de conservación en la región norte-centro de México. In: Claverán *et al.* (eds.) Avances de Investigación en Labranza de conservación.
- Pacheco HI, Cortés LT (1986) *Efecto del uso continuo con caña de azúcar (Saccharum ssp.) Sobre algunas variables importantes en un Vertisol, en la Chontalpa, Tabasco, México.* Tesis. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas. Tabasco, México. 150 pp.
- Pacheco HI, Cortés YLT (1986) *Efecto del uso continuo con caña de azúcar (Saccharum ssp.) Sobre algunas variables importantes en un vertisol en la Chontalpa, Tabasco.* Tesis. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco, México. 150 pp.
- Pacheco, L.M.C., 1979, Cartografía y caracterización mineralógica de los tepetates del oriente del Valle de México: México, Universidad Autónoma de Chapingo, Tesis Licenciatura.
- Pacheco, M. L. y J. Havel. 2001. Capillary zone electrophoretic study of uranium (VI) complexation with humic acids. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 248: 565-570.
- Palacios V., E. 1979. Manual de operación de Distritos de Riego. Departamento de Irrigación. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Palacios-Pérez A, Ramírez-Jaramillo G (1996) Los suelos de Campeche. Características y su importancia agropecuaria. En: Memorias del primer simposium estatal sobre investigación científica y desarrollo tecnológico. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, Camp. México. Pp 50-62.
- Palacios-Vélez E (2002) *¿Por qué, cuándo, cuánto y cómo regar? Para lograr mejores cosechas.* 1a. ed. TRILLAS S.A. de C.V. México. 214 pp.
- Palma-López DJ, Cisneros JD (2000) *Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco.* 2ª Edic. Vol 1. Fundación Produce Tabasco, A.C. Villahermosa, Tabasco. 115 pp.
- Pathack, C. S. 1994. Allium improvement for the tropics: Problems and AVRDC strategy. *Acta Horticulturae.* 358:23-28.
- Patil, J.D. 1980. Effect of calcium carbonate and organic matter on the growth and concentration of iron and manganese in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Plant Soil* 60: 295-300.
- Peña H.D., Miranda, M.E., Zebrowski, C. y Arias, M. H., 1992, Resistencia de los tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada: *TERRA*, 10, 164-177.
- Peña, H.D., y Zebrowski, C., 1992, Los suelos y tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada: *TERRA*, 10, 151-163.
- Peña, J.; Grageda, O. 1997. Dinámica del nitrógeno en el ecosistema agrícola, pp. 345-366. En: Ruiz H., J., D. Guzmán P. y J. Peña C. (ed.), *Perspectivas de la Microbiología en México.* IPN.
- Peña, L. A. 1994. Hibridación en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). En: *Memorias de la XL Reunión Anual.* Interamerican Society for Tropical Horticulture. Campeche, México. p. 67.
- Peña, L. A. y Santiaguillo, H.J.F. 1998. *Variabilidad genética de tomate de cáscara en México.* Boletín Técnico # 2. Programa Nacional de Investigación en Olericultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 26 p.

- Peña-Cabriales, J.J. y O.A. Grageda-Cabrera. 1997. Dinámica del nitrógeno en el ecosistema agrícola. p. 371. *In*: J. Ruíz-Herrera, D. Guzmán de Peña y J.J. Peña-Cabriales (eds.). *Perspectivas de la microbiología en México*. Instituto Politécnico Nacional. México, DF.
- Peña-Méndez, E. M., D. Fetsch, J. Havel. 2004. Aggregation of humic acids in aqueous solution vapor pressure osmometric, conductivity, spectrophotometric study.
- PEREIRA, F. M.; MARTINEZ JUNIOR, M. 1986. *Goiabas para Industrialização*. Ed. Legis Summa. Jaboticabal, Brasil. 142 p.
- Pérez, C., y J. González. 2001. Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Quilamapu, Chillán, Chile. 196 p.
- Pimienta B., E. 1990. *El nopal tunero*. Universidad Autónoma de Guadalajara. Jalisco, Méx. 235 p.
- Pipper, C.S. 1944. *Soil and plant analysis*. Interscience Publ., New York.
- Pons H., J. L.; Terrón T, A. D.; Arévalo V, T; Aguilar G., R.; Díaz de León T, G.; Rodríguez G., H.; Delgadillo S., F.; Narro S., J.; Vuelvas C, M. A.; Arreola T, J. M.; Díaz C, G. y Pérez M., J. 1993. *Guía para cultivar maíz de riego y temporal en Guanajuato*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. 36 p. (Folleto para Productores Núm. 3).
- Pool N., L., E. Cervantes T. y S. Meza D. 1991. La clasificación tsotsil de suelos en el paisaje cárstico de la subregión San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Terra* 9: 11-23.
- Pool-Novelo L (1980) Estudio de los suelos calcimórficos con relación a la producción maicera. Seminario sobre la producción agrícola en Yucatán. Gobierno del estado de Yucatán. Secretaría de Programación y Presupuesto. Secretaría de Recursos Hidráulicos-Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 32 pp.
- Pool-Novelo L, Hernández-Xolocotzi E (1995) Los contenidos de materia orgánica de los suelos en áreas bajo el sistema agrícola de roza-tumba-quema: Importancia del Muestreo. *En*: *La milpa en Yucatán. Un sistema de producción agrícola tradicional*. Tomo 1. Colegio de Postgraduados. 287 pp.
- Pool-Novelo, L., N. S. León-Martínez, C. González-Santiago y P. Figueroa-Fuentes. 1998. Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura Chol del valle del Tuliá, Chiapas, México. *Terra* 16: 359-369.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi Prensa.
- Potter, K.N. y F.W. Chichester. 1993. Physical and chemical properties of a Vertisol with continuous controlled-traffic, no-till management. *American Society of Agricultural Engineers*. USA.
- Poulton, P.R., I. Craciun, D.S. Powelson y D.S. Jenkinson. 1996. The influence of straw incorporation and soil type on nitrogen losses. First research co-ordination meeting of the
- Prat C., Ordaz V., Rugada J.A., 2002, Impacto de la roturación y del manejo agronómico de un tepetate sobre su estructura: *TERRA* 21, 109-115.
- Prat, C., Baez, A. y Márquez, A., 1997, Erosión y escurrimiento en parcelas de tepetate en Texcoco, México, *en* Zebrowski C., Quantin, P., Trujillo, G. (Eds.), *Suelos volcánicos endurecidos*. III Simposio Internacional. Quito, Ecuador, 378-384.
- QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. VAN; PIZA Jr., C. T. 1996. Frutíferas. pp. 121- 125. *In*: *Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo*. B. VAN RAIJ; H. CANTARELLA; J.
- QUEIROZ, E. F.; KLIEMANN, H. J.; VIEIRA, A.; RODRIGUEZ. A. P. M.; GUILHERME, M. R. 1986. Nutrição mineral e adubação da goiabeira (*Psidium guajava* L.), pp.164-187. *In*: *Nutrição Mineral e Adubação de Frutíferas Tropicais*. H. P. HAAG, (coord.). Fundação Cargill. Campinas, Brasil.

- Quero GE, 2006a. Silicio en la producción agrícola. Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. 5 p. <http://loquequero.com/portal-loquequero.com>.
- Quero GE, 2006b. Manejo del silicio en la producción agrícola. Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. 4 p. <http://loquequero.com/portal-loquequero.com>
- Quero GE, 2006c. El pH y su importancia en el manejo de la producción agrícola. Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. 4 p. <http://loquequero.com/portal-loquequero.com> zo de 2007).
- Ramanathan, V., R. J. Cicerone, H. B. Singh y J. T. Kiehl. 1985. Trace gas trends and their potential role in climate change. *J. Geophys. Res.* 90: 5547-5566.
- Ramos A, 2007. Urge un programa para frenar erosión. Periódico Reforma. Noticia 54. México
- Reghin, M. Y., R. F. Otto, J. R. Olinik, C. Jacoby and R. de Oliveira. 2005. Vernalization of bulbs and the effect on yield and physiological potential of onion seeds. *Hortic. Bras.* 23(2):294-298. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo>. [citado 13 Julio 2006].
- 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.
- Reyes Ríos, Dora María (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 UAAAN. Patrocinado por UAAAN y Palau Bioquim.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor. México, D. F., México. 640 p.
- Reyes-Castañeda, P. 1981. Historia de la agricultura. Información y síntesis. AGT. México, DF.
- Rico P. Alberto. 2009. Principios básicos de Agricultura Orgánica.
- Rienk M R (1997) Applications of micromorphology of relevance to agronomy. *Advances in Agronomy*, 19:119-159.
- Riera, J. y I. Guerrero. 1984. Caracterización agroecológica de la región oriental del Guárico. Subestación experimental Valle de la Pascua. Fonaiap. Mimeografiado. 159 p.
- Roberts TL, 2002. Fertilidad del suelo, altos rendimiento y rentabilidad. *Informaciones Agronómicas*. 46: 6-10.
- Rodríguez F. Pedro. 2009. Efecto del estiércol bovino y humus de lombriz sobre el crecimiento del pimiento. Portal (En línea).
- Rodríguez, S. J. y Galvis S. A. 1989. Dinámica del potasio en los suelos del país. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile. 137 p.
- Rodríguez, S. J.; Pinochet T. D. y Matus B. F. 2001. Fertilización de los cultivos. Lom (eds). Santiago de Chile. Chile. 117 p.
- Rodríguez, S., Gutiérrez-Castorena, M.C., Hidalgo, C. y Ortiz-Solorio, C.A., 1999, Intemperismo en Tepetates y en cenizas volcánicas y su influencia en la formación de Andisoles: *TERRA*, 17, 97-108.
- Rodríguez-Fuentes H, Rodríguez-Absi J (2002) Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. 1a. ed. Ed. Trillas. 187 pp.
- Romero L., María del R., A. Trinidad S., R. García E. y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Romero L., María del R., A. Trinidad S., R. García E. y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 3: 261-269.
- Romero, P., J.; Vargas U., G.; Odón, G., G. J.; Pulido, S., J.; Peña P., F.; Rebollar, A. y Rivera, M. D. 2001. Agricultura, Población y Deterioro de Recursos Naturales en Michoacán: Diagnóstico y propuestas. Reyes, R. M. I. (ed) Universidad Autónoma Chapingo. 352 p.

- Rucks L. 2009. Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República. Montevideo – Uruguay. Departamento de Suelos y Aguas. Portal (En línea).
- Ruiz D., M. de J. 1996. Manejo y reciclamiento de residuos orgánicos en la intensificación de la agricultura de ladera en Los Altos de Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas. 79 p.
- Ruiz FJF (1996) Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. En Zapata ARJ, Calderón AR (Eds.) Memoria del primer foro nacional sobre agricultura orgánica. UAM/CONARAO/INIFAP. Colima, México. pp. 23-47.
- Ruiz, F.J., 1987, Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural: Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 222 pp.
- Sabine, J. 1983. Earthworms as sources of food and drugs. In "Earthworms Ecology" (J.E. Satchell, Editorial), pp 285-296 Chapman and Hall, London, England.
- SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1996. Anuario estadístico de la producción agrícola de México.
- SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1999a. Anuario estadístico de la producción agropecuaria y forestal. Delegación en la Comarca Lagunera. Lerdo, Durango, México.
- SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1999b. Paquetes tecnológicos y costos de producción de los principales cultivos de la Comarca Lagunera. Lerdo, Durango, México.
- SAGAR-INIFAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Agropecuarias. 1996. Informe técnico anual. Campo Experimental Querétaro. Querétaro, México.
- Salazar, F., and R. Saldaña. 2007. Characterization of manures from fish cage farming in Chile. *Bioresour. Technol.* 98: 3322–3327.
- Salazar, L., 1938, Elementos de Geología: Universidad Nacional Autónoma de México pp. 192-33.
- Salgado G., S., L. Bucio A., D. Riestra D. y L.C. Lagunes-E. 2001a. Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados-ISPOTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México.
- Salgado G., S., R. Núñez E., J.J. Peña-Cabriales, J.D. Etchevers B., D.J. Palma L. y R.M. Soto. 2001b. Eficiencia de recuperación del nitrógeno fertilizante en soca de caña de azúcar sometida a diferentes manejos de fertilización. *Terra* 19: 155-162.
- Salgado G., S., R. Núñez E., J.J. Peña-Cabriales, J.D. Etchevers B., D.J. Palma L. y M.R. Soto H. 2000. Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia* 34:689-698.
- Salgado GS, Bucio LAD, Riestra DD, Lagunes-E LC (2001) *Caña de Azúcar: hacia un manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB. H. Cárdenas, Tabasco. México. 349 pp.
- Salgado GS, Núñez ER, Cabriales PJJ, Etchevers BJD, Palma-López DJ, Soto HMR (2000) Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia* 34: 689-698.
- Salgado, L. 1996. Conceptos generales sobre salinidad. Boletín de Extensión N° 41. p. 1-43. Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- Salinas M., Y. y Pérez P., H. 1997. Calidad nixtamalera-tortilla en maíces comerciales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 20:121–136.
- Salinas M., Y. y Vázquez C., G. 2003a. Calidad de maíz para las industrias molinero-tortillera y de harinas nixtamalizadas. *In: 60 Años de Investigación al Servicio de México 1943–2003–Campo Experimental Valle de México*. Díaz G., L. T.; Espitia E., R. y Magallanes J., V. (eds). Texcoco, Estado de México, México. 95 p. (Memoria Técnica No. 6).

- Salinas M., Y.; Arellano J., L. V. y Bustos F., M. 1992. Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. Arch. Latin. Nutr. 42(2): 161–167.
- Sandoval, M., N. Stolpe, E. Zagal, M. Mardones, and J. Celis. 2008. Notillage organic carbon contribution and effects on an Andisol structure from the Chilean Andean foothills. Agrociencia 42: 139–149.
- Santamaría R., S. Y R. Ferrero C. 1996. Contenido nutrimental de vermicompostas producidas de diferentes desechos orgánicos. Memorias del XXVII Congreso Nacional de las Ciencia del Suelo Cd. Obregón, Son. Pág. 116.
- Santamaría, R.S., R. Ferrera C., J.J. Almaraz S., A. Galvis S. e I. Barois B. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia 4: 377-384.
- Santamaría-Romero S, Ferrera-Cerrato R (2002) Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. Terra 20: 303-310.
- Santibáñez, F. 2000. Suelos. In: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile–1999. Universidad de Chile (ed). LOM Ediciones, Santiago, Chile. pp: 203–244.
- Santos-Ocampo A (1984) Inventario de las áreas erosionadas en el estado de Campeche. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 147 pp.
- SARH-INIA-CIAB-CAEB. 1983. *Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Agrícola Experimental Bajío*. Celaya, Guanajuato, México. p. 276.
- SARH-Subsecretaría de Planeación-Dirección General de Estudios, Informática y Estadística Sectorial. 1991. El uso de fertilizantes. Distritos de Riego. Informe estadístico 137. México, DF.
- Schepers, J. S.; Francis, D. D.; Vigil, M. and Below, F. E. 1992. Comparasion of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Common. Soil Sci. Plant Anal. 23:2173–2187.
- SCHMIDT, S. K.; SCOW, K. M. 1986. Mycorrhizal fungi on the Galápagos Islands. Biotrópica 18(3): 236-240.
- Scielo. 2009. Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Agronómicas Arica – Chile. Casilla 6-D. Portal (en línea). http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071834292006000100009&script=sci_arttext
- Scott HD (2000) Soil physics. Agricultural, and environmental applications. 1st edit. Iowa State University Press. USA. 421 pp.
- Scott, N.; Cole, C.; Elliott, E.T. and Huffman, S. 1996. Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 1102-1109.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-CIANE-Delicias, México. Lee, R.V. y J.N. Lerma. 1991. Evaluación del ácido sulfúrico y elementos menores aplicados en el agua de riego para el control de clorosis en trigo-sorgo a través del tiempo. Cd. Delicias, Chih. Memorias XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo. México. p. 39.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), Centro de Estadística Agropecuaria. 1997. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*. Tomo II. 387 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2007, Anteproyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM–032–FITO–1995: <http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/12437.59.59.1.ANTEPROY.032.FEBu.doc>, acceso libre, consulta: 3 de septiembre de 2009.
- Secretaría de Energía (SENER), 2007, Anuario estadístico de la industria petroquímica: México, D.F., www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Anuario%20Estadistico%20de%20la%20Industria%202006.pdf acceso libre, consulta: 1 de abril de 2008.

- Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (SEMARNAP–IMTA), 2000, Contaminación y drenaje agrícola: Jiutepec, Morelos, México, Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Contaminación y Drenaje Agrícola.
- Senn, T.L. 1987. Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.
- SEP. 1991. Frijol y chícharo. David B. Parsons. 2 Ed. México: Trillas.
- Servenay, A., Prat, C., Sorani V. y González, E., 1996, Estudio espacial de los tepetates del eje neovolcánico mexicano: metodología para un programa de investigación. *en* Zebrowski, C., Quantin, P., Trujillo, G. (Eds.), Suelos volcánicos endurecidos. III Simposio Internacional. Quito, Ecuador, 149-153.
- Silva Junior, A. A. 1984. Adubação mineral e orgânica em repolho (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata* L.). I Produção total e comercial. Horticultura Brasileira. 2(1):13-16.
- Six, J., K. Paustian, E. Elliott, and C. Combrink. 2000. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am.* J10.8.
- Skjemstad, J.O.; Janik, L. J.; Head, M. J. and McClure, S. G. 1993. High energy ultraviolet photo-oxidation: a novel technique for studying physically protected organic matter in clay and silt-sized aggregates. *J. of Soil Sci.* 44:485-499.
- Sloderbeck, P. E. y C. R. Edwards. 1979. Effects of soybean cropping practices on Mexican bean beetle and redlegged grasshopper populations. *J. Econ. Entomol.* 72: 850-853.
- Small, W.L. y E.R. Green. 1968. Biología. Editado en español por Publicaciones Culturales, S.A. de C.V., México, vigésima segunda edición.
- Socías–Vicianá, M.M., Fernández–Pérez, M., Villafranca–Sánchez, M., González–Pradas, E., Flores–Céspedes, F., 1999, Sorption and leaching of atrazine and MCPA in natural and peat–amended calcareous soils from Spain: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1236–1241.
- Solleiro-Rebolledo E., Gama-Castro J.E., Palacios-Mayorga S., Sedov, S., Shoba S.A., 1999. Late Pleistocene paleosols in Central Mexico: genesis and paleogeographic interpretation: *Eurasian Soil Science* 32: 1077-1083.
- Sommer C (1979) Bodenverdichtung und ihre Beurteilung. *Zeitschr. Kulturtechnik Flurbereinigung* 20: 257-268.
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. *In:* Soto, G; Meléndez, G; Uribe, L. eds. Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas, Costa Rica. p. 27-33
- Soto, G; Meléndez, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. *In:* Soto, G; Meléndez, G; Uribe, L. eds. Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la Agricultura. Centro de Investigaciones Agronómicas, Costa Rica. p. 59.
- Soto, P. 2000. Adaptación y establecimiento de alfalfa. p. 9-24. *In* P. Soto (ed.) Alfalfa en la zona centro sur de Chile. Colección Libros INIA, N° 4. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Soto, P., y E. Jahn. 1997. Fertilización nitrogenada en maíz para ensilaje en un suelo arrocero. p. 21-22. XX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, SOCHIPA A.G., Chillán, Chile.
- Soto, P., y H. Acuña. 1996. Praderas para suelos arroceros. p. 505 - 518. *In* Ruiz, I. (ed.). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Sparks, D. L. 1987. Potassium dynamics in soils. *Adv. Soil Sci.* 6:1–63.
- Sposito, G. 1989. The chemistry of soils. Oxford Univ. Press. New York. p 277.
- Stancheva, I., Dimitrov, I. , Kaloyanova, N. , Dimitrova, A y Angelov, M. 1992. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on photosynthetic enzyme activities and grain yield in Maite. *Agronomie* 12:319-324.
- Starmedia. 2009. Salinidad del Suelo. Artículo principal. Portal (En línea).

- Stewart, J.W.B., R.F. Follet y C.V. Cole. 1987. Integration of organic matter and soil fertility concepts into management decisions. pp. 1-8. *In*: Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. Soil Science Society of America. Special Publication 19. Madison, Wisconsin.
- Stone, B. 1970. The flora of Guam. *Micronesica* 6: 327-328.
- Sullivan, Preston, (2007) El manejo sostenible de suelos. 1° Ed. ATTRA. Pp. 19 – 21.
- Sustaita-Rivera F, Ordaz-Chaparro V, Ortiz-Solorio C, León-González F (2000) Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola. *Agrociencia* 34: 379-386.
- Sylvia, D. M. 1999. Fundamentals and applications of arbuscular mycorrhizae: A «biofertilizer» perspective, pp 705-723, En: Siqueira, J.O. and Moreira F.M. (eds.). Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramani y Y.P. Bali, 1970. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Trad. Romeo del V. A. Diana, México.
- Tan, K.H. 1993. Principles of soil chemistry. 2ª ed. 210 p. Marcel Dekker, New York, USA.
- Tapia VLM, Tiscareño LM, Salinas RJ, Velásquez VM, Vega PA, Guillén AH, 2002. Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas. *TERRA latinoamericana* 20: 449-457.
- Tapia, V. M.; Tiscareño, L., M.; Salinas R., J.; Velásquez V., M.; Vega, P., A. y Guillén, A. H. 2002. Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo en laderas agrícolas. *Terra* 20:449–457.
- Tappe, W., Groeneweg, J., Jantsch, B., 2002, Diffuse atrazine pollution in German aquifers: Biodegradation, 13, 3–10.
- Terralia. 2009. La Materia Orgánica. Portal (En línea).
- Tiscareño M, Gallardo M, Velásquez M, 1997. Impacto de los sistemas de labranza en las laderas. *In*: Claverán *et al.* (eds.) Avances de Investigación en Labranza de conservación. Librotécnico N° 1. Morelia, Mich. INIFAP. CENA- PROS. pp. 107-122.
- Tiscareño, L. M.; Baez G., A. D.; Velazquez V., M.; Potter, K. N.; Stone, J.; Tapia V., M. and Claveran, R., A. 1999. Agricultural research for watershed restoration in central Mexico. *J. Soil and Water Conservation* 54:686–692.
- Tisdale, S. L. y W. Nelson. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. Segunda Edición. Macmillan Company. New Cork, Estados Unidos. 694p.
- Tisdall, J. M. and Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil. Sci.* 33: 141-163.
- Tollenaar, M. 1991. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 31:119–124.
- Trade Corp. 2001. Informe Técnico Humistar. España.
- Trueba, C.A., 1979, Reincorporación de terrenos degradados a la producción: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Dirección General de Conservación del Suelo y del Agua. México, D.F.
- Uribe, V. G. 2004. Los Biofertilizantes en la Producción de Maíz en Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Uxmal. Folleto Técnico. pp. 27.
- Uvalle, B.J. 1982. Fertilización foliar en soya (*Glycine max.* L.) para el control de la clorosis. *Agricultura Técnica en México.* Enero-junio 1985.
- Valdivia V., S. y J. Pina C. 1980. Relación entre la densidad aparente y las condiciones de humedad en suelos de textura media y moderadamente fina y el manejo del agua. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (México)* 15: 57-76.
- van Noordwijk, M. and de Willigen, P. 1987. Quantitative root ecology as element of soil fertility theory. *Neth. J. Agric. Sci.* 34:273–281.

- Van Veen, J. A. and Kuikman, P. J. 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11: 213-233.
- VANGESTEL, C. A. M., 1996. Phytotoxicity of some chloroanilines and chlorophenols in relation to bioavailability in soil. *Water, Air and Soil Pollution* 88 (1-2), 119-132.
- Velásquez M, Tiscareño M, Claverán R, Gallardo M, 1997. Erosión y productividad bajo labranza de conservación I. Avances de investigación en suelos de ando de Michoacán. INIFAP- CENAPROS. Folleto Técnico N° 1. 34 p.
- Velásquez, A., Flores, R.D. y Acevedo, O., 2001, Formación de agregados en tepetate por influencia de especies vegetales. *Agro ciencia* 35, 311 – 320.
- Velazco, J., R. Ferrera - Cerrato y J. Almaraz- Suarez. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra*. 19:241-248.
- Veliz L. Carlos. (2009). Abonos orgánicos líquidos. Asesor Técnico. Hda. Yahumin Km. 90 Vía Costa. Entrevista personal realizada el 23 mayo del 2009.
- Vergara, N. T. 1987. Agroforestry: a sustainable land use for fragile ecosystems in the humid tropics, In: Gholz, H. L. (Ed.), *Agroforestry: realities, possibilities and potentials*, pp. 7-19. Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Vidal, P.I. 1994. Dinámica del nitrógeno y biomasa microbiana bajo diferentes manejos de suelo en maíz y trigo. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Vidigal, S. M., A. N. Sedyama M., N. C. Garcia e A. T. Matos. 1997. Produção de alface cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. *Horticultura Brasileira*. 15(1):35-39.
- Villada-Canela, M., 2006, Estimación del riesgo de contaminar mantos freáticos por infiltración de herbicida atrazina en distritos de riego en México: Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 128 pp
- Villarreal Sánchez Juan Antonio (2003). Búsqueda del Principio Activo del Extracto de Algas Marinas – tratamiento agrícola. Tesis de maestría UAdeC. Patrocinado por UAdeC, Palau Bioquim y el SISTEMA CONACYT SIRREYES (2001-2002), No. de referencia 20000606008.
- Villarreal-Romero, M., V. Pérez R. y J. H. Siller C. 1999. Fertirrigación nitrogenada y potásica, y su efecto en la producción y calidad del tomate, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Horticultura Mexicana* 7: 358-367
- Viloria, A., L. Arteaga, L. Díaz y D. Delgado. 2003. Efecto de fertilización con N-P-K y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Bioagro* 15(2):129-133
- Volke-Haller, V., J. F. Reyes y C. Merino-Bazán. 1993. La materia orgánica del suelo como función de factores físicos y el uso y manejo del suelo. *Terra* 11: 85-92.
- Volke-Sepúlveda, T., J. A. Velasco Trejo. 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Editorial INE-SEMARNAT. pp. 37-38.
- Voth, V. 1991. *Pomology strawberry research*. Australian Berry Fruit Growers Federation. National Conference, Hobart, Australia.
- Waksman, S. A. 1936. Humus. Williams and Wilkins, Baltimore, MD., pp. 234-237.
- Wallace, A. 1978. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake by plants. *Soil Sci.* 26: 336- 341.
- Watanabe, F.S., W.L. Lindsay y S.R. Olsen. 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29: 562-565.
- Watanabe, I. y Lin, C. 1984. Response of wetland rice to inoculation with *Azospirillum lipoferum* and *Pseudomonas* sp. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30:117-124.
- Weber, J.B., 1993, Bioavailability and bioactivity of sorbed organic chemicals, in Linn, D.M. y Carski, T. (eds.), *Sorption and Degradation of Pesticides and Organic Chemicals in Soil*: Madison, WI, USA, Soil Science Society of America, Special Publication 32, 153–196.

- Weber, J.B., 1995, Physicochemical and mobility studies with pesticides, in Leng, M.L., Leovey, E.M.K. y Zubkoff, P. (eds.), *Agrochemical Environmental Fate*: Boca Raton, Florida, United States of America, CRC Press, 99–1115.
- Werner, D. 1992. Physiology of nitrogen-fixing legume nodules. Compartments and functions- In: Stacey, G. Burris, R. H. and Evans, H. J. (Eds). *Biological nitrogen fixation*. Chapman & Hall. New York, N. Y. U. S. A. pp 399-431.
- Wieland, G., Neumann, R., Backhaus, H. 2001. Citado por García-Galavís, P.A., Santamaría, C., Ruiz, J.C., Daza, A. 2004. Efecto beneficioso de la agricultura ecológica sobre los microorganismos del suelo. En *Agroecología: Referente para la transición de los sistemas agrarios*, VI Congreso de la SEAE, 1143-1151.
- Wikipedia. 2009. Capacidad de intercambio cationico. Artículo 1. Enciclopedia libre. Portal (en línea).
- WILD, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández. Mundi-Prensa. Madrid. España, 1045 p.
- Williams, A. H.; Rodríguez, R. H.; Montes G. N. 1995. 20 años de investigación en sorgo en el campo experimental Río Bravo, Tamaulipas México.
- Williams, B.J. y Ortiz-Solorio, C., 1981, Middle American folk soil taxonomy: *Annals of the Association of American Geographers*, 71, 335-358.
- Young, C. C., Juang, T. C y Chao, C. C. 1988. Effects of Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical-tropical fields. *Biol. Fertil. Soils* 6:165-69.
- Zapata Raúl. 2009. La Acidez del Suelo. Artículo Web. Portal (En línea).
- Zapata, F. 1990. Técnicas isotópicas en estudios sobre la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. pp. 79-100. In: G. Hardarson (ed.). *El empleo de las técnicas nucleares en estudios de la relación suelo-planta*. FAO-OIEA. Viena, Austria.
- Zazueta Z., G. 1984. Influencia de los sistemas de labranza y obras de conservación en la productividad de los suelos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Zebrowski, C., 1992, Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina, en *TERRA*, 10, 15-23.
- Zhang F.; Mackenzie A. F. and Smith D. L. 1993. Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. *J. Plant Nutr.* 16(7): 1317–1337.
- Zuñiga GJL, Camacho R, Uribe SG, Francisco NN, Turrent FA, 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrazas agrícolas de ladera. Folleto técnico No. 6, SARH, INIFAP. 29 p.